



Allegato al numero speciale
"Supercalcolo"



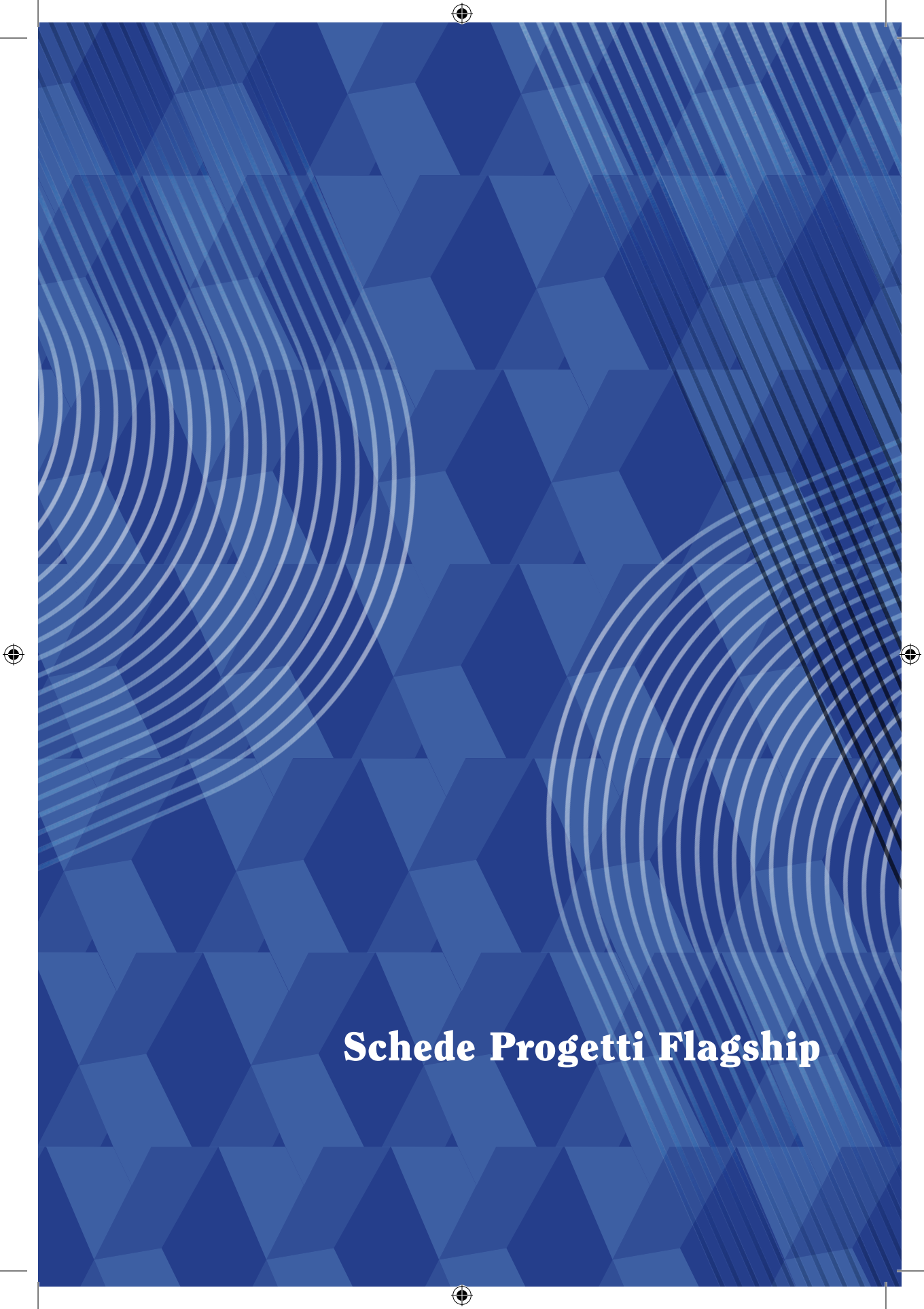
I progetti di Ricerca e Innovazione PNRR del Centro Nazionale ICSC

Tutti i nostri progetti finanziati nell'ambito della Missione 4 Componente 2 'Dalla Ricerca all'Impresa' del PNRR

Con circa 100 progetti di ricerca portati a termine nell'ambito degli Spoke del Centro (Progetti Flagship), oltre 70 casi d'uso guidati dalle aziende membre della Fondazione ICSC (Progetti Innovation Fund) e 140 attività d'innovazione implementate da realtà pubbliche e private esterne selezionate sulla base di meccanismi competitivi (Progetti Bandi a Cascata), ICSC contribuisce a incrementare il livello di maturità tecnologica delle soluzioni fondate su **HPC, AI, modelli predittivi e simulazioni avanzate**. Tutti questi progetti, raccolti e descritti nel seguente volume, rappresentano strumenti essenziali per favorire l'adozione di tecnologie strategiche, facilitare la sperimentazione multidisciplinare e promuovere collaborazioni stabili tra ricerca e imprese, con l'obiettivo di generare ricadute concrete per il sistema produttivo.

Indice

Schede progetti Flagship	5
Schede progetti Bandi a Cascata	59
Schede progetti Innovation Fund	163

The background is a solid blue field with a complex geometric pattern. It features a tessellation of triangles in various shades of blue, creating a 3D effect. Overlaid on this are several sets of concentric circles and lines. On the left, there are white concentric circles. On the right, there are black concentric circles. Diagonal black lines also cross the right side of the image. The overall design is modern and architectural.

Schede Progetti Flagship

Tier-1 Supercomputer in Napoli DataCenter

Aree Tematiche: Computing and storage infrastructure, Artificial Intelligence, Material Science, Environment

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Infrastruttura Tier-1 di supercalcolo (HPC) integrata con servizi cloud, ospitata nel nuovo data center CINECA di Napoli. Il sistema combina calcolo basato su CPU e GPU, sistemi di storage parallelo e una rete interna ad alte prestazioni, con apparati dedicati alla sicurezza e alla connettività esterna.

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 0

Partner: CINECA, Agenzia per la Cybersicurezza Nazionale (ACN), CNR, ICSC

Sintesi del progetto

Il progetto Tier-1 Supercomputer in Napoli DataCenter nasce per rafforzare l'ecosistema nazionale del supercalcolo attraverso una nuova infrastruttura distribuita sul territorio. La realizzazione di un polo HPC a Napoli affianca le grandi risorse già operative, aumentando la resilienza dei servizi di calcolo e di archiviazione e rendendo possibile l'hosting di attività critiche e funzioni di ripristino operativo. L'infrastruttura è pensata per supportare applicazioni avanzate in ambiti come la sicurezza informatica, la progettazione di materiali, le simulazioni su larga scala e i gemelli digitali.

Obiettivi

Mettere in esercizio un sistema Tier-1 capace di gestire carichi di lavoro HPC e cloud con elevati requisiti di affidabilità e qualità del servizio. Il progetto mira a fornire capacità di calcolo e gestione dati adeguate a comunità che richiedono prestazioni elevate, con particolare attenzione alle applicazioni di Intelligenza Artificiale e alle esigenze di sicurezza.

Problemi e necessità

La concentrazione delle risorse di calcolo in un unico sito può aumentare il rischio di interruzioni dei servizi. Diventa quindi necessario

distribuire le infrastrutture per migliorare la continuità operativa e rispondere a esigenze diversificate, come l'elaborazione di grandi modelli di IA, la simulazione di scenari complessi per la sicurezza e la gestione protetta di dati sensibili.

Soluzioni sviluppate

Il progetto realizza una piattaforma iper-convergente che integra calcolo e cloud nello stesso ambiente operativo. Sono previste partizioni dedicate a CPU e GPU, sistemi di storage parallelo multiprotocollo e un'interconnessione interna progettata per garantire prestazioni costanti. La dotazione è completata da apparati di rete e sicurezza, inclusi firewall e dispositivi di distribuzione, per assicurare una connettività esterna stabile e controllata.

Impatti

La disponibilità di un Tier-1 a Napoli rende più solidi i servizi nazionali di supercalcolo e storage, offrendo supporto anche a scenari critici. L'infrastruttura abilita attività come l'uso di modelli linguistici nazionali, la crittografia post-quantistica, la simulazione di attacchi e minacce, l'analisi predittiva del rischio e il trattamento riservato di dati sensibili. Consente inoltre calcolo accelerato per la progettazione di materiali, le simulazioni della Terra, il rilevamento di rischi ambientali e la realizzazione di Digital Twin.

Settori di applicazione

Le capacità sviluppate possono supportare in modo diretto i settori della **Security, dell'Artificial Intelligence, della Material Science e dell'Environment**. Più in generale, il progetto rafforza il dominio del Computing and storage infrastructure, fornendo una base solida per servizi di calcolo e dati a supporto di numerose comunità scientifiche e industriali.

Upgrade of the Leonardo supercomputer with digital components (LISA)

Aree Tematiche: Computing and storage infrastructure; Artificial Intelligence; Fundamental research; Security; Material Science; Environment

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: potenziamento del sistema di supercalcolo Leonardo attraverso nuove componenti digitali, con una partizione dedicata ai carichi di lavoro di intelligenza artificiale, unità di calcolo di nuova generazione, memoria ad alta velocità e una rete interna progettata per lo scambio rapido dei dati.

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 0

Partner: CINECA; ICSC

Sintesi del progetto

LISA, acronimo di Leonardo Improved Supercomputing Architecture, è un progetto di aggiornamento del supercomputer Leonardo pensato per ampliare la capacità di calcolo disponibile e adattarla alle esigenze più recenti della ricerca scientifica e industriale. L'intervento introduce risorse specifiche per applicazioni di HPC e per lo sviluppo di modelli avanzati di intelligenza artificiale, inclusi quelli di grandi dimensioni e di tipo generativo.

Obiettivo

Rafforzare le prestazioni complessive di Leonardo per supportare progetti che richiedono un uso intensivo del supercalcolo e dell'AI, migliorando l'efficienza nell'esecuzione dei calcoli e la qualità dei risultati ottenuti.

Problemi e necessità

La crescente richiesta di potenza di calcolo per l'addestramento di modelli di intelligenza artificiale, la realizzazione di simulazioni complesse e la gestione di grandi volumi di dati rende necessario un aggiornamento dell'infrastruttura esistente. Senza questo adeguamento, molte attività di ricerca e sviluppo rischierebbero rallentamenti o limitazioni operative.

Soluzioni sviluppate

Il progetto introduce nuove unità di calcolo e una memoria con maggiore ampiezza di banda, progettate per lavorare in modo coordinato. L'architettura consente un accesso più rapido ai dati e una comunicazione efficiente tra le componenti del sistema, rendendo possibile la gestione di modelli e applicazioni particolarmente complessi.

Impatti

LISA aumenta la disponibilità di risorse di supercalcolo per comunità scientifiche e industriali, riducendo i tempi necessari per svolgere attività di ricerca e sperimentazione. Le capacità introdotte migliorano l'affidabilità delle simulazioni e ampliano il numero di applicazioni che possono essere eseguite su Leonardo.

Settori di applicazione

I risultati del progetto trovano applicazione nella ricerca fondamentale, nello sviluppo di soluzioni di intelligenza artificiale, nelle grandi infrastrutture scientifiche e nei servizi che richiedono simulazioni avanzate e gestione intensiva dei dati.

Le capacità sviluppate possono supportare in modo diretto i settori della **Security, dell'Artificial Intelligence, della Material Science e dell'Environment**. Più in generale, il progetto rafforza il dominio del Computing and storage infrastructure, fornendo una base solida per servizi di calcolo e dati a supporto di numerose comunità scientifiche e industriali.

Upgrade of the INFN DataCloud distributed infrastructure

Aree Tematiche: Computing and storage infrastructure, Software, Artificial Intelligence; Security; Fundamental research

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Potenziamento dell'infrastruttura distribuita INFN-DataCloud con nuove risorse di calcolo e archiviazione (CPU/GPU e Storage), ammodernamento di spazi e impianti dei data center (raffreddamento e distribuzione elettrica) e realizzazione di un Data Lake distribuito, accessibile e utilizzabile dai diversi siti.

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 0

Partner: INFN; ICSC

Sintesi del progetto

Il progetto aggiorna l'INFN-DataCloud, una rete di centri di calcolo collegati tra loro, composta da un sito principale, nove siti territoriali e un nuovo centro dedicato alla resilienza in caso di guasti o emergenze. L'infrastruttura mette a disposizione risorse Grid e Cloud per più comunità di utenti e contribuisce allo Spoke 0 come risorsa abilitante per costruire una piattaforma federata dedicata a HPC e Big Data.

