

26. Gennaio

L'intelligenza artificiale diventa nucleare

*La scoperta della reazione nucleare non implica la distruzione del genere umano
più di quanto non faccia la scoperta dei fiammiferi*
Albert Einstein

Dawn Stover



Quando Microsoft ha acquistato una fattoria di zucche di 407 acri a Mount Pleasant, Wisconsin, non era per coltivare zucche di Halloween. Microsoft sta sviluppando data center, server di computer in rete che archiviano, recuperano ed elaborano informazioni. E quei data center hanno un crescente appetito per l'elettricità.

Microsoft ha pagato la bellezza di 76 milioni di dollari per la fattoria di zucche, il cui valore è stato stimato in circa 600.000 dollari. L'azienda, che da allora ha acquistato altre proprietà vicine per espandere la sua impronta a due miglia quadrate, afferma che spenderà 3,3 miliardi di dollari per costruire il suo data center del Wisconsin di 2 milioni di piedi quadrati e dotarlo dei processori informatici specializzati utilizzati per l'intelligenza artificiale (IA).

Microsoft e OpenAI, creatore del bot ChatGPT, hanno parlato di costruire una rete collegata di cinque data center: la struttura del Wisconsin più altre quattro in California, Texas, Virginia e Brasile. Insieme costituirebbero un enorme supercomputer, soprannominato Stargate, che potrebbe costare più di 100 miliardi di dollari e richiedere cinque gigawatt di elettricità, o l'equivalente della produzione di cinque centrali nucleari di medie dimensioni.

Microsoft, Amazon, Apple, Google, Meta e altre grandi aziende tecnologiche stanno investendo molto nei data center, in particolare nei data center "hyperscale" che non sono solo di grandi dimensioni ma anche nelle loro capacità di elaborazione per attività ad alta intensità di dati come la generazione di risposte AI. Un singolo data center hyperscale può consumare tanta elettricità quanto decine o centinaia di migliaia di case e negli Stati Uniti ci sono già centinaia di questi centri, oltre a migliaia di data center più piccoli.

Solo nell'ultimo anno, le aziende elettriche statunitensi hanno quasi raddoppiato le loro stime di quanta elettricità avranno bisogno nei prossimi cinque anni. I veicoli elettrici, le criptovalute e la

rinascita della produzione manifatturiera americana stanno assorbendo molti elettroni, ma l'intelligenza artificiale sta crescendo più velocemente e sta guidando la rapida espansione dei data center. Un recente rapporto della banca d'investimento globale Goldman Sachs prevede che i data center consumeranno circa l'8 per cento di tutta l'elettricità statunitense nel 2030, rispetto al 3 per cento circa di oggi.

Bill Gates, Jeff Bezos, Elon Musk, Mark Zuckerberg, Larry Ellison e altri cosiddetti "tech bros" che sono anche tra gli uomini più ricchi del mondo hanno pensato a come l'industria energetica possa, o debba, secondo loro, tenere il passo con la rapida crescita dell'intelligenza artificiale, consentendo al contempo alla Big Tech di rispettare i propri impegni climatici. Sono tutti giunti alla stessa conclusione: l'energia nucleare, qualunque sia il costo, è l'unica soluzione praticabile.

In una serie di recenti annunci, le aziende Big Tech hanno dichiarato che ripristineranno le centrali nucleari esistenti, svilupperanno reattori nucleari di nuova generazione o entrambe le cose. I dollari stanno anche fluendo verso progetti di fusione nucleare, anche se molti fisici pensano che le centrali elettriche a fusione commerciali che generano elettricità siano almeno a decenni di distanza, se mai potranno essere costruite.

Il governo federale non solo supporta questa visione basata sull'energia nucleare, ma la sovvenziona anche in nome di "energia pulita". Tuttavia, sia il governo che l'industria tecnologica stanno ampiamente ignorando gli svantaggi noti e significativi dell'energia nucleare, tra cui costi elevati, lunghi tempi di costruzione, incidenti, rischi di proliferazione delle armi nucleari e contaminazione ambientale derivante dall'estrazione di uranio e dallo smaltimento di rifiuti radioattivi.

Scommettere sul nucleare. Di nuovo.

In Pennsylvania, Microsoft ha in programma di far rivivere Three Mile Island. Per le persone abbastanza anziane da ricordare quel nome, è sinonimo della fine dell'energia nucleare negli Stati Uniti. Quarantacinque anni fa, una fusione parziale del reattore della centrale nucleare di Three Mile Island, 10 miglia a sud di Harrisburg, Pennsylvania, ha colpito la nazione ed esposto quasi due milioni di persone alle radiazioni. È stato il peggior incidente nella storia dell'industria nucleare commerciale degli Stati Uniti.

Il reattore guasto non ha mai più funzionato, ma un reattore simile costruito sulla stessa isola nel fiume Susquehanna è stato riavviato sei anni dopo l'incidente e in seguito ha ricevuto un'estensione della licenza fino al 2034. Quel reattore è stato chiuso nel 2019 dopo che il suo proprietario, Constellation Energy, non è stato in grado di ottenere sussidi dallo stato della Pennsylvania e ha ritenuto il reattore un albatro finanziario. Ora, tuttavia, Constellation prevede di riaprire il reattore e vendere il 100 per cento dell'elettricità che verrà generata da esso, sufficiente ad alimentare 800.000 case, a Microsoft.

