Scienze della Terra e del Clima. Intervista a Silvio Gualdi

di Pandora Rivista

11-06-2026

Silvio Gualdi (CMCC) è Leader dello Spoke 4 "Earth and Climate" e membro dello Spoke Coordination Board del Centro Nazionale ICSC.

Oggi supercalcolo e intelligenza artificiale permettono di simulare il Sistema Terra a scale sempre più dettagliate. Una delle sfide centrali dello Spoke 4 è migliorare la fedeltà dei modelli climatici e la tempestività delle analisi. Come avete lavorato in questa direzione?
Gualdi: La comunità scientifica che si occupa di modellistica climatica e che cerca di rappresentare un sistema complesso come il nostro pianeta ha bisogno di risorse di calcolo ingenti per aumentare la capacità delle simulazioni. Un primo obiettivo fondamentale è stato quindi quello di adottare le nuove architetture di calcolo, così da sfruttare al meglio i progressi tecnologici disponibili: sia migliorando i workflow per rendere le simulazioni più efficienti dal punto di vista computazionale, sia rafforzando tutto ciò che riguarda la documentazione, la provenienza e l'attribuzione dei dati. Un secondo fronte di lavoro ha riguardato i modelli in sé: abbiamo investito nell'aumentare la loro capacità di rappresentare i fenomeni naturali e nel migliorarne la risoluzione spaziale. Questo è un aspetto cruciale, perché le politiche di adattamento e mitigazione si applicano spesso a scala locale, e per fornire informazioni attendibili a quella scala è necessario operare a risoluzioni molto elevate. A questo si è affiancata, soprattutto negli ultimi anni, la riflessione su come integrare al meglio le metodologie di machine learning e intelligenza artificiale all'interno dei processi di simulazione e analisi. Ma forse l'aspetto su cui teniamo di più è la sostenibilità nel tempo di tutto questo lavoro. Per questo, abbiamo costruito Climate Data IT, un repository centralizzato in cui raccogliamo, documentiamo e organizziamo le simulazioni prodotte, rendendole accessibili - anche oltre la durata dello Spoke - ad agenzie pubbliche e ad altri soggetti istituzionali che ne hanno bisogno.

L'intelligenza artificiale viene utilizzata per analizzare grandi dataset di osservazioni e simulazioni climatiche. In che misura, la sua applicazione ha permesso di ottenere previsioni più accurate o più rapide rispetto ai metodi tradizionali?
Gualdi: Le applicazioni di intelligenza artificiale che abbiamo sviluppato sono state orientate principalmente alla costruzione di emulatori dei nostri modelli climatici, con l'obiettivo di ridurre i costi computazionali e i tempi di elaborazione. Un primo risultato concreto è stato il prototipo di un emulatore per gli eventi di grandine. La grandine è un fenomeno che si manifesta su scale spaziali molto ridotte, difficilmente risolvibili dai modelli che utilizziamo per le simulazioni di cambiamento climatico. L'approccio che abbiamo seguito è stato quello di usare metodi di intelligenza artificiel per stabilire una relazione statistica tra le variabili che il modello è in grado di simulare - temperatura, vento, attività convettiva - e la probabilità che in un determinato punto della griglia si verifichi un evento di grandine. In sostanza, il modello non è in grado di dirci direttamente se in quel punto potrà cadere grandine, ma gli strumenti di intelligenza artificiale che abbiamo sviluppato, integrati come plugin all'interno del modello, sono in grado di stimare quella probabilità. Si tratta di informazioni di grande rilevanza per il settore assicurativo e per quello agricolo. Questo apre prospettive molto interessanti: da un lato, sarà possibile produrre scenari sull'evoluzione futura degli eventi di grandine - se tenderanno ad aumentare, intensificarsi o ridursi - e dall'altro, collegando questi

strumenti ai modelli per le previsioni stagionali, potremo fornire informazioni sulla probabilità di eventi grandinigeni nell'estate successiva. Sempre in ambito agricolo, un altro sviluppo significativo ha riguardato la previsione della siccità, con l'obiettivo di anticipare condizioni di deficit idrico sia a scala stagionale sia su orizzonti temporali più lunghi, cercando di capire, ad esempio, come cambieranno le statistiche degli eventi siccitosi nei prossimi venti o trent'anni. Un terzo filone di lavoro ha portato alla creazione di piattaforme di supporto decisionale per le imprese, strumenti che permettono di tenere conto dei diversi rischi climatici e di orientare le scelte aziendali con maggiore consapevolezza. Le informazioni prodotte continueranno ad affluire nel repository Climate Data IT, dove le aziende potranno accedere agli indicatori che hanno individuato come più rilevanti per le proprie attività, e noi saremo in grado di continuare ad aggiornarli e a renderli disponibili.