Obiettivo

Il intende rafforzare la capacità di calcolo e di gestione dei dati per sostenere, nel prossimo decennio, attività che richiedono analisi ad alte prestazioni e flussi di lavoro basati su intelligenza artificiale. Rendere possibile archiviare grandi quantità di dati e accedervi in modo distribuito, così da lavorare dagli stessi dataset anche da sedi diverse.

Problemi e necessità

Nei prossimi anni la quantità di dati prodotti da ricerca, industria e istituzioni cresce e diventa più difficile estrarre informazioni utili. Servono quindi risorse che permettano simulazioni, analisi avanzate e gestione di archivi molto estesi, con l'idea di poter integrare in futuro anche tecnologie emergenti quando

disponibili, senza dover riprogettare da zero l'infrastruttura.

Soluzioni sviluppate

L'aggiornamento effettuato dal progetto consolida i siti esistenti lungo due direttrici: migliorare le strutture dei data center, intervenendo su spazi, raffreddamento e distribuzione elettrica; acquisire nuovo hardware per calcolo e storage tramite procedure pubbliche. L'infrastruttura viene messa in esercizio valorizzando l'esperienza INFN nella gestione di piattaforme distribuite affidabili, in modo da rendere le nuove risorse subito utilizzabili dalle comunità.

Impatti

L'infrastruttura aggiornata amplia le risorse disponibili per progetti scientifici e applicazioni che lavorano su grandi volumi di dati, offrendo una dotazione complementare rispetto ai grandi siti di supercalcolo. La distribuzione su più sedi migliora la continuità del servizio e rende più semplice far crescere i carichi di lavoro quando aumentano utenti e richieste, con ricadute pratiche per programmi e attività provenienti anche dagli altri Spoke ICSC.

Settori di applicazione

La piattaforma è pensata per uso multidisciplinare e condiviso tra progetti diversi, quindi adatta a ricerca fondamentale, Software e Artificial Intelligence, oltre a servizi che richiedono accesso efficiente a molti dati e contesti dove la Sicurezza è un requisito operativo. Le capacità sviluppate possono supportare in modo diretto i settori della **Security, dell'Artificial Intelligence, della Material Science e dell'Environment**. Più in generale, il progetto rafforza il dominio del Computing and storage infrastructure, fornendo una base solida per servizi di calcolo e dati a supporto di numerose comunità scientifiche e industriali.

Italian Cloud Federation

Aree Tematiche: Computing and storage infrastructure; Software; Artificial Intelligence; Security; Fundamental research; Society and Smart Cities

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Federazione Cloud nazionale basata su software open source capace di integrare risorse di calcolo e di archiviazione eterogenee, incluse infrastrutture con GPU e hardware specializzato tramite un livello di astrazione che ne semplifica l'uso.

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 0

Partner: INFN; ICSC

Sintesi del progetto

Italian Cloud Federation è un progetto che collega infrastrutture cloud appartenenti a enti diversi in un unico sistema federato. L'obiettivo è permettere a utenti scientifici e non scientifici di utilizzare risorse di calcolo e dati distribuiti come se fossero parte di un'unica piattaforma, senza doversi confrontare con la complessità tecnica dei singoli fornitori.

Obiettivo

Mettere a disposizione una piattaforma Cloud federata che consenta di sfruttare al meglio la capacità di calcolo disponibile a livello nazionale, supportando sia lo sviluppo sia l'uso su larga scala di applicazioni basate su HPC, Big Data e Intelligenza Artificiale.

Problemi e necessità

Molte attività di ricerca e sviluppo producono grandi quantità di dati e richiedono potenza di calcolo variabile nel tempo. Allo stesso tempo, non tutte le istituzioni dispongono delle risorse o delle competenze per gestire infrastrutture complesse. Serve quindi un modello che renda accessibili risorse avanzate, favorisca la collaborazione tra enti e garantisca ambienti sicuri per dati sensibili.

Soluzioni sviluppate

Il progetto realizza un livello di coordinamento in grado di superare le differenze tecnologiche e di accesso delle infrastrutture sottostanti. Include un sistema di identità federata, un meccanismo di orchestrazione che indirizza le richieste verso le risorse più adatte e una federazione dello storage che semplifica la gestione e la condivisione dei dati tra siti diversi.

Impatti

La federazione delle risorse da parte del progetto riduce le barriere di accesso al Cloud e al Supercalcolo, permettendo anche a strutture più piccole di utilizzare servizi avanzati. Gli utenti possono concentrarsi sulle applicazioni e sui risultati, mentre la piattaforma gestisce automaticamente dove e come vengono eseguiti i carichi di lavoro.

Settori di applicazione

La soluzione è pensata come sistema multidisciplinare e può essere utilizzata in ricerca fondamentale, **Artificial Intelligence, Software, Sanità, Industria, Agricoltura** e altri ambiti che richiedono accesso flessibile a risorse di calcolo e dati. Le capacità sviluppate possono supportare in modo diretto i settori della **Security, dell'Artificial Intelligence, della Material Science e dell'Environment**. Più in generale, il progetto rafforza il dominio del Computing and storage infrastructure, fornendo una base solida per servizi di calcolo e dati a supporto di numerose comunità scientifiche e industriali.

GARR-T

Aree Tematiche: Computing and storage infrastructure; Networking; Fundamental research; Education and Training; Society and Smart Cities

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Rete nazionale in fibra ottica ad altissima capacità basata su un'infrastruttura ottica e a pacchetto rinnovata, progettata per offrire connettività veloce, affidabile e flessibile a supporto di servizi digitali avanzati.

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 0

Partner: GARR, ICSC

Sintesi del progetto

GARR-T è il progetto di evoluzione della rete nazionale per la ricerca e l'istruzione che collega università, enti di ricerca e istituzioni culturali su tutto il territorio italiano. L'infrastruttura, estesa per circa 20.000 chilometri, consente lo scambio di dati in tempo reale, l'accesso remoto a risorse di supercalcolo e la gestione di grandi volumi informativi, riducendo le distanze geografiche tra utenti e servizi.

Obiettivo

Il progetto intende fornire una connettività ad alte prestazioni, stabile e capillare, in grado di sostenere attività scientifiche e formative che richiedono trasferimenti rapidi di dati e accesso continuo a infrastrutture di calcolo e archiviazione distribuite.

Problemi e necessità

Ricerca e didattica producono quantità crescenti di dati e richiedono collaborazioni internazionali sempre più strette. Senza una rete nazionale potente e ben distribuita, l'accesso alle risorse avanzate risulta limitato, soprattutto nelle aree meno centrali, con effetti negativi sulla competitività e sull'equità territoriale.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha rinnovato completamente la rete a pacchetto e l'infrastruttura ottica della rete

nazionale per la ricerca e l'educazione, introducendo un modello flessibile e modulare. Sono stati attivati nuovi punti di accesso, potenziati i collegamenti terrestri e sottomarini e introdotti strumenti di automazione e monitoraggio che semplificano la gestione dei servizi e riducono i tempi operativi.

Impatti

GARR-T rende possibile l'uso remoto di risorse di calcolo e dati come se fossero locali, favorendo collaborazioni scientifiche su larga scala. Il rafforzamento della rete contribuisce a ridurre il divario digitale, aumenta l'attrattività dei territori e migliora l'affidabilità delle attività di ricerca e formazione.

Settori di applicazione

I potenziamenti dell'infrastruttura di rete effettuati dal progetto supporteranno **Ricerca fondamentale, Sanità, Scienze della Terra, Climatologia, Istruzione e Servizi digitali avanzati** per la società, oltre a iniziative che richiedono collegamenti ad alta capacità tra centri di calcolo e dati. Le capacità sviluppate possono supportare in modo diretto i settori della Security, dell'Artificial Intelligence, della Material Science e dell'Environment. Più in generale, il progetto rafforza il dominio del Computing and storage infrastructure, fornendo una base solida per servizi di calcolo e dati a supporto di numerose comunità scientifiche e industriali.

Astrometric Verification Unit–Global Sphere Reconstruction (AVU-GSR) parallel solver of ESA Gaia Mission

Aree Tematiche: Space; Fundamental research; Artificial Intelligence; Software; Computing and storage infrastructure

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Solutore parallelo per equazioni di ricostruzione di posizioni e moti stellari, stime di incertezza e correlazioni tra misure.

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 1

Partner: INAF, Università di Torino (UniTO), CINECA

Sintesi del progetto

Il progetto mira a realizzare un modulo di verifica indipendente per la pipeline di analisi dei dati acquisiti dalla missione Gaia attraverso l'implementazione di un algoritmo alternativo per la definizione delle caratteristiche principali (astrometriche) delle sorgenti stellari "primarie", così da aumentare l'affidabilità del catalogo della Via Lattea e del riferimento globale usato dalla missione.

Obiettivo

Obiettivo del progetto è ottenere risultati con accuratezza elevate e in tempi compatibili con l'acquisizione dei dati da parte dell'osservatorio spaziale Gaia, facendo crescere l'efficienza del calcolo al crescere della dimensione del dataset.

Problemi e necessità

Le campagne di osservazioni di Gaia producono dati relativi a elevati numeri di sistemi stellari. Le dimensioni attese per l'ultimo dataset che sarà rilasciato dalla missione è infatti tale da rendere ingestibile un'analisi accurata, C'è quindi bisogno di un framework in grado di selezionare i soli segnali stellari e gestire volumi di dati nell'ordine di decine di terabyte.

Soluzioni sviluppate

Il solutore sviluppato è stato portato e ottimizzato su acceleratori (GPU) con

incrementi di rispetto alla versione CPU, riducendo trasferimenti di dati e migliorando l'esecuzione asincrona. È stata inoltre sviluppata una pipeline per calcolare varianze e covarianze tramite file condivisi, senza rallentare in modo significativo l'elaborazione. Per rendere il software utilizzabile su architetture diverse, sono state testate più soluzioni "portabili" su architetture di calcolo diverse.

Impatti

Gli strumenti sviluppati consentono di ridurre i tempi di calcolo e i costi computazionali associati all'analisi dei dataset acquisiti dalla missione GAIA, garantendo inoltre maggiore riusabilità del software e trasferibilità delle tecniche a contesti che usano sistemi solutori per equazioni e grandi dataset, dalla ricostruzione di immagini radio a casi in geofisica, medicina e industria.

Settori di applicazione

Il sistema trova ricadute dirette nella Space e Fundamental research e in generale nelle attività di ricerca caratterizzati da flussi di lavoro su dati massivi. Le capacità sviluppate possono supportare in modo diretto i settori della Security, dell'Artificial Intelligence, della Material Science e dell'Environment. Più in generale, il progetto rafforza il dominio del Computing and storage infrastructure, fornendo una base solida per servizi di calcolo e dati a supporto di numerose comunità scientifiche e industriali.

Transparent Streaming workflows with StreamFlow and CAPIO

Aree Tematiche: Software; Artificial Intelligence; Computing and storage infrastructure; Fundamental research

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Sistema di orchestrazione di workflow scientifici su risorse eterogenee (Cloud e HPC) con integrazione streaming dati.

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 1

Partner: Università di Torino; Politecnico di Torino; Università di Roma "Tor Vergata"; Università di Pisa; Fondazione IIT; Università di Bologna; Politecnico di Milano; ENEA; Università di Napoli "Federico II"; CINECA; INAF; Università di Ferrara; Università della Calabria; Università di Padova

Sintesi del progetto

Il progetto rende più rapida l'esecuzione di workflow scientifici complessi permettendo alle fasi successive di partire appena i dati necessari sono disponibili, invece di attendere la generazione completa dei file. La logica resta trasparente per chi usa la pipeline, ottenendo accelerazione senza necessità di modificare il codice.

Obiettivo

L'obiettivo è permettere a ricercatori e sviluppatori di sfruttare al meglio le potenzialità delle architetture moderne, nelle quali coesistono componenti Cloud, nodi HPC, sistemi GPU e, nel prossimo futuro, anche acceleratori quantistici. La piattaforma punta a democratizzare l'uso di workflow scalabili e ad alte prestazioni, rendendo più fluido il passaggio da pipeline tradizionali basate su file a workflow streaming, nei quali i task possono avviarsi non appena i dati diventano disponibili.