A circa 80 miglia a monte di Three Mile Island, Amazon ha recentemente acquistato un nuovo data center accanto alla centrale nucleare a due reattori di Susquehanna. Amazon voleva aumentare la quantità di elettricità che fluiva direttamente dalla centrale nucleare al data center, ma la Federal Energy Regulatory Commission si è pronunciata contro il cambiamento, con un commissario che ha avvertito che "potrebbe avere enormi ramificazioni sia per l'affidabilità della rete che per i costi per i consumatori".

Meta, la società proprietaria di Facebook e Instagram, intendeva costruire un nuovo data center dedicato all'intelligenza artificiale accanto a un'altra centrale nucleare esistente, secondo recenti resoconti. Ma la scoperta di una rara specie di api nel sito ha messo i bastoni tra le ruote a quei piani. Se Meta avesse avuto successo, sarebbe stata la prima azienda Big Tech a implementare l'intelligenza artificiale alimentata a energia nucleare, avrebbe detto il CEO Mark Zuckerberg ai dipendenti in una recente riunione plenaria.

Zuckerberg non ha detto dove Meta volesse costruire il suo data center. Almeno un entomologo ha ipotizzato che i bombi con macchie rugginose, la prima specie di bombo elencata come in pericolo a livello federale, siano stati avvistati vicino alla centrale elettrica di Diablo Canyon in California, che avrebbe dovuto iniziare la dismissione quest'anno ma che ha ricevuto un'estensione di vita almeno fino al 2030.

Nel Michigan, la centrale nucleare di Palisades, già chiusa, potrebbe essere rimessa in funzione già l'anno prossimo. I reattori di Palisades e Three Mile Island sarebbero i primi ad essere riavviati dopo la dismissione.

L'improvviso interesse per l'energia nucleare è dovuto in gran parte all'intelligenza artificiale, che sta rapidamente trasformando l'industria tecnologica. Le aziende elettriche prevedono che la nazione avrà bisogno dell'equivalente di 34 nuove centrali nucleari a grandezza naturale nei prossimi cinque anni per soddisfare i requisiti energetici che stanno aumentando rapidamente dopo diversi decenni di domanda in calo o stagnante.

Microsoft, Amazon e altri giganti della tecnologia non sono interessati solo a rilanciare le centrali nucleari esistenti. Stanno anche finanziando lo sviluppo di reattori nucleari di nuova generazione. Il 14 ottobre, Google ha annunciato un accordo per acquistare energia nucleare da piccoli reattori modulari (SMR) che saranno sviluppati da Kairos Power. Due giorni dopo l'annuncio di Google, Amazon ha affermato di aver firmato accordi per investire in quattro SMR che saranno costruiti, posseduti e gestiti da Energy Northwest, un consorzio di servizi pubblici nello stato di Washington. Amazon spera che i nuovi reattori possano alimentare un cluster di data center che consumano energia nell'Oregon orientale. E Oracle sta progettando un data center AI che sarà alimentato da tre SMR, un annuncio che il presidente di Oracle Larry Ellison ha definito apparentemente "bizzarro" ma necessario per soddisfare le "folli" richieste energetiche dell'AI.

Si prevede che il primo di questi reattori di nuova generazione entrerà in funzione all'inizio degli anni '30, ma finora ne sono stati costruiti solo tre SMR, nessuno dei quali negli Stati Uniti.

Il conteggio “calcola”

A livello globale, anche la domanda di elettricità sta aumentando vertiginosamente e ora si prevede che nel 2035 sarà superiore del 6 per cento rispetto a quanto previsto dall'Agenzia Internazionale per l'Energia solo un anno fa. Il consumo di elettricità da parte dei data center, di cui ce ne sono già 11.000 in tutto il mondo, potrebbe raggiungere più di 1 milione di gigawattora nel 2027, circa la stessa quantità di elettricità totale che il Giappone utilizza attualmente annualmente, secondo una recente analisi dell'agenzia.

Alex de Vries, che lavora per la banca centrale dei Paesi Bassi e nel tempo libero scrive un blog sulle conseguenze ambientali indesiderate delle tecnologie digitali, ha pubblicato l'anno

scorso un'analisi peer-reviewed che esaminava il crescente consumo energetico dell'IA. De Vries ha stimato che se ogni ricerca Google diventasse una ricerca Google basata sull'IA, l'IA di Google da sola potrebbe potenzialmente richiedere la stessa quantità di elettricità di tutta l'Irlanda. Realisticamente, tuttavia, è probabile che il consumo energetico di Google sia limitato da quanta "calcolo" l'azienda può acquistare.

Nella comunità dell'IA, "compute" è tutto, persino un sostantivo e un aggettivo. "Compute" è il termine tecnico per potenza di calcolo o risorse di calcolo: le unità di elaborazione ad alte prestazioni che rendono possibile l'IA.

"Penso che il calcolo sarà la valuta del futuro", ha affermato Sam Altman, CEO di OpenAI, in un podcast all'inizio di quest'anno. Gli sviluppatori di IA bramano il calcolo e il calcolo brama l'elettricità.