La collaborazione con l'industria è un elemento strutturale dello Spoke 4. Come si è sviluppato il dialogo con i partner privati, e quanto ha influenzato le metodologie della ricerca?
Gualdi: Il dialogo con il mondo industriale si è sviluppato partendo anzitutto dalla costruzione di un vocabolario comune, perché il linguaggio della ricerca pubblica e quello della ricerca industriale spesso non coincidono. È stato il primo passo, e probabilmente anche il più importante. Da lì, abbiamo lavorato per capire come colmare il divario tra ciò che siamo in grado di fare e ciò di cui le aziende hanno effettivamente bisogno. Su questo fronte, i progetti di innovazione hanno rappresentato il terreno più fertile: siamo riusciti a produrre una serie di indicatori e di dati che i partner industriali hanno ritenuto utili per le proprie attività. La sfida per il futuro sarà capire come sostenere e far ulteriormente evolvere questo tipo di collaborazione. Un esempio concreto è il progetto condotto con Terna, nell'ambito del quale abbiamo analizzato come le caratteristiche degli eventi di precipitazione, che in determinate condizioni possono innescare impatti idrogeologici significativi - tipicamente le frane - potrebbero cambiare in futuro. Il lavoro si è concentrato sulla fascia appenninica del sud Italia, un'area di particolare interesse per Terna in ragione degli effetti che questi eventi possono avere sulle infrastrutture della rete di trasmissione dell'energia elettrica. Abbiamo inoltre avuto rapporti con IFAB e, attraverso di essa, con piccole e medie imprese attive nei settori delle energie rinnovabili e dell'agricoltura. In questi casi, l'interazione ha riguardato principalmente uno scambio formativo reciproco sulla produzione e sull'utilizzo dei dati e previsioni climatiche, nell'ottica di rafforzare la capacità del sistema italiano di rispondere alla crisi climatica. Per la natura stessa del nostro lavoro, le collaborazioni con le imprese hanno assunto una forma diversa rispetto a quanto accaduto in altri Spoke più tecnologici come quelli focalizzati, ad esempio, sullo sviluppo di hardware, dove il rapporto con il settore privato può articolarsi in modo differente.

Quale collaborazione interna si è rivelata più profittevole per lo Spoke 4?
Gualdi: Quella più intensa si è sviluppata con lo Spoke 5, dedicato ai disastri naturali, con cui esiste una convergenza tematica naturale. Nel progetto con Terna, ad esempio, la divisione del lavoro è stata molto chiara: noi ci occupavamo della componente meteo-climatica, mentre lo Spoke 5, in particolare attraverso il Politecnico di Bari, si occupava di tradurre quelle informazioni in valutazioni sugli impatti idrogeologici. È stata una collaborazione molto proficua, al punto che stiamo già ragionando su come proseguirla nell'ambito di nuovi progetti futuri. Un'altra collaborazione rilevante si è sviluppata con lo Spoke 3, nel contesto di un progetto di innovazione orientato al settore assicurativo. In quel caso, il punto di convergenza è stato il telerilevamento. Le osservazioni della superficie terrestre condotte dallo spazio rappresentano per noi una fonte di dati fondamentale, e lo Spoke 3 ha un forte radicamento proprio in quell'ambito.

Lei prima faceva riferimento invece all'obiettivo in corso di costituire un repository, che sistematizzi in modo efficiente le informazioni a disposizione. Pertanto, prima dell'avvio di questo progetto, in

che modo si accedeva a dati e simulazioni?
Gualdi: Il progetto è nato proprio da questa domanda. In Italia non esisteva un luogo unico dove trovare dati climatici documentati in modo organico: dati di cui fosse chiara la provenienza, la qualità, il processo con cui erano stati prodotti. Chiunque avesse voluto condurre uno studio sugli impatti dei cambiamenti climatici nel nostro Paese si sarebbe trovato a dover accedere a una molteplicità di repository diversi, ciascuno con le proprie caratteristiche e le proprie logiche di organizzazione. Un'operazione complessa per chi è del settore, e sostanzialmente proibitiva per chi non lo è. Questo rendeva la produzione di informazioni sul clima italiano (sui cambiamenti in corso, sui loro impatti) un processo poco trasparente e difficilmente riproducibile, proprio perché i dati sono il fondamento di tutto. Di fronte a questa situazione, abbiamo ritenuto che fosse nostro dovere, nell'ambito del Centro Nazionale HPC ICSC, lavorare per colmare questa lacuna. Ma ragionandoci, abbiamo deciso di essere più ambiziosi e di non limitarci a costruire un semplice repository nazionale, ma portare l'Italia al livello dei principali Paesi europei nella gestione dei dati climatici. L'obiettivo su cui stiamo ancora lavorando è la creazione di un nodo italiano dell'ESGF (Earth System Grid Federation), la rete federata di repository che raccoglie le simulazioni climatiche alla base dei rapporti dell'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Questi nodi sono distribuiti in diversi Paesi nel mondo, e la loro assenza in Italia era fino ad oggi una mancanza significativa che intendiamo colmare.