Problemi e necessità

La crescita dei volumi di dati scientifici rende impraticabili workflow sequenziali basati su file, che obbligano i task a completarsi prima di avviare i successivi. Inoltre, i workflow moderni devono poter girare su infrastrutture diverse

per composizione, ubicazione e gestione, mantenendo portabilità e performance. La sfida è implementare tecniche di streaming e ottimizzazione input e output (I/O) senza costringere gli utenti a modificare pipeline esistenti.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha esteso il linguaggio per workflow standard (Common Workflow Language - CWL) introducendo la definizione di semantiche di streaming per le dipendenze dei dati, integrando un sistema di orchestrazione per l'elaborazione dei workflow su infrastrutture di calcolo differenti (StreamFlow) e un sistema di gestione dello streaming dei dati per l'ottimizzazione dell'input e output (CAPIO). L'approccio è stato validato su casi reali, come la pipeline astrofisica VisIVO, ottenendo accelerazioni tra il 15% e il 50%. La metodologia è già applicata a workflow di astrofisica, geoscienze e intelligenza artificiale.

Impatti

L'iniziativa contribuisce ad accelerare la ricerca scientifica in settori dove il tempo di esecuzione delle pipeline è un fattore critico. Miglioramenti nelle prestazioni abilitano previsioni meteorologiche più accurate e ad alta risoluzione, accelerano i cicli di scoperta farmaceutica, migliorano il monitoraggio sismico e rendono possibile analizzare dataset cosmologici sempre più vasti. La portabilità dei workflow favorisce inoltre la riproducibilità degli esperimenti, la riusabilità dei componenti software e una distribuzione più efficiente dei carichi sulle infrastrutture nazionali.

Settori di applicazione

Il sistema sviluppato supporta la Ricerca Fondamentale e il settore Spaziale nell'implementazione di workflow scientifici su grandi dati, il campo delle scienze Climatiche e Ambientali nelle elaborazioni dati e simulazione, il campo dell'Intelligenza Artificiale nella gestione di pipeline distribuite e del federated learning, nonché gli ambiti industriali che necessitano di processi replicabili su infrastrutture miste.

GROMODEX: Development of a Tool for the Systematic Optimisation of GROMACS Molecular Dynamics Simulations Performance through a Design of Experiment Approach

Aree Tematiche: Material Science; Health/Medicine; Software; Computing and storage infrastructure

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Tool di guida e automazione per l'ottimizzazione delle simulazioni di dinamica molecolare

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 1

Partner: Università di Roma "Tor Vergata"; Paolo Calligari; Gianfranco Bocchini; Ugo Locatelli

Sintesi del progetto

GROMODEX nasce per rendere più semplice e ripetibile l'ottimizzazione delle simulazioni di dinamica molecolare attraverso il software open source dedicato CROMACS, che spesso richiedono molteplici prove prima di individuare le corrette impostazioni. Il progetto introduce un metodo rigoroso e riproducibile basato su approcci statistici, tra cui il Design of Experiments (DoE), implementati in un tool automatizzato capace di identificare rapidamente la combinazione ottimale dei parametri.

Obiettivo

Il progetto mira a velocizzare le simulazioni di dinamica molecolare e a ottimizzare l'utilizzo delle risorse di Supercalcolo, riducendo il tempo necessario per l'elaborazione e rendendo più efficaci ed efficienti i flussi di lavoro di ricerca su sistemi molecolari di varie dimensioni, dalla singola biomolecola fino a composti complessi.

Problemi e necessità

Le simulazioni di dinamica molecolare richiedono un enorme sforzo computazionale e la loro efficienza dipende da molti parametri interdipendenti. Ottimizzarli tramite tentativi empirici richiede tempo e produce risultati non generalizzabili. Inoltre, con l'aumento del numero di nodi e della complessità dei sistemi

biomolecolari, una configurazione non ottimizzata può sprecare risorse HPC preziose, rallentando la ricerca e aumentando i costi energetici. GROMODEX risolve questo problema automatizzando e razionalizzando il processo.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha sviluppato un'implementazione DoE completa e riproducibile integrata in un workflow che gestisce interamente l'esecuzione dei test, l'analisi dei dati e la produzione di configurazioni ottimizzate. Il tool è già stato applicato con successo a sistemi molto diversi tra loro, dai piccoli modelli proteici ai complessi macromolecolari, producendo miglioramenti di performance consistenti su diverse piattaforme HPC. Il metodo consente di integrare facilmente nuovi parametri e può evolvere verso integrazioni automatiche con workflow manager e motori di Machine Learning.

Impatti

L'impatto potenziale del progetto è ampio e trasversale. La possibilità di eseguire simulazioni di dinamica molecolare più rapide consente progressi accelerati in settori come la drug discovery, l'ingegneria delle proteine e la chimica computazionale. Inoltre, la standardizzazione delle procedure di ottimizzazione rende inoltre l'HPC più accessibile, trasferibile e democratico, aumentando la capacità di replicare risultati e ottimizzare infrastrutture di ricerca a livello nazionale.

Settori di applicazione

Il tool sviluppato trova applicazioni dirette nei settori **Health/Medicine, Material Science, Chimica dei materiali e negli ambiti Industriali** che richiedono modellazione e ricerca applicata. Più in generale, il progetto fornisce una base solida per servizi di calcolo e dati a supporto di numerose comunità scientifiche e industriali.

Interactive Computing (IAC)

Aree Tematiche: Computing and storage infrastructure; Software; Artificial Intelligence; Fundamental research

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Ambiente di calcolo interattivo integrato con strumenti web per analisi e visualizzazione dei dati prodotti su sistemi di **HPC** e **Supercalcolo** e accesso diretto ai risultati

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 1

Partner: CINECA; INAF; Politecnico di Torino (PoliTO)

Sintesi del progetto

Interactive Computing (IAC) nasce per risolvere un limite strutturale dei tradizionali workflow HPC, basati quasi esclusivamente sull'esecuzione simultanea di grandi volumi di dati da parte delle risorse di calcolo (modalità batch) e dunque inadatti all'esplorazione interattiva di dataset di grandi dimensioni. Il progetto intende abilitare la possibilità per gli utenti di eseguire analisi visuali, filtraggi, esplorazioni iterative e riduzione dati direttamente dal browser, rimanendo allo stesso tempo vicini ai dati prodotti dalle simulazioni HPC, in modo da rendere l'HPC più accessibile e immediato per gli utenti scientifici dei diversi domini.

Obiettivo

L'obiettivo del progetto è unificare batch computing e data analytics interattivo per favorire un ciclo di ricerca continuo, dove simulazione, ispezione, filtraggio e analisi si succedono senza le tradizionali barriere operative. La piattaforma mira a fornire un ambiente moderno, intuitivo e basato sul web, che utilizzi strumenti già consolidati nelle comunità scientifiche (VisIVO e DivExplorer) rendendoli disponibili in un contesto HPC scalabile, riproducibile e interoperabile.

Problemi e necessità

I flussi batch sono efficaci per produrre risultati, ma poco adatti quando serve "guardare dentro" i dati, confrontare alternative e capire quali elaborazioni lanciare dopo. Con dataset molto grandi, spostare i file o lavorare su risorse standard rallenta e complica l'esplorazione. L'assenza di un ambiente integrato limita anche la riproducibilità e rallenta

l'interazione tra gruppi di ricerca interdisciplinari. IAC risponde a queste necessità integrando pipeline HPC, storage ad alte prestazioni e strumenti di visual analytics in un'unica esperienza utente

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha sviluppato un prototipo operativo che integra i sistemi di visualizzazione e analisi di grandi volumi di dati come VisIVO e DivExplorer nella piattaforma Interactive Computing di CINECA. La soluzione permette filtraggio, selezione di subset, parameter steering e visual analytics avanzate. Il workflow validato dimostra che strumenti specifici di dominio possono convivere con infrastrutture HPC ad alte prestazioni, mantenendo al tempo stesso scalabilità e compatibilità con i vincoli operativi del Supercalcolo. L'approccio è estensibile ad altri domini scientifici, dai modelli climatici alla fluidodinamica computazionale.

Impatti

La capacità di esplorare i dati scientifici in modo interattivo direttamente nel contesto HPC consente di accelerare sensibilmente il processo di scoperta scientifica. I ricercatori possono ottenere feedback immediato, guidare le simulazioni successive con maggiore consapevolezza e prendere decisioni in tempi molto più brevi. La metodologia proposta è già applicabile in astrofisica e potrà evolvere verso domini critici come climatologia, materiali avanzati e ricerca medica, contribuendo indirettamente alla società attraverso una ricerca più rapida, trasparente ed efficace.

Settori di applicazione

Il progetto è immediatamente utile per **Astrofisica**, **Geoscienze** e tutte le discipline che fanno uso di grandi simulazioni HPC. Le metodologie sono replicabili su altre infrastrutture HPC e possono essere adottate da **Università**, **Centri di ricerca**, **Enti Meteorologici**, **Laboratori Industriali** e istituzioni che necessitano di analizzare dataset molto estesi in modo interattivo. In prospettiva, l'infrastruttura potrà essere estesa anche a un pubblico non specialista, favorendo la diffusione della cultura del dato e l'adozione di strumenti di analisi avanzati.

NextGenPB – a new analytically enabled Poisson-Boltzmann solver

Aree Tematiche: Health/Medicine; Material Science; Fundamental research; Software; Computing and storage infrastructure

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Risolutore numerico per il calcolo dell'elettrostatica in sistemi molecolari su scala nanometrica basato su modelli teorici avanzati

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 1

Partner: Istituto Italiano di Tecnologia (IIT); Politecnico di Milano

calcolo avanzate, mantenendo accuratezza e stabilità numerica.

Impatti

NextGenPB riduce i tempi di simulazione e amplia il numero di sistemi studiabili, migliorando l'efficienza nell'uso delle risorse HPC. Le metodologie adottate favoriscono la collaborazione tra gruppi di ricerca e rendono il software riutilizzabile in contesti diversi, con ricadute concrete sulla produttività scientifica.

Settori di applicazione

Il risolutore trova applicazioni nei settori: Health/Medicine, per gli studi biomolecolari e per il supporto allo sviluppo di farmaci; Material Science, per l'analisi di sistemi complessi in soluzione; Fundamental research, per lo studio delle interazioni molecolari. Più in generale, il progetto rafforza il dominio del Computing and storage infrastructure, fornendo una base solida per servizi di calcolo e dati a supporto di numerose comunità scientifiche e industriali.

Sintesi del progetto

NextGenPB è uno strumento di calcolo progettato per risolvere in modo accurato ed efficiente il problema elettrostatico nei sistemi molecolari immersi in soluzione. Il progetto combina modelli teorici mirati e una realizzazione software ad alte prestazioni, offrendo un supporto affidabile allo studio delle interazioni tra biomolecole.

Obiettivo

Il Progetto si propone di migliorare la precisione e la velocità con cui vengono calcolate le energie elettrostatiche, rendendo queste analisi più accessibili e utilizzabili su sistemi di HPC e Supercalcolo, anche per simulazioni complesse e di grandi dimensioni.

Problemi e necessità

Il calcolo delle interazioni elettrostatiche è centrale in molti ambiti della biofisica e della biomedicina, ma risulta computazionalmente oneroso. Metodi poco efficienti limitano la scala delle simulazioni e rallentano l'analisi di sistemi realistici, con ricadute sui tempi della ricerca.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha sviluppato un nuovo solver che integra formulazioni analitiche dedicate e tecniche di parallelizzazione per il calcolo. L'attenzione all'algoritmo e alla struttura del software consente di sfruttare al meglio le architetture di

ODE4EC-DIG – Open Design Environment for European Chips – Digital SoC Design

Aree Tematiche: Industry; Software; Computing and storage infrastructure; Artificial Intelligence; Engineering and multiscale modelling

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Ambiente di progettazione digitale open source per sistemi su chip (SoC), pensato per funzionare su infrastrutture HPC

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 1

Partner: Politecnico di Milano; Politecnico di Torino; Università di Bologna

Sintesi del progetto

ODE4EC-DIG sviluppa un ambiente aperto per la progettazione digitale dei chip, con l'obiettivo di ridurre la dipendenza europea da strumenti proprietari costosi. Il progetto rende disponibili flussi di progettazione affidabili e di livello industriale, accessibili anche a università, centri di ricerca e piccole e medie imprese.