Le aziende tecnologiche parlano di prodotti "alimentati dall'intelligenza artificiale" come se l'intelligenza artificiale stessa non fosse alimentata da qualcos'altro, ma l'intelligenza artificiale consuma elettricità in più modi. Innanzitutto, c'è la formazione richiesta per creare modelli di intelligenza artificiale come ChatGPT. La formazione inizia con lo "scraping" di grandi quantità di testo, immagini, video e altri dati da Internet, essenzialmente scattando un'istantanea gigantesca di libri online, articoli di giornale, enciclopedie, brevetti, foto e altre informazioni trovate su milioni di siti Web. E poiché lo scraping cattura solo un momento nel tempo, deve essere eseguito ripetutamente. L'articolo che stai leggendo verrà probabilmente scansionato dall'intelligenza artificiale.

Gli sviluppatori alimentano questa montagna di materiale grezzo con modelli di intelligenza artificiale, che lo elaborano analizzando gli schemi nei dati (ad esempio, quale parola tende a seguire una serie di altre parole) e utilizzando tale analisi per formare risposte "intelligenti" ai prompt. I modelli vengono valutati in base a quanto imitano bene i contenuti creati dall'uomo (indipendentemente dalla loro accuratezza) e poi testati ripetutamente per perfezionare le risposte.

L'addestramento è un processo ad alta intensità energetica. I set di dati utilizzati per l'addestramento sono cresciuti in modo esponenziale negli ultimi anni e i più grandi modelli di intelligenza artificiale vengono ora addestrati utilizzando centinaia di miliardi di parole, il che può richiedere mesi di elaborazione da parte di decine di migliaia di chip di computer specializzati che lavorano giorno e notte.

Un'analisi condotta da OpenAI nel 2018 ha rilevato che la quantità di "calcolo" richiesta per addestrare i modelli AI più grandi raddoppiava ogni tre o quattro mesi. Un'analisi di modelli più recenti riporta che i requisiti di addestramento si sono moltiplicati di quattro o cinque volte all'anno negli ultimi quattro anni.

L'elettricità è necessaria anche per elaborare le query AI. Una query Google basata su ChatGPT, ad esempio, utilizza quasi 10 volte più energia di una ricerca Google tradizionale, secondo l'Electric Power Research Institute. ChatGPT da solo risponde a circa 200 milioni di richieste al giorno .

Un recente articolo di Sasha Luccioni, ricercatore presso l'azienda di intelligenza artificiale Hugging Face, e di due coautori stima che generare una singola immagine di intelligenza artificiale può consumare quasi la stessa quantità di energia necessaria per caricare completamente uno smartphone.

Quantificare il "calcolo" utilizzato da un particolare modello di IA è più facile che stimare l'energia utilizzata per realizzare hardware, software e infrastrutture per i data center, e per mantenerli freschi. È ancora più difficile stimare gli impatti energetici più ampi di una tecnologia che sta già rimodellando le forze lavoro e i comportamenti dei consumatori delle società moderne, ad esempio utilizzando dispositivi digitali per eseguire attività precedentemente eseguite manualmente.

Basandosi esclusivamente sulle tendenze attuali, si prevede che il consumo di energia nei data center statunitensi crescerà di circa il 10 per cento annuo da qui al 2030. Secondo una stima, la crescita esponenziale dell'IA potrebbe consumare quasi tutta la produzione energetica. Esistono modi per aumentare l'efficienza informatica e un'iniziativa che coinvolge diversi laboratori nazionali è focalizzata sul riportare l'industria dei semiconduttori *"sulla strada del raddoppio dell'efficienza energetica ogni due anni"*. Tuttavia, il campo dell'intelligenza artificiale è attualmente più focalizzato sulle prestazioni, che richiedono modelli sempre più grandi, set di dati di addestramento e capacità di elaborazione, che sull'efficienza.

Nel frattempo, i data center vengono costruiti più velocemente dell'espansione della capacità energetica. La rapida crescita di questo settore non è stata adeguatamente calcolata nei modelli climatici e raramente viene menzionata come una preoccupazione per la sicurezza dell'IA. Nella lettera di "pausa" del marzo 2023 che invitava i laboratori di IA a interrompere l'addestramento dei sistemi di IA più potenti per almeno sei mesi, gli esperti di tecnologia hanno espresso preoccupazione per la perdita di posti di lavoro, o persino del controllo della civiltà, ma non per gli impatti climatici.

Il boom dell'intelligenza artificiale dipende fortemente dalle unità di elaborazione grafica, o GPU, che consumano molta energia, ovvero chip per computer specializzati in grado di elaborare enormi quantità di dati. Questi chip sono scarsi e una multinazionale chiamata Nvidia detiene quasi il 90 per cento del mercato. Nvidia, che ha sede nel Delaware ma vende chip fabbricati a Taiwan e in Messico, ha recentemente superato Apple e Microsoft diventando la società più preziosa al mondo. È valutata 3,43 trilioni di dollari, in aumento rispetto a 1 trilione di dollari solo un anno fa.

La piattaforma più avanzata di Nvidia, chiamata Blackwell e utilizzata per addestrare modelli di intelligenza artificiale, è un cluster di otto GPU che insieme consumano 15 kilowatt di potenza, circa la metà di quella che consuma una tipica famiglia statunitense. L'intera fornitura per i prossimi 12 mesi è già esaurita. La domanda è "folle", ha affermato il CEO dell'azienda Jensen Huang in un'intervista con CNBC in ottobre.