Dove sono collocati gli altri nodi della Federazione e, come si inserisce, il nodo italiano in questo quadro?
Gualdi: I nodi ESGF attualmente esistenti sono circa una decina a livello mondiale. Tra i principali - i cosiddetti nodi Tier 0 - tre si trovano in Francia, presso l'IPSL, in Germania, presso il DKRZ di Amburgo, e nel Regno Unito, con il nodo CEDA. A questi si aggiungono nodi negli Stati Uniti, in Australia e altri minori distribuiti in centri di vari Paesi. Tutti questi nodi ospitano simulazioni globali, ovvero proiezioni climatiche costruite su scala planetaria. Quello che vogliamo costruire non è semplicemente un riconoscimento simbolico per il nostro Paese su una mappa internazionale - per quanto anche questo abbia il suo valore - ma c'è una ragione scientifica più sostanziale. Manca ancora, nell'intera federazione, un nodo dedicato alle simulazioni regionali, quelle che nella nostra comunità sono note come simulazioni CORDEX. Il programma CORDEX parte dalle proiezioni climatiche globali, che descrivono come cambierà il clima del pianeta nei prossimi decenni, e ne effettua il downscaling su aree geografiche specifiche: l'Europa, il Mediterraneo, l'Africa, il Nord America, il Sud America, l'Asia, il subcontinente indiano, l'Australia, e così via. In sostanza, si tratta di uno zoom ad alta risoluzione su domini regionali limitati. Un'operazione che non sarebbe sostenibile a scala globale per i costi computazionali che comporterebbe, ma che diventa praticabile quando applicata a territori definiti. Queste simulazioni CORDEX, ad oggi, non dispongono di un repository dedicato all'interno della rete ESGF. Colmare questa lacuna creando il primo nodo specializzato sulle simulazioni regionali è, a mio avviso, il contributo più duraturo che l'Italia può offrire.

Gli impatti economici e sociali degli eventi estremi sono sempre più rilevanti. Guardando ai risultati ottenuti, quali applicazioni potrebbero produrre gli impatti più significativi nei prossimi anni? E come proseguirà il lavoro dello Spoke 4?
Gualdi: ICSC ha aperto una call per finanziare progetti che facciano avanzare le attività avviate nell'ambito del Centro Nazionale o che propongano nuove direzioni di ricerca a partire dai risultati già conseguiti. Come Spoke 4 abbiamo presentato una proposta che non si limita a proseguire quanto fatto finora, ma compie un salto di qualità nella direzione della produzione di informazioni e previsioni climatiche sull'Italia e sul Mediterraneo. Il focus non sarà sullo sviluppo di nuovi modelli o

strumenti, ma sul miglioramento dei sistemi previsionali già esistenti e, in particolare, sulla loro capacità di monitorare la penisola italiana e il bacino mediterraneo a scale temporali diverse, da quelle più brevi fino agli orizzonti di lungo periodo, verso la seconda metà di questo secolo. In questo quadro, intendiamo potenziare l'uso dell'intelligenza artificiale per affinare la qualità delle previsioni che produciamo. Parallelamente, continueremo a sviluppare il repository Climate Data IT, alimentandolo con queste previsioni progressivamente migliorate e rendendole disponibili all'intera comunità scientifica, alle istituzioni pubbliche e ai soggetti privati. Un elemento nuovo rispetto all'esperienza precedente è la presenza di un pacchetto di lavoro dedicato esplicitamente all'applicazione delle previsioni climatiche in tre settori socioeconomici strategici per il Paese: la gestione delle risorse idriche, l'agricoltura e la produzione di energia. L'obiettivo è capire concretamente come le informazioni climatiche possono migliorare i processi decisionali in questi ambiti, anche attraverso il coinvolgimento di partner industriali tramite IFAB. Il nuovo progetto avrà, inoltre, un tema trasversale che lo caratterizza in modo specifico: l'acqua. L'intenzione è sviluppare una valutazione sempre più accurata dello stato delle risorse idriche in Italia e di come queste potranno essere influenzate dai cambiamenti climatici futuri.