Obiettivo

Abilitare la progettazione di SoC digitali complessi trasformando il chip design in un carico di lavoro gestibile su infrastrutture HPC, così da accelerare le iterazioni progettuali e migliorare la qualità dei risultati.

Problemi e necessità

La crescente complessità dei chip rende l'accesso agli strumenti di progettazione un collo di bottiglia, soprattutto per realtà che non possono sostenere i costi delle soluzioni commerciali. Questo limita sperimentazione, formazione e competitività industriale.

Soluzioni sviluppate

Il progetto realizza un flusso di progettazione open source che copre le principali fasi del design digitale, supportato da tecniche di esplorazione dello spazio di progetto e da metodi orientati all'efficienza energetica e

all'affidabilità. L'uso di HPC consente di eseguire molte verifiche in parallelo e validare interi SoC in tempi ridotti.

Impatti

Riduzione dei costi di accesso al design dei chip, tempi di sviluppo più brevi e maggiore controllo sui processi progettuali. Le ricadute riguardano sia la ricerca sia l'industria, favorendo prototipazione rapida, trasferimento di competenze e crescita dell'ecosistema europeo dei semiconduttori.

Settori di applicazione

Industry per elettronica, automotive e sistemi industriali; Artificial Intelligence per acceleratori e architetture dedicate; Software e Engineering per metodologie di progettazione avanzata; Computing and storage infrastructure per nuovi carichi HPC legati al chip design.

Le capacità sviluppate possono supportare in modo diretto i settori della Security, dell'Artificial Intelligence, della Material Science e dell'Environment. Più in generale, il progetto rafforza il dominio del Computing and storage infrastructure, fornendo una base solida per servizi di calcolo e dati a supporto di numerose comunità scientifiche e industriali.

OOpenCAL

Aree Tematiche: High Performance Computing; Software; Computing and storage infrastructure; Artificial Intelligence; Fundamental research

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Piattaforma software di gestione automatica della distribuzione dei carichi di lavoro relativi a simulazioni su larga su architetture differenti (CPU o GPU)

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 1

Partner: Università della Calabria;

Sintesi del progetto

OOpenCAL è un ambiente di simulazione pensato per rendere il supercalcolo accessibile anche a chi non possiede competenze specifiche di programmazione parallela. Il progetto nasce per supportare simulazioni basate su modelli discreti, come gli automi cellulari, offrendo un livello di astrazione che separa il modello scientifico dall'esecuzione su architetture di calcolo avanzate.

Obiettivo

Il progetto vuole fornire soluzioni che consentano ai ricercatori di concentrarsi sul problema scientifico, lasciando alla piattaforma la gestione automatica delle risorse HPC, così da sfruttare appieno la potenza di calcolo disponibile senza modificare il codice o riscrivere i modelli.

Problemi e necessità

Molti ambiti di ricerca richiedono simulazioni sempre più grandi e complesse, ma la mancanza di competenze nella programmazione parallela rappresenta un forte limite. Questo crea un divario tra chi può accedere al supercalcolo e chi ne avrebbe bisogno per far avanzare la propria ricerca.

Soluzioni sviluppate

OOpenCAL introduce un'architettura che esegue lo stesso modello in modo trasparente su sistemi diversi, adattandosi automaticamente

a CPU e acceleratori differenti. Meccanismi di bilanciamento del carico e gestione della parallelizzazione sono integrati nella piattaforma, senza intervento dell'utente.

Impatti

OOpenCAL abilita simulazioni avanzate in numerosi settori critici come propagazione di incendi, diffusione epidemica, fenomeni geofisici, materiali complessi e sistemi biologici. L'accessibilità del sistema permette anche a piccoli gruppi di ricerca e istituzioni prive di competenze in HPC di sfruttare piattaforme di calcolo avanzate, con ricadute dirette sulla sicurezza pubblica, la sostenibilità ambientale e l'innovazione industriale. Il progetto rafforza la resilienza delle comunità grazie a modelli predittivi più accurati e rapidi su rischi naturali e scenari di emergenza, con potenziali applicazioni in Digital Twin urbani e sistemi decisionali avanzati.

Settori di applicazione

Il framework sviluppato può essere adottato nella **Scienze Ambientali, in Geologia, Epidemiologia, Climatologia, sviluppo di Materiali Avanzati, Intelligenza Artificiale e modellazione di Sistemi Complessi**. Essendo open source, la piattaforma è replicabile da università, enti pubblici e aziende. La sua architettura può in generale per tutti i workflow HPC data intensive.

Parallel Sparse Computation Toolkit (PSCToolkit)

Aree Tematiche: Future HPC; Software; Engineering and multiscale modelling; Computing and storage infrastructure; Energy; Climate

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Suite open source di strumenti per la gestione e risoluzione di problemi matematici in cui la maggior parte dei valori è nulla (sistemi sparsi), con funzioni di calcolo parallelo e solutori ottimizzati per cluster CPU e GPU.

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 1

Partner: Università di Pisa; Università di Roma "Tor Vergata"; CNR

Sintesi del progetto

PSCToolkit affronta uno dei principali nodi critici del supercalcolo moderno: la mancanza di solutori per equazioni di matrici sparse sufficientemente scalabili da supportare applicazioni scientifiche e ingegneristiche su architetture sempre più massive e complesse. Il progetto realizza una suite di algoritmi, librerie e pre-condizionatori capaci di sfruttare migliaia di processori e GPU, offrendo un'infrastruttura di sparse linear algebra ottimizzata per le esigenze della nuova generazione di codici HPC.

Obiettivo

Aumentare velocità e scalabilità dei calcoli di algebra lineare sparsa su architetture estreme, riducendo memoria necessaria e tempi per ottenere una soluzione affidabile, anche quando le simulazioni crescono per dimensione e dettaglio.

Problemi e necessità

Molte applicazioni multi-fisiche e multi-scala dipendono da solutori numerici che devono funzionare bene su migliaia di unità di calcolo. Metodi tradizionali faticano a mantenere prestazioni e stabilità quando il numero di core e GPU aumenta, creando colli di bottiglia nei tempi di simulazione.

Soluzioni sviluppate

Il toolkit sviluppato combina operazioni "di base" su matrici sparse con solutori iterativi e tecniche di accelerazione, come il multigrid algebrico: un approccio che risolve il problema alternando livelli di dettaglio diversi, così da ridurre in modo rapido gli errori. La progettazione è pensata per il parallelismo estremo e per l'integrazione in pipeline di simulazione.

Impatti

Grazie al progetto e agli strumenti realizzati è possibile ridurre i tempi di calcolo per simulazioni complesse, migliorando l'uso delle risorse **HPC** e aumentando la capacità di ottenere modelli con risoluzioni più alte. Questo si traduce in cicli di test più rapidi, analisi più accurate e **ricadute** pratiche applicazioni che richiedono molte iterazioni numeriche.

Settori di applicazione

Il toolkit è applicabile nella Fluidodinamica Computazionale e nella Modellazione del Clima, e può essere adottato nell'ambito **Energetico**, in **Geofisica**, nelle Simulazioni del sottosuolo, in **Ingegneria Strutturale**, nello **Sviluppo di materiali avanzati**, in **Medicina Computazionale e Ottimizzazione** su larga scala. L'essere open source ne favorisce l'adozione da parte di università, centri di ricerca pubblici, aziende dell'energia e dell'ingegneria, e gruppi che lavorano su modelli PDE ad altissima risoluzione. Inoltre, le tecniche sviluppate sono trasferibili a molti altri problemi computazionali complessi, rendendo PSCToolkit uno degli strumenti più versatili nel panorama HPC contemporaneo.

SHADOWFI

Aree Tematiche: Industry; Security; Software; Computing and storage infrastructure; Engineering and multiscale modelling

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Strumento software che utilizza risorse di **HPC** e piattaforme FPGA per la valutazione degli effetti dei guasti hardware nei circuiti integrati complessi

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 1

Partner: Politecnico di Torino

Sintesi del progetto

SHADOWFI è un progetto dedicato alla valutazione dell'affidabilità dei circuiti elettronici avanzati. Il tool sviluppato consente di analizzare come guasti potenziali possano influenzare il comportamento di un circuito, riducendo drasticamente i tempi di calcolo grazie all'uso del supercalcolo. Questo rende possibile affrontare problemi che, con metodi tradizionali, risulterebbero troppo onerosi.

Obiettivo

Scopo del progetto è fornire uno strumento efficace per stimare in anticipo l'effetto dei guasti hardware, così da individuare i punti critici e supportare scelte progettuali più robuste e consapevoli.

Problemi e necessità

I circuiti integrati moderni sono sempre più complessi e possono essere soggetti a guasti dovuti a radiazioni, invecchiamento o difetti di produzione. Valutare l'impatto di tutte le possibili condizioni di errore richiede un numero enorme di simulazioni, difficili da gestire senza risorse HPC.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha realizzato un tool che distribuisce il carico di simulazione su sistemi di supercalcolo o su cluster FPGA, riducendo il costo computazionale della valutazione dei guasti e rendendo l'analisi praticabile anche per circuiti di grandi dimensioni.

Impatti

SHADOWFI rende più accessibile la verifica dell'affidabilità, abbassando i costi di sviluppo e aumentando la sicurezza dei sistemi elettronici. L'approccio open source favorisce l'adozione anche da parte di piccole e medie imprese, con ricadute positive su qualità e competitività dei prodotti.

Settori di applicazione

SHADOWFI è particolarmente utile per aziende e centri di ricerca che progettano elettronica per **Aerospazio, Robotica, Automotive, Health-Tech, Industria 4.0 e IoT**. La metodologia è replicabile in altri domini in cui l'uso dell'HPC permette di affrontare problemi computazionalmente complessi. Essendo concepito come strumento open source, può inoltre essere adottato da università, laboratori pubblici e aziende di varie dimensioni. Inoltre, l'infrastruttura può essere estesa a scenari cloud, aumentando ulteriormente l'accessibilità.

VariantsStream

Aree Tematiche: Health/Medicine; Software; Artificial Intelligence; Computing and storage infrastructure

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Software open source per l'esecuzione semplificata di pipeline di analisi genomica

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 1

Partner: Università di Torino (UniTO); Università di Pisa (Unipi)

Sintesi del progetto

VariantsStream nasce per rendere l'analisi dell'intero genoma più accessibile alla ricerca clinica. Il progetto propone uno strumento che guida l'utente nell'inizializzazione, nell'esecuzione e nel recupero dei risultati di analisi genomiche avanzate, riducendo la complessità tecnica e avvicinando il Supercalcolo alle pratiche di laboratorio e ospedaliera.

Obiettivo

Facilitare l'uso di analisi genomiche su larga scala, permettendo a ricercatori clinici di eseguire pipeline complesse senza dover gestire direttamente configurazioni hardware, ambienti di calcolo o flussi di dati distribuiti.

Problemi e necessità

L'analisi del genoma completo richiede competenze informatiche e risorse di calcolo elevate, che rappresentano una barriera di ingresso per molti contesti clinici. Questo limita la diffusione di approcci avanzati rispetto a soluzioni più parziali, come il sequenziamento di singoli pannelli o dell'esoma.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha sviluppato un software che integra una pipeline di analisi genomica consolidata, rendendone l'uso più semplice e automatizzato. L'utente può avviare l'analisi localmente nel proprio dispositivo, mentre l'elaborazione avviene su sistemi HPC, sfruttando l'accelerazione hardware e gestendo grandi volumi di dati in modo trasparente.

Impatti

VariantsStream riduce il tempo e lo sforzo necessari per ottenere risultati affidabili da dati genomici complessi. Questo favorisce un uso più ampio del genoma completo negli studi clinici e di ricerca, con ricadute sulla qualità delle analisi e sulla possibilità di integrare informazioni genomiche più ricche nei processi decisionali.

Settori di applicazione

La piattaforma trova applicazione nei campi Health/Medicine per la ricerca clinica e traslazionale, all'interno dell'Artificial Intelligence e dello sviluppo Software per pipeline di analisi dati avanzate. Più in generale, il progetto rafforza il dominio del Computing and storage infrastructure, fornendo una base solida per servizi di calcolo e dati a supporto di numerose comunità scientifiche e industriali.