La società di servizi finanziari Morgan Stanley stima che Nvidia produrrà 450.000 Blackwell solo nel quarto trimestre di quest'anno e li venderà a circa \$ 22.000 ciascuno. Ciò ammonterebbe a quasi \$ 10 miliardi di fatturato e Blackwell è solo uno dei modelli di GPU venduti da Nvidia. Il redattore tecnico John Loeffler definisce Blackwell *"niente di meno di un dispositivo apocalittico"*, perché teme che non ci sarà abbastanza energia priva di emissioni di carbonio per alimentare i milioni di questi dispositivi che vengono prodotti.

E Nvidia avrà presto concorrenza. Le grandi aziende tecnologiche stanno lavorando per costruire chip AI propri. Il CEO di OpenAI Sam Altman si è recato in Medio Oriente un anno fa per sollecitare tra i 5 e i 7 trilioni di dollari da investitori, tra cui gli Emirati Arabi Uniti, per un'impresa di costruzione di chip nota come Tigris, ha riferito il *Wall Street Journal*, anche se quel progetto

sembra attualmente in stallo. L'Arabia Saudita ha recentemente lanciato un fondo da 100 miliardi di dollari per investire nell'AI e la Cina sta sfidando il predominio degli Stati Uniti con il suo sistema AI Qwen.

"L'anno prossimo, vedrete che non riusciranno a trovare abbastanza elettricità per far funzionare tutti i chip", ha detto **Elon Musk**, parlando alla Bosch Connected World Conference del 2024 a febbraio. Musk, che indossa molti cappelli nel mondo degli affari e presto assumerà il controllo del cosiddetto Department of Government Efficiency dell'amministrazione Trump, ha co-fondato OpenAI e ha recentemente lanciato un chatbot AI "anti-woke" per competere con ChatGPT di OpenAI.

Uno sporco segreto

Che si tratti di produzione di chip o di addestramento e chat di bot, da dove verrà l'energia per l'attività di IA? Le grandi aziende tecnologiche sono state in prima linea negli sforzi per muoversi verso un'economia senza emissioni di carbonio. Ma con l'ascesa dell'IA, le emissioni legate alla tecnologia stanno aumentando.

Apple si è impegnata a diventare carbon neutral entro il 2030. Google ha fissato un "obiettivo ambizioso" di far funzionare i suoi data center interamente con energia carbon free entro il 2030. Microsoft si è impegnata a diventare carbon negative entro il 2030. Amazon, Google, Microsoft, Meta e Amazon hanno acquistato collettivamente metà del mercato globale delle energie rinnovabili aziendali.

Ma il boom dell'intelligenza artificiale ha messo da parte gli obiettivi climatici. Le emissioni di Microsoft, ad esempio, sono aumentate del 30 per cento dal 2020.

Le emissioni di Google sono aumentate di quasi il 50 per cento negli ultimi cinque anni. *"Mentre integriamo ulteriormente l'intelligenza artificiale nei nostri prodotti, ridurre le emissioni potrebbe essere difficile a causa della crescente domanda di energia derivante dalla maggiore intensità di elaborazione dell'intelligenza artificiale e delle emissioni associate agli aumenti previsti nei nostri investimenti in infrastrutture tecniche"*, ha riconosciuto Google nel suo rapporto ambientale del 2024.

Al vertice inaugurale AI + Energy tenutosi il 26 settembre, l'ex CEO di Google Eric Schmidt ha affermato che l'industria tecnologica *"non raggiungerà comunque gli obiettivi climatici"*. *Schmidt ha suggerito che sarebbe meglio "scommettere sull'IA" per risolvere il problema climatico piuttosto che limitarla.*

"L'intelligenza artificiale ha un segreto sporco. È sporco", ha affermato Leslie Miley, consulente tecnico del direttore tecnico di Microsoft, in un discorso programmatico alla conferenza QCon di fine marzo. *"L'intelligenza artificiale generativa consuma incredibilmente energia, persino più dei normali servizi cloud. ... Google, Meta e Microsoft stanno tutti facendo del loro meglio per acquistare energia verde, per acquistare crediti di carbonio. Il fatto è che non ce ne sarà abbastanza"*.

Nel Wisconsin, ad esempio, Microsoft ha annunciato un progetto solare da 250 megawatt per aiutare ad alimentare il suo nuovo centro dati AI nell'ex campo di zucche. Non menzionato nell'annuncio: per soddisfare le enormi richieste di elettricità 24 ore su 24 del centro dati, l'azienda di servizi pubblici regionale ha fatto domanda per costruire due nuove centrali elettriche a gas naturale, con una capacità totale di 1,3 gigawatt. *"Si tratta di un'enorme espansione che*

spingerà gli obiettivi climatici del nostro stato fuori portata, bloccandoci in altri 30 anni di combustibili fossili in un momento in cui sappiamo tutti che dobbiamo passare rapidamente all'energia pulita", hanno scritto 14 gruppi di difesa ambientale e sanitaria in una lettera a Microsoft.

Nella sua analisi di aprile 2024, Goldman Sachs ha previsto che la domanda di energia dei data center globali raddoppierà entro il 2030, stimando che questo livello di crescita richiederebbe alle utility di investire 50 miliardi di dollari in nuova capacità di generazione di energia. "*Presumiamo una divisione 60/40 tra gas ed energie rinnovabili*", ha riferito l'azienda.

"Non ricordo l'ultima volta che sono stato così preoccupato per la traiettoria energetica degli Stati Uniti, mentre le principali utility manovrano per l'espansione della capacità di gas di massa di fronte alla crescita del carico", ha twittato a marzo Tyler Norris, un dottorando alla Duke University. Senza una correzione di rotta, gli obiettivi di emissione degli Stati Uniti sono "effettivamente morti", ha scritto.