Astrophysics data analysis and visualization: Visualization Interface for the Virtual Observatory (VisIVO)

Aree Tematiche: Space; Fundamental research; Software; Artificial Intelligence; Computing and storage infrastructure

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Piattaforma software per l'analisi e la visualizzazione multidimensionale di grandi dataset astronomici

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 1

Partner: INAF; Università di Torino; CINECA; Università di Pisa

flussi dati (CAPIO) e di orchestrazione dei workflow (StremFlow) consente di analizzare i dati su infrastrutture HPC-Cloud direttamente vicino alle risorse di calcolo senza necessità di modifiche al codice originale, riducendo i costi di spostamento, migliorando le prestazioni di input e output. L'impiego di sistemi di interazione con le risorse di calcolo ha inoltre abilitato l'uso di dispositivi interattivi e la visualizzazione nei cicli di analisi dei dati degli astronomi.

Sintesi del progetto

VisIVO è uno strumento sviluppato per aiutare gli astronomi a esplorare, comprendere e verificare grandi quantità di dati prodotti da osservazioni e simulazioni numeriche. Il progetto trasforma dataset complessi in rappresentazioni visive interattive, rendendo più semplice individuare strutture, relazioni e fenomeni che non emergono dalle sole analisi automatiche dei dati.

Obiettivo

Il progetto intende supportare la scoperta scientifica attraverso la visualizzazione avanzata dei dati, avvicinando analisi, interpretazione e comunicazione dei risultati, e rendendo questi passaggi compatibili con l'uso di risorse di supercalcolo e ambienti cloud.

Problemi e necessità

L'astrofisica moderna genera volumi di dati enormi, difficili da gestire con strumenti tradizionali. Senza tecniche di visualizzazione adeguate, diventa complesso interpretare i risultati, validare i modelli e verificare la qualità delle analisi automatiche, rallentando il processo scientifico.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha potenziato i moduli di VisIVO rendendoli più portabili su risorse HPC, riproducibili e adatti a infrastrutture eterogenee. L'integrazione con sistemi di gestione dei

Impatti

VisIVO accelera il tempo che separa la produzione del dato dalla sua comprensione e migliora la collaborazione tra ricercatori, favorendo pratiche di scienza aperta e riproducibile e la comunicazione della scienza al grande pubblico grazie alla visualizzazione dei dati. Le tecniche sviluppate possono inoltre essere riutilizzate anche in altri ambiti ad alta intensità di dati, con ricadute su efficienza e qualità delle analisi.

Settori di applicazione

Oltre all'Astrofisica, il progetto ha ricadute in altre discipline che richiedono esplorazione visiva di dataset complessi. **Centri di ricerca, Università, Servizi Cloud europei (EOSC)** e industrie che lavorano con simulazioni numeriche possono infatti adottare VisIVO o i suoi paradigmi per migliorare tempi di analisi e qualità degli insight ottenuti. L'utilizzo di workflow aperti e di standard condivisi e la modularità rendono inoltre il progetto un modello da seguire per future iniziative di dataintensive computing.

Hydrodynamical simulations to test the nature of dark matter

Aree Tematiche: Space; Fundamental research; Computing and storage infrastructure

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Simulazioni idrodinamiche cosmologiche su larga scala

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 2

Partner: INAF; Università di Trieste; SISSA; CINECA

Sintesi del progetto

Il progetto utilizza simulazioni numeriche avanzate per la valutazione delle ipotesi relative alla natura della materia oscura e a come esse possano influenzare la formazione e l'evoluzione delle galassie. Attraverso simulazioni cosmologiche complete, che includono sia la componente di materia ordinaria visibile che i più promettenti candidati di materia oscura, è infatti possibile confrontare scenari alternativi e valutarne gli effetti sulla formazione delle strutture cosmiche e sulle proprietà degli aloni galattici.

Obiettivo

Testare diversi modelli teorici di materia oscura e verificare quali riproducono meglio le proprietà delle galassie osservate, come la distribuzione di massa, la struttura interna e il numero di galassie satelliti.

Problemi e necessità

La materia oscura non è osservabile direttamente, ma domina la dinamica dell'Universo. Distinguere tra modelli alternativi richiede simulazioni estremamente dettagliate, capaci di collegare le ipotesi teoriche a segnali misurabili nelle galassie reali. Questo tipo di analisi non è quindi possibile senza un uso intensivo di risorse HPC.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha prodotto simulazioni su più scale e a diverse risoluzioni, prevedendo scenari di materia oscura "fredda" (Cold Dark Matter

- CDM), "calda" (Warm Dark Matter - WDM) e di interazione tra le diverse particelle candidate di materia oscura. L'uso di modelli fisici coerenti per gas e stelle consente di isolare l'effetto della materia oscura sulla formazione delle strutture cosmiche.

Impatti

Le simulazioni AIDA-TNG forniscono un dataset indispensabile per confrontare teoria e osservazioni e per identificare segnali che permettano di distinguere tra scenari differenti di candidati per la materia oscura. Le mappe generate mostrano differenze morfologiche e dinamiche che possono essere misurate con strumenti osservativi attuali e futuri, contribuendo al progresso della cosmologia sperimentale. I risultati possono inoltre essere utilizzati per testare previsioni riguardanti la struttura degli aloni galattici, la distribuzione di stelle e gas e la popolazione di satelliti. Le visualizzazioni prodotte sono utili per la comunicazione scientifica e per supportare analisi in campi interdisciplinari all'intersezione tra Astrofisica, data science e HPC.

Settori di applicazione

Il progetto fornisce uno strumento di grande utilità per la comunità **Cosmologica**, per gli scienziati che si occupano di materia oscura, per chi studia la formazione delle galassie e per i gruppi che sviluppano modelli di struttura su piccola scala. Le metodologie possono essere inoltre replicate in altri progetti che combinano fisica complessa e simulazioni HPC e possono supportare future missioni osservative dedicate allo studio della materia oscura.

AI algorithms for (satellite) imaging reconstruction

Aree Tematiche: Space; Artificial Intelligence; Environment; Agriculture; Society and Smart Cities

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Algoritmi deterministici e modelli di IA per analisi multisorgente, segmentazione automatica e riconoscimento di pattern in immagini satellitari e aeree ad alta risoluzione.

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 2

Partner: INFN; Università di Catania (UNICT); Università di Ferrara (UNIFE)

Sintesi del progetto

Il progetto risponde alla crescita esponenziale dei dati prodotti da satelliti e sensori aerei, oggi capaci di osservare continuamente la Terra e generare petabyte di immagini relative a cambiamenti ambientali, agricoli, urbani e climatici. Il progetto mira a trasformare la grande quantità di immagini prodotte in indicazioni operative, riducendo il lavoro manuale e i tempi di lettura. L'attenzione è su casi reali: riconoscere impianti fotovoltaici, individuare segnali precoci di malattie della vite e mappare aree colpite da incendi, con procedure ripetibili.

Obiettivo

L'obiettivo del progetto è sviluppare algoritmi capaci di analizzare rapidamente e con precisione segnali complessi all'interno di immagini multispettrali e ad altissima risoluzione, riducendo al minimo l'intervento umano. Il progetto punta a democratizzare l'uso dei dati di osservazione della Terra e rendere accessibile l'analisi del territorio attraverso strumenti software semplici, scalabili e integrabili con infrastrutture HPC.

Problemi e necessità

La Space Economy è in rapida espansione e genera un volume di dati senza precedenti. Tuttavia, solo una piccola parte di questi dati è effettivamente utilizzata, a causa della scarsità di competenze tecniche e degli elevati costi di processamento. L'interpretazione tradizionale delle immagini richiede inoltre tempo, costi elevati,

può introdurre e non essere sufficiente nei casi in cui è necessario riconoscere segnali deboli o cambiamenti minimi e farlo su aree estese.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha ottenuto risultati concreti attraverso tre principali linee di lavoro. La prima riguarda il monitoraggio agricolo: tramite analisi spettrale e delle immagini è stato possibile identificare precocemente sintomi di malattie nei vigneti. La seconda riguarda il settore energetico: è stato sviluppato un algoritmo deterministico in grado di riconoscere pannelli fotovoltaici in immagini aeree. La terza riguarda la gestione delle emergenze: modelli IA hanno identificato rapidamente aree colpite da incendi tramite segmentazione automatica, fornendo una risposta in tempi compatibili con le necessità della protezione civile. A supporto di tutte queste applicazioni è stata sviluppata una libreria software dedicata, semplice da usare e pensata per l'integrazione in flussi di lavoro operativi.

Impatti

Le metodologie sviluppate permettono interventi agricoli più tempestivi, riducendo perdite economiche e uso di pesticidi. Nel settore energetico, la mappatura automatica degli impianti solari supporta piani energetici più efficienti e affidabili. In ambito emergenziale, la rapida analisi degli incendi consente risposte più efficaci, riducendo l'impatto su vite, infrastrutture ed ecosistemi.

Settori di applicazione

Le metodologie sviluppate hanno ricadute dirette in **Agricoltura di precisione e nella Gestione Energetica**, e possono essere adottate dal Protezione Civile, Enti Territoriali, Aziende della Space Economy, Istituti di ricerca e Università. Gli algoritmi sono pensati per essere modulari e scalabili, e possono essere integrati in workflow cloudbased o HPC. Le tecniche sviluppate sono applicabili a molte altre tipologie di immagini, radar, iperspettrali e termiche. Grazie alla futura apertura della libreria software, la comunità può contribuire a estendere e migliorare ulteriormente la piattaforma.

QCD under extreme conditions

Aree Tematiche: Fundamental research; Energy; Computing and storage infrastructure

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Simulazioni numeriche su larga scala basate su modelli teorici avanzati e su supercalcolo per studiare il comportamento della materia a temperature estreme, basate su modelli teorici avanzati e su calcolo parallelo ad alte prestazioni.

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 2

Partner: INFN; università e centri di ricerca coinvolti nelle attività di fisica teorica e computazionale

Sintesi del progetto

Il progetto studia la cromodinamica quantistica (QCD) in condizioni estreme di temperatura e densità, simili a quelle presenti nei primissimi istanti dopo il Big Bang o riprodotte negli acceleratori di particelle. L'obiettivo è comprendere come cambia lo stato della materia quando i costituenti fondamentali non si comportano più come particelle isolate, ma come un sistema collettivo.

Obiettivo

Il progetto mira a migliorare l'analisi delle proprietà della materia in regimi fisici non accessibili all'esperienza quotidiana, ricostruendo grandezze come pressione ed energia in funzione delle condizioni esterne, e fornendo risultati utili a interpretare esperimenti di fisica delle alte energie.

Problemi e necessità

La QCD è una teoria estremamente complessa. Non è infatti possibile osservare quark isolati e i fenomeni a energie elevate richiedono simulazioni numeriche massive. Gli algoritmi devono gestire quantità enormi di variabili e scambiare continuamente dati tra migliaia di nodi di calcolo, necessità che portato alla nascita dell'HPC moderno, perché senza supercalcolatori non sarebbe possibile eseguire simulazioni affidabili né ricavare predizioni confrontabili con gli esperimenti.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha adattato e ottimizzato workflow di calcolo in grado di ripartire dinamicamente le varie componenti delle equazioni di descrizione del plasma di quark e gluoni su una griglia di elementi computazionali interconnessi. Le simulazioni risultanti hanno così permesso lo studio di queste particelle a diverse temperature, ottenendo risultati allineati con i dati disponibili in letteratura e contribuendo a definire in modo più accurato la pressione e altre proprietà termodinamiche del sistema.

Impatti

I risultati del progetto hanno ricadute che si estendono oltre la ricerca fondamentale e la fisica delle alte energie. Oltre a migliorare la comprensione degli stati fondamentali della materia, le metodologie sviluppate consentono infatti formare nuove competenze nel campo del calcolo scientifico avanzato e di rafforzare la capacità di affrontare problemi complessi anche in altri ambiti della ricerca e nel settore industriale.

Settori di applicazione

Il progetto ha ricadute indirette in tutte le discipline che richiedono simulazioni complesse e calcolo parallelo, come la Fisica Teorica, la Scienza dei Materiali, la Fluidodinamica, la Modellazione climatica e l'Astrofisica computazionale. Inoltre, la formazione avanzata offerta ai giovani ricercatori amplia il bacino di competenze nel settore HPC, fondamentale per sostenere la competitività scientifica e tecnologica nazionale.

Quasi interactive analysis of big data with high throughput

Aree Tematiche: Fundamental research; Industry; Software; Computing and storage infrastructure; Artificial Intelligence

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Piattaforma per l'analisi ad alto rendimento (Highthroughput) di grandi volumi di dati basata su calcolo distribuito, strumenti open source e integrazione di risorse HPC e Cloud

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 2

Partner: INFN; Università del Salento; Università di Bologna; Politecnico di Bari; Università di Bari; Università di Napoli; Università di Firenze; Università di Ferrara; Università della Calabria

Sintesi del progetto

Il progetto introduce un nuovo modo di analizzare grandi dataset, come quelli prodotti nel campo della Fisica delle Alte energie, superando i limiti delle elaborazioni tradizionali basate sull'accumulazione di una quantità elevata di dati (flussi batch) per l'ottimizzazione delle risorse di calcolo. L'obiettivo è consentire agli utenti di lavorare sui dati in modo rapido e iterativo, riducendo i tempi di attesa tra una fase di analisi e la successiva, anche quando i volumi di dati sono molto elevati.

Obiettivo

Il progetto si propone di rendere l'analisi dei Big Data più fluida e accessibile, permettendo a ricercatori e utenti appartenenti al settore industriale di ottenere risultati in tempi brevi e di adattare l'analisi mentre è in corso, senza dover ripetere lunghi cicli di elaborazione. La piattaforma permette infatti di rendere trasparente l'accesso a risorse eterogenee — Cloud, Data Center distribuiti, Calcolo ad alto Rendimento (High Throughput Computing - HTC) — favorendo workflow iterativi e veloci, riducendo drasticamente i tempi delle analisi e abilitando applicazioni future in settori extra scientifici.

Problemi e necessità

L'evoluzione dei dataset scientifici e industriali ha

reso insufficienti i modelli basati sulla gestione dei flussi batch. È infatti oggi necessario abilitare cicli di analisi rapidi per testare ipotesi, aggiornare parametri e visualizzare risultati. L'assenza di strumenti interattivi impedisce di esplorare efficientemente strutture complesse nei dati. La necessità di accedere a risorse distribuite, diverse per natura e architettura, aggiunge ulteriore complessità.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha realizzato un prototipo di piattaforma di analisi (Analysis Facility) già operativa caratterizzata da una forte integrazione tra dispositivi interattivi (notebook) e strumenti open source che consentono la distribuzione dei workflow su infrastrutture distribuite quali Cloud, risorse HTC, e DataLake decentralizzato. In questo modo, l'utente è in grado di accedere ai dati e alle capacità di calcolo in modo uniforme, senza doversi occupare della complessità infrastrutturale. La piattaforma ha consentito una considerevole accelerazione dei workflow complessi di esperimenti di Fisica delle Alte Energie come CMS e ATLAS del CERN.

Impatti

La piattaforma abilita analisi molto più rapide, aumentando l'efficienza del ciclo scientifico e riducendo consumi e costi grazie all'uso di tecnologie eterogenee, acceleratori e strategie ottimizzate di gestione dati. Il paradigma quasi interattivo facilita l'adozione di tecniche avanzate come Machine Learning e flussi di lavoro orientati all'AI, riducendo i colli di bottiglia computazionali.

Settori di applicazione

Grazie alla sua flessibilità, la piattaforma può essere utilizzata da Università, Centri di ricerca, Aziende e Pubbliche Amministrazioni per analisi di Big Data in ambito **Industriale, Sanitario, Energetico, Finanziario e Ambientale**. Le tecnologie adottate sono inoltre replicabili in contesti educativi e formativi per migliorare le competenze digitali e introdurre nuovi modelli di data processing a studenti, professionisti e data scientist.

Ultra-fast algorithms running on FPGA (use case IDUC2.2.3)

Aree Tematiche: Fundamental research; Artificial Intelligence; Computing and storage infrastructure; Energy

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Algoritmi ottimizzati per FPGA (circuiti integrati riconfigurabili) e per l'elaborazione su architetture ibride (FPGA, GPU, CPU) dedicati all'analisi in tempo reale di grandi flussi di dati e all'esecuzione efficiente di modelli di Intelligenza artificiale e all'Uso

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 2

Partner: INFN; Università di Padova; Università di Perugia; Università di Genova; Università di Napoli "Federico II"; Università di Roma "La Sapienza"

Sintesi del progetto

Il progetto esplora l'uso delle FPGA per analizzare flussi di dati molto intensi senza introdurre ritardi significativi. Nata da esigenze della Fisica delle Alte Energie, dove i dati vengono filtrati dagli stessi esperimenti con conseguente perdita di informazione fisica potenzialmente rilevante, l'iniziativa sviluppa algoritmi ultraveloci implementati su FPGA, capaci di gestire flussi di dati continui e non filtrati e di eseguire analisi e inferenza AI in pochi microsecondi. L'uso combinato di FPGA, GPU e CPU consente di costruire architetture ibride altamente specializzate, ideali per contesti in cui latenze bassissime e rendimenti (throughput) elevati sono indispensabili.

Obiettivo

Il progetto mira ad abilitare analisi quasi in tempo reale di grandi volumi di dati e ad aprire la strada a nuovi approcci di selezione e interpretazione delle informazioni attraverso la progettazione di algoritmi innovativi su FPGA di ultima generazione e lo sviluppo di workflow riproducibili. Contestualmente, il progetto intende formare una nuova generazione di ricercatori capaci di programmare tali dispositivi.

Problemi e necessità

In molti esperimenti scientifici di Fisica delle Alte

Energie solo una piccola parte dei dati viene conservata, perché l'analisi completa richiederebbe troppo tempo ed energia. Questo può impedire di osservare fenomeni rari o nascosti in grandi fondi di rumore. Serve quindi un'analisi più veloce ed efficiente fin dalle prime fasi di raccolta dei dati, che garantisca bassa latenza e consenta l'impiego di risorse di calcolo eterogenee.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha testato algoritmi e protocolli su diverse generazioni di FPGA, valutandone prestazioni e flessibilità. L'integrazione con cluster ibridi consente di distribuire il carico tra hardware specializzato e sistemi di calcolo più generici, mentre attività di formazione mirata hanno reso le competenze più accessibili. I test hanno confermato la capacità delle FPGA di eseguire inferenza AI ultrarapida, rendendole un componente fondamentale per l'elaborazione dei Big Data in tempo reale.

Impatti

Le tecnologie sviluppate consentono di ridurre il consumo energetico per operazioni di analisi dati e di accelerare l'inferenza di modelli di AI per la Fisica delle Alte Energie, ambito nel quale sarà inoltre possibile accedere a dati fino a oggi esclusi dai sistemi di filtraggio degli esperimenti. In generale, i risultati garantiranno un uso più efficiente delle risorse e a costi potenzialmente più bassi per servizi avanzati basati su Intelligenza Artificiale e un vantaggio competitivo per molti ambiti industriali,

Settori di applicazione

Il progetto ha un impatto che si estende ben oltre la fisica delle alte energie. Le soluzioni sviluppate possono infatti essere utilizzate e replicate da industrie interessate a **servizi AI** a bassa latenza e basso consumo, da **Centri di Supercalcolo** che desiderano ottimizzare i costi energetici, da università e scuole che necessitano di strumenti didattici avanzati e da istituzioni pubbliche che cercano soluzioni scalabili e replicabili.

EUMOCKS

Aree Tematiche: Space; Fundamental research; Computing and storage infrastructure

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Codice HPC ottimizzato per la generazione di ampi cataloghi simulati di galassie dedicati all'analisi dei dati raccolti da campagne osservative (survey) condotte da telescopi spaziali come Euclid

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Partner: Università di Trieste; INAF; INFN

Sintesi del progetto

EUMOCKS nasce per supportare la cosmologia di precisione, fornendo migliaia di cataloghi simulati che rappresentano possibili "Universi osservati" coerenti con i dati attesi dalle missioni spaziali. Questi cataloghi consentono di confrontare osservazioni reali e simulazioni, migliorando la robustezza delle analisi cosmologiche.

Obiettivo

L'obiettivo principale del progetto è creare un insieme di cataloghi simulati (moks catalogs) sufficientemente esteso da catturare il comportamento statistico delle survey di grande scala. Questo permette di quantificare e correggere gli errori sistematici e di costruire pipeline di analisi più robuste. Eumocks punta inoltre a sviluppare una versione di un codice HPC (PINOCCHIO) pronta a funzionare su macchine pre-exascale come Leonardo, abilitando simulazioni ancora più estese e accurate per le prossime fasi della missione Euclid.

Problemi e necessità

I grandi survey cosmologici raggiungono livelli di precisione tali da rendere critico l'impatto anche di piccoli errori sistematici. Per valutarli servono migliaia di simulazioni realistiche, capaci di coprire enormi volumi cosmici e, allo stesso tempo, di risolvere strutture piccole come gli aloni di materia oscura che ospitano le galassie.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha prodotto 4500 simulazioni del cielo osservato da Euclid utilizzando il codice PINOCCHIO appositamente ottimizzato per la produzione rapida di cataloghi cosmologici. L'adozione di tecniche di calcolo parallelo, di implementazioni per la risoluzione delle caratteristiche delle componenti galattiche, insieme all'adattamento del codice per l'esecuzione su GPU, permettono di ottenere, a costi computazionali contenuti, risultati comparabili a simulazioni numeriche molto più onerose.

Impatti

EUMOCKS fornisce alla comunità scientifica uno strumento condiviso per testare modelli cosmologici e analizzare i dati osservativi con maggiore affidabilità. Le simulazioni prodotte diventano una base comune per studi futuri e per l'interpretazione dei prossimi rilasci di dati dei grandi esperimenti cosmologici.

Settori di applicazione

Eumocks è principalmente un progetto di ricerca fondamentale, con applicazioni dirette in **Cosmologia Osservativa e Teorica**. Il codice sviluppato è pubblico, e i mock catalogs sono disponibili per l'intera comunità scientifica. Il progetto fornisce un esempio virtuoso di collaborazione interdisciplinare tra fisici, astrofisici e specialisti in supercalcolo, promuovendo competenze essenziali per la ricerca di prossima generazione.

Evolution of gAlaxies and Galaxy clustEs in high Resolution cosmological simulations (EAGER)

Aree Tematiche: Space; Fundamental research; Computing and storage infrastructure

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Simulazioni cosmologiche ad alta risoluzione per lo studio della formazione ed evoluzione di galassie ed ammassi di galassie in un Universo dominato dalla materia oscura.

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Partner: Università di Trieste; INAF

Sintesi del progetto

EAGER è un progetto di ricerca fondamentale che utilizza il supercalcolo per ricostruire l'evoluzione delle strutture cosmiche su grande scala. Le simulazioni permettono di seguire, in modo coerente, lo sviluppo delle galassie e del gas diffuso negli ammassi, collegando i modelli teorici alle osservazioni astronomiche più recenti ed individuare eventuali tensioni in grado di migliorare la descrizione teorica dell'evoluzione cosmologica dominata da materia ed energia oscura.

Obiettivo

Lo scopo principale del progetto è modellare e studiare in modo accurato la crescita delle strutture cosmiche più massicce — gli ammassi di galassie — che rappresentano sia laboratori ideali per studiare la fisica delle particelle che compongono la materia ordinaria (barionica) dell'Universo, sia strumenti cosmologici fondamentali per sondare la natura di materia ed energia oscura.

Problemi e necessità

Le strutture cosmiche emergono dall'interazione di un numero enorme di componenti, come gravità, gas, formazione stellare e attività dei buchi neri supermassicci, che evolvono insieme. Senza risorse di HPC adeguate non sarebbe quindi possibile simulare questi sistemi con sufficiente dettaglio, né confrontare in modo affidabile i risultati con i dati osservativi.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha realizzato simulazioni numeriche di grande complessità, capaci di riprodurre molte proprietà osservate delle galassie negli ammassi e nelle fasi più remote della storia cosmica. Le discrepanze individuate rispetto ai dati reali guidano il miglioramento dei modelli di formazione stellare e dei contributi forniti dai buchi neri supermassicci, componenti chiave per ricostruire la fisica della materia nelle fasi iniziali degli ammassi galattici.

Impatti

EAGER rafforza il legame tra cosmologia e astrofisica, fornendo una base solida per interpretare i dati di grandi survey presenti e future. Le metodologie sviluppate contribuiscono anche alla formazione di nuove competenze nel calcolo scientifico avanzato.