L'intelligenza artificiale sta dando nuova vita persino alle vecchie centrali a carbone.

L'intelligenza artificiale ha già alcune applicazioni climatiche vantaggiose e potrebbe contribuire a rendere più efficienti le energie rinnovabili e la rete elettrica (e gli stessi data center) in futuro. Con una maggiore efficienza, è possibile che le richieste di energia dell'intelligenza artificiale possano rivelarsi inferiori a quelle attualmente previste. Un rapporto del novembre 2023 del Boston Consulting Group, commissionato da Google, ha affermato che l'intelligenza artificiale "ha il potenziale per sbloccare informazioni che potrebbero aiutare a mitigare dal 5% al 10% delle emissioni globali di gas serra entro il 2030".

Ma non ci sono prove concrete che l'IA possa fornire una soluzione rapida alla crisi climatica. Infatti, l'IA sta anche aiutando l'industria petrolifera e del gas ad aumentare la produzione di combustibili fossili. In Guyana, ad esempio, ExxonMobil sta utilizzando l'IA "*per determinare i parametri ideali per le trivellazioni*" in acque profonde. Per ora, almeno, l'enorme impatto ambientale dell'IA è più un problema climatico che una soluzione.

È questa la "rinascita nucleare"?

Mentre la richiesta energetica dell'intelligenza artificiale diventa sempre più intensa e diventa sempre più chiaro che l'espansione dell'energia eolica e solare non riesce a tenere il passo, i leader della tecnologia hanno puntato l'attenzione sull'energia nucleare.

Quindi l'entusiasmo per il nucleare è fluito a fiumi come lo champagne a un ricevimento nuziale.

I sostenitori dell'energia nucleare prevedono una "*rinascita nucleare*" da quasi un quarto di secolo. Ma il nucleare non è mai stato competitivo in termini di costi con altre fonti energetiche, e questo non cambierà molto presto. L'*annuale Energy Outlook 2023* della US Energy Information Administration ha previsto che l'energia rinnovabile continuerà a competere con il nucleare, anche in scenari che prevedono aggressivi cali dei costi per il nucleare.

L'amministrazione Biden ha accolto con favore i sussidi per mantenere in funzione le centrali nucleari esistenti e riaprire quelle chiuse: ad esempio, una garanzia di prestito di 1,52 miliardi di dollari dal Dipartimento dell'Energia è ciò che ha reso possibile al proprietario della centrale nucleare chiusa di Palisades di annunciare i piani per una riapertura. "Nel 2022, le utility stavano chiudendo i reattori nucleari; nel 2024, stanno estendendo le operazioni dei reattori a 80 anni, pianificando di aumentare la capacità e riavviare i reattori precedentemente chiusi", ha osservato con approvazione il Dipartimento dell'Energia in un rapporto pubblicato alla fine della Climate Week NYC a fine settembre.

La Casa Bianca ha anche recentemente offerto 900 milioni di dollari in nuovi finanziamenti per piccoli reattori. Nella sua iniziativa per l'IA, il Dipartimento dell'Energia accenna vagamente ai piani per "sbloccare nuove fonti di energia pulita, ottimizzare la produzione di energia e migliorare la resilienza della rete".

"Stiamo valutando la possibilità di costruire una nuova centrale nucleare su una scala mai vista dagli anni '70 e '80", ha affermato la Segretaria all'Energia Jennifer Granholm alla sessione plenaria di apertura della conferenza annuale dell'American Nuclear Society a giugno.

Il Dipartimento dell'Energia vede il potenziale per un *"decollo commerciale"* che potrebbe triplicare la capacità nucleare degli Stati Uniti entro il 2050 e dà una svolta positiva al ruolo dell'intelligenza artificiale nel potenziare il nucleare: *"L'intelligenza artificiale e la crescita del carico dei data center stanno allineando i fondamenti del nuovo nucleare con i requisiti di energia 24 ore su 24, 7 giorni su 7, valorizzando la decarbonizzazione e gli investimenti in asset di nuova generazione"*.

Nonostante questo supporto federale, il rinascimento nucleare finora non ha un portafoglio ordini per le nuove centrali nucleari che sono effettivamente in costruzione. Ciò che ha, come notato nel rapporto "decollo" della Casa Bianca, è *"un insieme di clienti che sono disposti e in grado di supportare gli investimenti in nuove risorse di generazione nucleare"*. Vale a dire, grandi aziende tecnologiche che possono permettersi di pagare grandi bollette dell'elettricità.

Un team di BestBrokers, che valuta le società di intermediazione finanziaria, ha esaminato quanta elettricità hanno utilizzato le 10 più grandi aziende tecnologiche che divulgano dati finanziari nel loro ultimo anno fiscale e ha stimato quanto tempo ci vorrebbe a ciascuna di queste aziende per coprire tale spesa in base al loro fatturato medio giornaliero. Secondo questa valutazione, Apple, che ha consumato circa 3.487 gigawattora di elettricità durante il suo anno fiscale 2023, più di alcune intere nazioni, potrebbe pagare l'intera bolletta elettrica con circa 10 ore e mezza del suo fatturato del 2023. Nvidia avrebbe bisogno di circa 11 ore.