Settori di applicazione

Il progetto è principalmente rivolto alla comunità **Cosmologica e Astrofisica**. I risultati alimentano il progresso teorico e osservativo legato alle grandi missioni cosmologiche. Il codice e i metodi utilizzati possono essere replicati da ricercatori in fisica dei plasmi cosmici, cosmologia numerica, studio degli ammassi e modellazione della componente barionica. Il progetto favorisce inoltre la formazione avanzata di studenti e giovani ricercatori in HPC e simulazioni parallelizzate, competenze essenziali per la scienza computazionale moderna.

Multi-tracer simulation-based inference from the first billion years

Aree Tematiche: Space; Fundamental research; Computing and storage infrastructure; Artificial Intelligence

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Database di simulazioni cosmologiche su larga scala e modelli di Machine Learning per l'interpretazione delle osservazioni dell'Universo primordiale

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Partner: Università di Catania; SNS; SISSA

Sintesi del progetto

Il progetto punta a fare luce su uno dei momenti chiave della storia cosmica: il primo miliardo di anni dopo il Big Bang, quando si sono formate le prime galassie e l'Universo è passato da freddo e neutro a caldo e ionizzato, periodo noto come Epoca della Reionizzazione. Per ricostruire questo periodo poco osservabile, il lavoro combina grandi campagne di simulazione con metodi di analisi automatici per l'interpretazione sulle osservazioni dell'Universo primordiale disponibili.

Obiettivo

L'obiettivo principale del progetto è quello di costruire un quadro coerente dell'Epoca della Reionizzazione, collegando modelli teorici e osservazioni attraverso un approccio che sfrutta molteplici segnali astronomici e consente di stimare in modo più robusto le proprietà delle prime galassie e dell'ambiente intergalattico.

Problemi e necessità

Le osservazioni dirette di questa fase sono limitate e frammentarie. Ogni misura fornisce solo una parte dell'informazione e risulta difficile interpretarla in modo isolato. Senza un grande numero di simulazioni e senza strumenti di analisi avanzati, manca una visione unificata dell'evoluzione iniziale dell'Universo.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha creato un vasto archivio di simulazioni che esplorano molte combinazioni di

condizioni iniziali e parametri fisici. Su questa base è stato sviluppato un sistema di inferenza che utilizza tecniche di Machine Learning per collegare osservazioni "tardive" alle condizioni iniziali, integrando dati eterogenei nelle varie lunghezze d'onda.

Impatti

I risultati permettono di interpretare in modo più completo le osservazioni disponibili e di preparare il terreno per l'analisi dei dati dei futuri esperimenti astronomici. Il progetto contribuisce anche allo sviluppo di nuove competenze nell'uso congiunto di simulazioni, HPC e intelligenza artificiale.

Settori di applicazione

I risultati del progetto trovano applicazione principalmente nella cosmologia. I metodi sviluppati possono tuttavia rappresentare un riferimento metodologico per altri campi scientifici che combinano Big Data osservativi e simulazioni numeriche, come **Astronomia, Fisica delle Particelle e Scienze dei Materiali**. L'intero codice prodotto sarà reso pubblico, favorendo l'uso e la replicabilità da parte di altri gruppi di ricerca.

Origins of Planets for Ariel (OPAL)

Aree Tematiche: Space; Fundamental research; Computing and storage infrastructure

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: catene complete di simulazione numerica ad alta complessità per la generazione di scenari di formazione planetaria con produzione di spettri sintetici di qualità paragonabile a quelli ottenuti dai grandi telescopi spaziali.

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Partner: INAF (diverse sedi e gruppi di ricerca coinvolti nel progetto OPAL)

Sintesi del progetto

OPAL è un progetto di ricerca fondamentale che sostiene la missione Ariel dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA), dedicata allo studio delle atmosfere degli esopianeti. Il progetto sviluppa un ampio insieme di modelli simulati della formazione dei pianeti e di possibili caratteristiche chimiche che essi possono presentare nel corso della loro evoluzione, fornendo un riferimento solido per interpretare future osservazioni.

Obiettivo

L'obiettivo del progetto è produrre, tramite campagne di simulazione ad alta fedeltà, una vasta libreria di spettri sintetici relative alla composizione delle atmosfere planetarie da fornire al Consorzio Ariel. Questi modelli permettono di testare in anticipo la robustezza degli strumenti di analisi della missione, validare la selezione dei target e ottimizzare la strategia osservativa. OPAL mira inoltre a sviluppare e consolidare un metodo standardizzato per la generazione di pianeti sintetici e popolazioni planetarie, utile anche per altre missioni dedicate agli esopianeti come PLATO e il futuro Habitable Worlds Observatory della NASA.

Problemi e necessità

Le osservazioni dirette degli esopianeti sono ancora limitate e non permettono di coprire

l'enorme varietà di mondi possibili. Senza modelli completi e coerenti - che richiedono risorse di calcolo adeguate - risulta quindi difficile distinguere tra segnali osservativi simili ma originati da processi di formazione diversi.

Soluzioni sviluppate

OPAL ha realizzato simulazioni complete (end-to-end) che collegano l'evoluzione dei dischi protoplanetari alla composizione finale dei pianeti. Ciò ha consentito la realizzazione della prima libreria mondiale di modelli atmosferici di qualità pari al catalogo di osservazioni prodotto dal James Webb Telescope. I risultati sono stati messi a disposizione del Consorzio Ariel, permettendo i primi test di fattibilità degli obiettivi scientifici principali della missione e la valutazione delle degenerazioni tra proprietà osservative e fisiche. Per l'ottimizzazione delle simulazioni sono state implementate tecniche per il calcolo parallelo e adattamento di parte del codice per GPU.

Impatti

Il progetto migliora l'affidabilità scientifica della missione Ariel e crea competenze nazionali avanzate nella modellazione planetaria. Le metodologie sviluppate possono essere riutilizzate anche per altre missioni dedicate alla ricerca di pianeti extrasolari.

Settori di applicazione

La metodologia OPAL è pienamente replicabile da altre missioni esoplanetarie e da strutture di ricerca che necessitano di simulazioni end-to-end complesse. Il progetto costituisce un riferimento per Università, Istituti Spaziali e gruppi di ricerca internazionali interessati a modellare sistemi planetari. L'approccio metodologico, descritto all'interno di un articolo open access, può essere trasferito e adottato a livello globale.

SLOTH

Aree Tematiche: Space; Fundamental research; Computing and storage infrastructure

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Simulazioni cosmologiche per confrontare modelli di materia oscura fredda e calda

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Partner: Università di Trieste; INAF

Sintesi del progetto

SLOTH è un progetto di ricerca fondamentale che mira a comprendere come la natura della materia oscura influenzi la nascita e l'evoluzione delle galassie. Attraverso simulazioni cosmologiche ad alta risoluzione, il progetto confronta due ipotesi alternative - materia oscura "fredda" e "calda" (Cold Dark Matter - CDM e Warm Dark Matter - WDM) - per valutare come cambiano i tempi e le modalità di formazione delle prime strutture cosmiche.

Obiettivo

L'obiettivo del progetto è valutare in modo quantitativo come un modello di Warm Dark Matter modifichi la tempistica e la struttura dei processi di formazione galattica rispetto al modello CDM. Le simulazioni pianificate permetterebbero di confrontare le previsioni teoriche con le osservazioni di galassie molto lontane e giovani, offrendo uno strumento per valutare quanto "fredda" o "calda" debba essere la materia oscura alla luce dei nuovi dati dello James Webb Telescope NASA.

Problemi e necessità

Le differenze tra i modelli di materia oscura emergono soprattutto nelle fasi iniziali della formazione delle galassie, ma possono essere colte solo con simulazioni estremamente dettagliate. Questi studi richiedono quindi risorse di supercalcolo capaci di gestire un numero enorme di variabili e di nodi di calcolo in parallelo.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha preparato e testato simulazioni numeriche basate su codici altamente paralleli, verificandone la stabilità e la scalabilità su infrastrutture HPC di fascia molto alta. Questa fase ha permesso di definire un quadro tecnico solido per affrontare simulazioni cosmologiche di grande complessità.

Impatti

SLOTH contribuisce ad affinare il legame tra teoria cosmologica e osservazioni astronomiche, ponendo le basi per lo sviluppo di strumenti utili per interpretare i dati dei nuovi telescopi spaziali. Le competenze sviluppate rafforzano anche la capacità di utilizzare il supercalcolo per problemi scientifici estremamente complessi.

Settori di applicazione

Il progetto riguarda principalmente la ricerca Cosmologica. Tuttavia, le capacità e attività sviluppate nella fase preparatoria possono essere sfruttate nel settore del Supercalcolo la formazione di giovani ricercatori e per il sostegno alla comunità scientifica impegnata nell'analisi grandi survey cosmologiche come quelle prodotte dalla missione Euclid.

ClimateDataIT

Aree Tematiche: Climate; Environment; Computing and storage infrastructure; Society and Smart Cities

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Piattaforma nazionale di gestione, distribuzione e tracciabilità dei dati climatici.

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 4

Partner: gruppi di modellistica climatica, fornitori tecnologici e infrastrutturali afferenti allo Spoke 4

Sintesi del progetto

ClimateDataIT è un'iniziativa strategica che riunisce per la prima volta i principali attori nazionali nel dominio del clima con l'obiettivo di creare un punto di riferimento unico per i dati climatici. Il progetto punta a costruire un'infrastruttura condivisa capace di supportare ricerca, politiche pubbliche e applicazioni operative legate al cambiamento climatico.

Obiettivo

Il progetto mira a realizzare un Data Hub nazionale che renda disponibili dati climatici affidabili, aggiornati e facilmente riutilizzabili, a supporto di analisi scientifiche e processi decisionali in ambito ambientale, economico e territoriale.

Problemi e necessità

I dati climatici sono complessi, voluminosi e spesso distribuiti su piattaforme diverse. Questa frammentazione rende difficile il loro utilizzo coordinato e limita l'impatto delle simulazioni climatiche sulla pianificazione e sulle politiche di adattamento e mitigazione.

Soluzioni sviluppate

ClimateDataIT ha definito una roadmap decennale condivisa per la costruzione di un hub dati su infrastrutture HPC nazionali, integrando competenze scientifiche, software e risorse di calcolo. Nell'ambito del progetto è già stato

realizzato un primo prototipo funzionante, con l'obiettivo di arrivare a una piena operatività su infrastrutture di scala petabyte. Il progetto ha prodotto risultati fondamentali. A oggi sono state completate simulazioni climatiche ad alto valore scientifico, sono state sviluppate componenti software chiave per la piattaforma e condotte attività sperimentali sull'infrastruttura HPC che ospiterà l'Hub, che avrà capacità paragonabili a quelle dei principali hub europei. Il rilascio della piattaforma completa sarà finalizzato nel corso del 2026.

Impatti

L'iniziativa migliora l'accesso a dati chiave per valutazioni su rischi climatici, risorse idriche, ecosistemi, aree urbane e scenari di mitigazione. Grazie alla disponibilità di dati tracciabili e standardizzati, sarà possibile rafforzare il legame tra ricerca e politiche pubbliche.

Settori di applicazione

Il data hub diventerà un'infrastruttura operativa aperta alla **Comunità Scientifica, al Settore Privato, alla Pubblica Amministrazione e al Mondo Educativo**. I dati potranno essere riutilizzati per sviluppare servizi climatici, modelli di rischio, sistemi decisionali, Digital Twin urbani, simulazioni di impatto, studi di biodiversità e applicazioni industriali. L'architettura è progettata per essere modulare e replicabile, permettendo ad altre organizzazioni — pubbliche o private — di adottare la stessa struttura per distribuire i propri dati.

Miglioramento del sistema previsionale sub stagionale CNR-ISAC

Aree Tematiche: Climate; Environment; Computing and storage infrastructure

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Aggiornamento del modello atmosferico GLOBO per migliorare la rappresentazione di processi fisici chiave e aumentare l'affidabilità delle previsioni sub-stagionali

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 4

Partner: CNR

Sintesi del progetto

Il progetto è dedicato al rafforzamento delle previsioni meteo-climatiche su scala sub-stagionale, cioè nell'intervallo che va da pochi giorni fino a circa un mese. Attraverso l'aggiornamento di GLOBO, modello climatico sviluppato da CNR-ISAC, è stato possibile migliorare la rappresentazione di alcuni meccanismi fisici fondamentali che influenzano l'evoluzione dell'atmosfera, rendendo più accurate le previsioni.