Sebbene i titani della tecnologia abbiano attualmente ampi fondi da investire in energia, la curva dei costi per l'IA sta salendo. La spesa per alimentare i chatbot sta già salendo così rapidamente che le aziende stanno tenendo nascoste al pubblico le loro versioni più recenti.

L'energia nucleare esistente non può soddisfare la domanda di energia che non è solo più abbondante ma anche più economica. "Non comprendiamo ancora le esigenze energetiche di questa tecnologia [AI]", si è lamentato il CEO di OpenAI Sam Altman al World Economic Forum di Davos a gennaio. *"Non c'è modo di arrivarci senza una svolta"*. Altman, che ha avvertito che i *"costi di elaborazione dell'AI sono da capogiro"*, ha chiesto maggiori investimenti nella fusione nucleare e nella fissione.

La frenesia della fissione (e fusione)

Oltre a OpenAI, Altman presiede anche Oklo, una startup di energia nucleare che è diventata pubblica l'anno scorso quando si è fusa con una società di acquisizioni per scopi speciali di cui Altman è anche presidente. Oklo prevede di costruire il suo primo reattore veloce al sodio raffreddato a metallo liquido presso l'Idaho National Laboratory nel 2027. Tuttavia, la domanda iniziale di licenza dell'azienda è stata respinta, per mancanza di informazioni, dalla Nuclear Regulatory Commission nel gennaio 2022 e non è stata ancora ripresentata.

Nell'agosto 2023, il Pentagono annunciò un "intento di aggiudicazione" di un contratto a Oklo per un piccolo reattore modulare in una base dell'aeronautica militare in Alaska. Tuttavia, l'accordo fu revocato silenziosamente un mese dopo.

Nonostante battute d'arresto come queste, Altman vede il futuro dell'energia nucleare e dell'intelligenza artificiale come inestricabilmente legati. "Non vedo un modo per arrivarci senza il nucleare", ha detto alla CNBC l'anno scorso.

Il co-fondatore in pensione di Microsoft Bill Gates non è preoccupato per le richieste energetiche dell'IA come lo è Altman, ma anche lui è ottimista sull'energia nucleare. Tra i suoi molteplici investimenti in startup nucleari c'è una società chiamata TerraPower, che ha ricevuto finanziamenti dall'Energy Department e dal Los Alamos National Laboratory per sviluppare un reattore veloce raffreddato al sodio simile a quello di Oklo.

Gates ha investito più di 1 miliardo di dollari in un impianto TerraPower che ha iniziato i lavori a Kemmerer, nel Wyoming, a giugno. TerraPower afferma che il reattore sarà operativo entro il 2030. Ma la costruzione del reattore Natrium dell'impianto non è ancora iniziata, né è stata approvata dalla Nuclear Regulatory Commission (NRC), che sta ancora conducendo revisioni di sicurezza e ambientali.

Gates ha rilasciato un annuncio celebrativo definendo la scienza alla base del reattore "super cool". Nell'annuncio non è menzionato il prezzo stimato per il reattore da 345 megawatt: 4 miliardi di dollari, di cui il governo federale sta contribuendo per metà. Anche se il progetto rientrasse nel budget (il che lo renderebbe eccezionale tra i reattori nucleari statunitensi degli ultimi decenni), sarebbe più costoso di progetti comparabili a gas o rinnovabili.

Anche Microsoft e Google stanno scommettendo sul nucleare. All'inizio di quest'anno, Microsoft ha assunto un direttore delle tecnologie nucleari e un direttore dell'accelerazione dello sviluppo nucleare per guidare la strategia aziendale per alimentare i progressi dell'intelligenza artificiale con piccoli reattori nucleari in loco, oltre ad acquistare energia da reattori convenzionali più grandi come Three Mile Island. Microsoft, che ha investito 13 miliardi di dollari in OpenAI e possiede quasi la metà del suo capitale, prevede di utilizzare l'intelligenza artificiale per accelerare il processo di approvazione degli impianti nucleari e ha addestrato un modello di intelligenza artificiale sui documenti normativi e di licenza.

Il mese scorso Google ha firmato un accordo per acquistare un totale di 500 megawatt di capacità di generazione, circa la metà della produzione di un reattore nucleare convenzionale, da sei o sette piccoli reattori modulari Hermes progettati da Kairos Power. Google mira a installare i reattori accanto ai data center di Google entro il 2030. L'estate scorsa, Kairos ha dato il via a un reattore dimostrativo autorizzato dalla NRC a Oak Ridge, nel Tennessee. È stato il primo reattore statunitense non raffreddato ad acqua approvato per la costruzione in oltre 50 anni.

Michael Terrell, direttore senior per l'energia e il clima di Google, ha affermato che l'accordo con Kairos potrebbe aiutare l'azienda a supportare le tecnologie di intelligenza artificiale e "*soddisfare in modo affidabile la domanda di elettricità con energia priva di emissioni di carbonio ogni ora di ogni giorno*".

Le aziende tecnologiche e gli individui ricchi stanno investendo nella fusione nucleare e nella fissione. Peter Thiel, che ha co-fondato PayPal ed è stato il primo investitore esterno in Facebook, si è unito ad Altman nel sostenere una startup di fusione chiamata Helion, che afferma che inizierà a produrre elettricità dal suo primo reattore commerciale entro il 2028 e lo venderà a Microsoft. Breakthrough Energy Ventures, una società di venture capital fondata da Bill Gates, ha investito in Helion e in altre tre startup di fusione. Una di queste venture, una società spin-off del MIT

chiamata Commonwealth Fusion Systems, è anche sostenuta dal CEO di Amazon Jeff Bezos e ha ricevuto 1,8 miliardi di dollari in capitale di rischio di secondo round. Commonwealth ha annunciato all'inizio di questa settimana di aver affittato un terreno per costruire una centrale elettrica a fusione su scala commerciale in Virginia, ma la società non ha ancora ottenuto alcun permesso o cliente.

Critici come Daniel Jassby, ex fisico ricercatore principale presso il Princeton Plasma Physics Lab, hanno definito l'entusiasmo che circonda questi progetti sulla fusione "esagerato e ingiustificato".

In un'intervista al *Bulletin* pubblicata all'inizio di questo mese, il fisico Bob Rosner, ex presidente dell'American Physical Society ed ex direttore di un laboratorio nazionale, ha evidenziato il problema più grande nel contare sulla fusione per alimentare la rivoluzione dell'intelligenza artificiale: *"Il cambiamento climatico è un problema serio che deve essere affrontato 'decarbonizzando' i nostri sistemi di generazione di energia il prima possibile, entro il 2050 al più tardi. E non avremo energia da fusione pratica in quel lasso di tempo. Non c'è modo"*.

Gli svantaggi del nucleare

Nonostante le massicce iniezioni di denaro da parte di aziende, miliardari e governi, il nucleare non è una scommessa sicura. In tutto il mondo, i grandi reattori hanno ripetutamente superato il budget e sono in ritardo sui tempi previsti e, sebbene richiedano un investimento di capitale iniziale inferiore, è probabile che i reattori più piccoli siano ancora meno economici di quelli più grandi che esistono ora, in termini di costo dell'elettricità che producono.

"Sono stati dimostrati pochissimi degli SMR proposti e nessuno è disponibile in commercio, per non parlare di quelli autorizzati da un ente regolatore nucleare", ha scritto Allison Macfarlane, che ha presieduto l'NRC un decennio fa e ora dirige la School of Public Policy and Global Affairs presso l'Università della British Columbia, in un saggio pubblicato l'anno scorso da *IAI News*.

L'unico progetto di reattore SMR certificato dall'NRC è il reattore NuScale Power, che ha ricevuto oltre 200 milioni di dollari di supporto federale e che avrebbe dovuto essere costruito presso l'Idaho National Laboratory. Ma il costo previsto per la costruzione del reattore è aumentato vertiginosamente tra il 2020 e il 2023; il suo unico cliente di servizi pubblici impegnato si è ritirato e il progetto è stato annullato un anno fa.

Gli unici nuovi reattori nucleari costruiti negli Stati Uniti negli ultimi 30 anni sono le unità Vogtle 3 e 4 in Georgia. Questi reattori ad acqua pressurizzata Westinghouse AP1000 sono stati i primi reattori "avanzati" della nazione, ma sono finiti per costare 35 miliardi di dollari (più del doppio di quanto inizialmente previsto) e sono stati completati con sette anni di ritardo.

Esistono più di 50 progetti per nuovi reattori e i giganti della tecnologia che investono nel nucleare non sembrano impegnarsi per raggiungere un progetto standardizzato, cosa che molti esperti nucleari raccomandano come il modo migliore per ottenere l'approvazione e la costruzione rapida e conveniente degli impianti.

Costi e tempi non sono gli unici ostacoli da superare se il nucleare deve risolvere il problema dell'energia AI. La forza lavoro necessaria per realizzare una serie di progetti nucleari è diminuita poiché gli impianti sono stati chiusi e non sono stati sostituiti. Inoltre, nessuno dei nuovi progetti proposti ha incluso nuove idee su cosa fare con i rifiuti radioattivi generati non solo dai reattori ma anche dall'estrazione di uranio. Negli Stati Uniti non esiste ancora un deposito permanente per i rifiuti radioattivi a lunga vita.

I rifiuti radioattivi non sono solo un problema di smaltimento. "Bill Gates dovrebbe preoccuparsi del riprocessamento e della proliferazione", ha affermato Alex Glaser, esperto di sicurezza nucleare alla Princeton University e membro del Science and Security Board del *Bulletin*.

Concetti come il reattore veloce di Oklo produrrebbero materiale fissile che i cattivi attori potrebbero usare per creare armi nucleari. Oklo e altre startup nucleari propongono di riprocessare i loro rifiuti per mantenere bassi i costi. Ma quel riprocessamento produce plutonio che potrebbe essere dirottato per l'uso in armi nucleari. Gli Stati Uniti hanno respinto il riprocessamento negli anni '70 dopo aver stabilito che il potenziale di proliferazione lo rendeva troppo rischioso per l'uso commerciale.

In tutto questo clamore su AI e nucleare, si fa scarso accenno alla proliferazione delle armi nucleari in più paesi o al rischio che il materiale fissile possa essere acquisito da (o fornito a) terroristi. Né si presta molta attenzione alle grandi quantità di materie prime e acqua necessarie per la crescita sia dell'AI che dell'energia nucleare, o ai rifiuti elettronici generati dalla produzione di chip e dai data center.

Una conversazione di poche decine di domande con un chatbot AI potrebbe richiedere mezzo litro d'acqua. Un grande data center consuma più di un milione di galloni d'acqua al giorno e alcuni data center vengono costruiti in luoghi in cui l'acqua è già scarsa.

Gli sviluppatori sono restii a rivelare quanta acqua usano, ma dopo una battaglia legale con un giornale dell'Oregon, Google ha finalmente accettato di rivelare che i suoi data center a The Dalles consumano il 29 per cento delle riserve idriche della città. Google ha in programma di costruire altri due data center lì.

Nessuna tabella di marcia per un'intelligenza artificiale "responsabile"

L'IA è stata paragonata all'elettricità, un servizio di cui presto le persone non potranno più fare a meno. Ma al momento non esiste un quadro normativo per regolamentare questa nuova utilità e le richieste energetiche dell'IA sono state trascurate nelle numerose discussioni sui rischi per la sicurezza dell'IA.

Persino i ricercatori che hanno chiesto la creazione di un nuovo organismo internazionale per regolamentare o tenere sotto controllo la ricerca sull'intelligenza artificiale, magari sul modello dell'Agenzia internazionale per l'energia atomica o del Gruppo intergovernativo sui cambiamenti climatici, non sono riusciti a individuare i collegamenti tra intelligenza artificiale, energia e cambiamenti climatici.

La Casa Bianca di Biden ha affermato di volere un'IA "responsabile". L'attuale National Artificial Intelligence R&D Strategic Plan include un paragrafo che evidenzia il drammatico aumento delle richieste di elaborazione per l'IA e la necessità di rendere l'IA "sostenibile", ma non ha suggerimenti per impedire che la crescita dell'IA esasperi la crisi climatica.

Anche l'Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico ha sollevato "preoccupazioni sulla sostenibilità". Tuttavia, le raccomandazioni contenute nel rapporto dell'OCSE sull'impatto ambientale dell'IA hanno offerto solo idee per misurare gli impatti dell'IA e supportare le applicazioni dell'IA per combattere il cambiamento climatico.

I democratici del Senato e della Camera degli Stati Uniti hanno proposto una legge per valutare gli attuali impatti ambientali dell'IA e adottare un sistema per segnalare gli impatti futuri. "Lo sviluppo della prossima generazione di strumenti di IA non può avvenire a spese della salute del

nostro pianeta", ha affermato il senatore del Massachusetts Edward Markey, uno degli sponsor del disegno di legge.

Ma c'era stato poco slancio per il disegno di legge anche prima delle elezioni del mese scorso. Negli Stati Uniti, almeno, la deregolamentazione sembra ora più probabile di qualsiasi regolamentazione dell'IA o dei suoi impatti climatici. Anche l'industria nucleare potrebbe trarre vantaggio dalla deregolamentazione nella prossima amministrazione; il sostegno all'energia nucleare è un raro ambito di accordo bipartisan. Donald Trump ha giurato di eliminare il sostegno federale alla mitigazione del clima, ma occasionalmente si è espresso favorevolmente sull'energia nucleare.

Sia il vicepresidente entrante JD Vance che Elon Musk, che al momento hanno l'orecchio del presidente eletto, sono fortemente pro-nucleare. I "Broligarchs" Musk e Peter Thiel hanno avuto un ruolo significativo nella recente campagna presidenziale. Thiel avrebbe avuto un ruolo nel promuovere JD Vance, che in precedenza aveva lavorato per lui, come scelta di Trump per il ruolo di vicepresidente.

Il mese scorso, Thiel ha parlato con la giornalista e podcaster Bari Weiss, raccontandole che Musk, che ha fatto un'ampia campagna per Trump, ha fornito "una grande copertura" ad altri miliardari e leader aziendali della Silicon Valley per sostenere Trump.

I tech bros hanno ora un percorso chiaro verso la crescita incontrollata dell'intelligenza artificiale e stanno già facendo pressione su Trump affinché riveda la politica federale sull'intelligenza artificiale ed elimini leggi e regolamenti che *"potrebbero ostacolare inutilmente l'adozione dell'intelligenza artificiale"*.

La corsa all'oro dell'intelligenza artificiale della Silicon Valley si allinea quasi perfettamente con le aspirazioni di Mar-a-Lago, dove l'intelligenza artificiale è vista come una gara da vincere con la Cina. Ma è in corso anche una seconda gara, una in cui la domanda di elettricità degli Stati Uniti in forte crescita potrebbe superare le forniture, forse portando a interruzioni di corrente e aumenti delle tariffe dei servizi fino al 70 per cento entro il 2029.

La storia suggerisce che il nucleare sarà un passo lento in questa corsa.

Dawn Stover è una collaboratrice editoriale del *Bulletin of the Atomic Scientists*. Ha iniziato la sua carriera presso la rivista *Harper's* e ha lavorato per 20 anni come redattrice presso *Popular Science*, all'epoca la rivista scientifica per consumatori più diffusa al mondo. Il suo lavoro è apparso anche su *Appalachia*, *Appalachian Voices*, *Backpacker*, *Columbia Insight*, *Conservation Magazine*, *Earth 3.0*, *Foreign Policy*, *High Country News*, *Indian Country Today*, *Indianz.com*, *Mind*, *Men's Journal*, *MIT Technology Review*, *MSN.com*, *New Scientist*, *Outside*, *Science Digest*, *Science Illustrated*, *Scientific American*, *The Oregonian*, *The New York Times* e *Underscore*. È stata docente associata presso il Science, Health and Environmental Reporting Program presso la New York University per cinque anni.