Obiettivo

Il progetto mira ad aumentare l'affidabilità delle previsioni fino a quattro settimane, fornendo indicazioni più robuste su vento e temperatura in Europa e in altre aree chiave dell'emisfero nord, con particolare attenzione agli eventi che collegano la dinamica della stratosfera al tempo atmosferico al suolo.

Problemi e necessità

Le previsioni sub-stagionali sono tra le più difficili da ottenere a causa della loro dipendenza da processi atmosferici complessi e da interazioni su scale diverse che richiede modelli numerici molto sofisticati. Limiti nella rappresentazione di questi processi possono ridurre la qualità delle previsioni, rendendo più incerta la gestione di fenomeni persistenti o estremi.

Soluzioni sviluppate

Grazie alle modifiche implementate nel modello GLOBO, il sistema previsionale ha mostrato un miglioramento significativo nella simulazione e previsione del vento e della temperatura fino a quattro settimane dall'emissione. Inoltre, è stata migliorata la capacità del modello di prevedere gli eventi stratosferici improvvisi che possono influenzare il meteo di superficie per settimane, con implicazioni rilevanti per ondate di freddo o cambi repentini di circolazione atmosferica. L'efficacia delle modifiche è stata valutata confrontando lunghe serie di simulazioni con e senza gli aggiornamenti, grazie all'uso intensivo di risorse HPC.

Impatti

I miglioramenti ottenuti consentono previsioni più stabili e attendibili su orizzonti di alcune settimane, con ricadute dirette sulla capacità di pianificare e gestire eventi meteo-climatici rilevanti. La disponibilità del codice open source permette inoltre di trasferire le soluzioni adottate anche ad altri modelli previsionali.

Settori di applicazione

Il progetto offre benefici diretti al settore della **Meteorologia Operativa, ai Centri di previsione nazionale e regionale, agli enti di Protezione Civile e alle autorità che gestiscono rischi legati a ondate di caldo, eventi di freddo anomalo, vento e perturbazioni a media scala**. Le tecniche sviluppate possono essere replicate su altri modelli grazie al codice sorgente pubblico, rendendo il contributo scalabile e trasferibile.

Sviluppo di modelli AI emulatori di modelli climatici

Aree Tematiche: Climate; Environment; Artificial Intelligence; Computing and storage infrastructure

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Modelli di intelligenza artificiale addestrati per emulare modelli climatici per simulazioni atmosferiche complesse ad altissima risoluzione

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 4

Partner: CMCC; Fondazione Bruno Kessler (FBK)

Sintesi del progetto

Il progetto si concentra sullo sviluppo di emulatori basati su AI capaci di replicare il comportamento di modelli climatici ad alta risoluzione. Questi strumenti consentono di ottenere simulazioni dettagliate del clima sull'Italia e sui mari circostanti, mantenendo un'elevata qualità dei risultati ma con tempi di calcolo e consumi di risorse molto più contenuti rispetto ai modelli tradizionali.

Obiettivo

L'obiettivo principale del progetto è costruire emulatori AI capaci di riprodurre il comportamento di modelli atmosferici con risoluzione di 2,8 km, un livello sufficientemente fine da rappresentare processi locali come precipitazioni intense, eventi estremi e fenomeni che sviluppano su scale che vanno dai pochi a centinaia di chilometri. Questi modelli permettono di generare molte più simulazioni rispetto ai modelli fisici tradizionali e, soprattutto, di ridurre l'incertezza nelle proiezioni climatiche future.

Problemi e necessità

Le simulazioni climatiche ad alta risoluzione sono fondamentali per descrivere fenomeni locali, come precipitazioni intense o eventi estremi, ma richiedono grandi quantità di risorse HPC. Questo limita il numero di scenari esplorabili e la possibilità di analisi approfondite sull'incertezza dei risultati.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha sviluppato emulatori di modelli climatici ad altissima risoluzione tramite diverse architetture di Machine Learning. Gli emulatori riproducono con accuratezza le simulazioni fisiche e migliorano la capacità di rappresentare eventi intensi e precipitazioni estreme sulla penisola italiana.

Impatti

L'uso di emulatori AI permette di ampliare in modo significativo il numero di simulazioni disponibili, migliorando la comprensione degli eventi estremi e dei loro possibili impatti. Questo rafforza la base scientifica per la valutazione dei rischi climatici e per la pianificazione di strategie di adattamento.

Settori di applicazione

Le applicazioni delle metrologie sviluppate sono ampie e riguardano Industria, **Pubblica Amministrazione, Protezione Civile, Assicurazioni, Energia, Agricoltura, Trasporti e Ricerca Scientifica**. I modelli sviluppati permettono simulazioni personalizzate per aree specifiche, supportando decisioni operative o strategie di lungo periodo. I risultati e le metodologie sono replicabili da istituzioni pubbliche, aziende, scuole e università, e le tecniche adottate possono essere estese a nuove componenti del sistema climatico, come oceano, onde e superficie terrestre, fino a domini mediterranei e globali.

Sviluppo di modelli e produzione di simulazioni climatiche ad alta risoluzione per il Mar Mediterraneo e la Penisola Italiana

Aree Tematiche: Climate; Environment; Computing and storage infrastructure; Energy

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: nuovi modelli climatici regionali e potenziamento di modelli esistenti per generare proiezioni ad alta risoluzione su atmosfera, oceani e superficie terrestre nell'area mediterranea

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 4

Partner: CMCC; CNR-ISAC; CNR-ISMAR; ENEA; Fondazione Bruno Kessler (FBK); Università del Salento

Sintesi del progetto

Il progetto ha sviluppato e migliorato modelli climatici regionali per descrivere con maggiore precisione il clima del Mediterraneo e della Penisola italiana, una delle aree climaticamente più sensibili del pianeta. Le attività hanno portato alla produzione di simulazioni ad alta risoluzione pensate per analizzare l'evoluzione futura del clima e fornire dati affidabili a supporto della ricerca e delle decisioni pubbliche e private.

Obiettivo

L'obiettivo principale del progetto è rafforzare la capacità dei modelli climatici regionali di rappresentare in modo realistico i processi fisici chiave del clima mediterraneo, producendo proiezioni affidabili e scientificamente solide. Queste informazioni sono fondamentali per aiutare decisori pubblici e privati a pianificare strategie efficaci per affrontare l'intensificarsi degli eventi estremi e gli impatti su ecosistemi, infrastrutture e attività produttive. L'approccio integrato mira a realizzare un set esteso di proiezioni climatiche ad alta risoluzione, utile per studi scientifici e applicazioni operative.

Problemi e necessità

Il Mediterraneo è un'area particolarmente sensibile al cambiamento climatico, un hotspot climatico globale esposto a siccità più frequenti, precipitazioni estreme, ondate di calore e

innalzamento del livello del mare, dove gli effetti sono spesso più intensi rispetto alla media globale. Per affrontare questi impatti servono modelli in grado di rappresentare processi locali e interazioni complesse, difficili da descrivere con strumenti a bassa risoluzione, che necessitano di adeguate risorse HPC e di grandi volumi di dati.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha utilizzato modelli numerici di nuova generazione, integrando atmosfera, oceani e superfici terrestri, e li ha fatti operare su infrastrutture HPC. Sono state inoltre realizzate lunghe simulazioni ad alta risoluzione, utili sia per calibrare i modelli sia per produrre nuovi scenari climatici regionali. I dati generati verranno integrati nel repository nazionale **ClimateDataIT**, rendendoli disponibili alla comunità scientifica e industriale.

Impatti

I risultati del progetto forniscono dataset di elevata qualità che supportano studi scientifici, analisi di rischio e valutazioni di impatto. Informazioni che possono essere utilizzate per pianificazione territoriale, gestione delle risorse e definizione di strategie di adattamento ai cambiamenti climatici.

Settori di applicazione

Il progetto ha potenziali applicazioni dirette nel settore pubblico, nei processi decisionali delle autorità locali e nazionali, e nel settore privato, in particolare nelle imprese che si occupano di **Energia, Trasporti, Gestione del Territorio, Idrologia, Assicurazioni e Agricoltura**. I modelli e le simulazioni possono essere replicati da altri gruppi di ricerca e integrati con tecniche basate su modelli AI per migliorare ulteriormente la rappresentazione dei processi fisici. Le opportunità di trasferimento includono iniziative congiunte tra comunità scientifica, industria e organismi istituzionali, per tradurre i risultati scientifici in strumenti operativi.

Sviluppo di modelli per nuove proiezioni climatiche globali

Aree Tematiche: Climate; Environment; Computing and storage infrastructure

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Modelli globali del Sistema Terra (Earth System Models) aggiornati di nuova generazione con rappresentazioni avanzate dei processi di superficie terrestre, vegetazione e interazioni terra-atmosfera

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 4

Partner: CMCC; CNR-ISAC

Sintesi del progetto

Il progetto ha sviluppato una nuova generazione di modelli climatici globali del sistema Terra (Earth System Models, ESM) in grado di rappresentare in modo più realistico i processi fisici, biogeochimici e dinamici che governano l'evoluzione del clima globale. Gli ESM migliorati permettono di produrre proiezioni climatiche più affidabili, fondamentali per comprendere come il riscaldamento globale influenzerà eventi estremi, dinamiche atmosferiche e cicli idrologici nei prossimi decenni.

Obiettivo

L'ambizione principale del progetto è fornire alla comunità scientifica e ai decisori pubblici strumenti di modellazione globale capaci di produrre proiezioni climatiche robuste, trasparenti e scientificamente solide. Gli ESM sviluppati contribuiranno alla prossima fase del programma internazionale CMIP (Coupled Model Intercomparison Project), pilastro scientifico dei rapporti dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) che orientano le politiche globali di mitigazione e adattamento. L'obiettivo è colmare lacune nella rappresentazione di processi chiave, con modelli che possano guidare strategie politiche efficaci e rispondere alle esigenze di pianificazione a lungo termine del settore pubblico e privato

Problemi e necessità

La crisi climatica richiede informazioni tempestive e affidabili sull'evoluzione futura del clima

terrestre. Per progettare politiche efficaci è necessario comprendere scenari complessi che coinvolgono eventi estremi, cicli globali del carbonio, impatti sugli ecosistemi e risposte del sistema Terra ai forcing antropici. I modelli tradizionali non sempre rappresentano con sufficiente dettaglio i processi su larga scala e le interazioni tra le componenti del sistema. Inoltre, sviluppare e calibrare ESM complessi richiede **risorse HPC imponenti** che consentano la simulazione climatica su migliaia di anni, test numerici avanzati e l'analisi di dataset globali voluminosi.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha migliorato i modelli del Sistema Terra, rafforzando la rappresentazione dei processi di superficie e delle interazioni tra biosfera e atmosfera. Sono state inoltre prodotte lunghe campagne di simulazione su infrastrutture HPC utili per testare, calibrare e validare i nuovi modelli.

Impatti

Le nuove proiezioni permettono di analizzare con maggiore precisione l'evoluzione del clima e dei fenomeni estremi, contribuendo a ridurre le incertezze nelle valutazioni future. Le nuove simulazioni prodotte da questo progetto sosterranno strategie di adattamento, miglioramento delle infrastrutture, sicurezza delle reti energetiche e pianificazione territoriale.

Settori di applicazione

I risultati ottenuti dal progetto trovano applicazione immediata in attività di pianificazione e gestione del rischio da parte di: Enti Pubblici, Amministrazioni Locali, Protezione Civile ed Enti di Ricerca. Possono inoltre essere replicate e adottate dagli operatori impegnati negli ambiti **dell'Energia, dell'Agricoltura, della Gestione delle Risorse Idriche e dell'Industria**. Le proiezioni climatiche globali prodotte attraverso gli ESM sono inoltre fondamentali per progetti congiunti con stakeholder tecnici e industriali, interessati a tradurre gli scenari climatici in strumenti operativi, indicatori e matrici di rischio.

Digital Dashboard per la Modellazione e la Riduzione del Rischio Sismico su Larga Scala

Settore di applicazione: Environment, Computing and storage infrastructure, Future HPC

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Piattaforma integrata di simulazione multirischio basata su HPC e Digital Twin, con workflow per la valutazione su larga scala di pericolosità, vulnerabilità e impatti socio-economici

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 5

Partner: CNR, INGV, Politecnico di Bari, Sapienza Università di Roma, Università dell'Aquila

Sintesi del progetto

Il progetto si rivolge a una delle principali sfide legate ai disastri naturali in Italia: la mancanza di un sistema integrato e interdisciplinare capace di modellare e valutare il rischio sismico su scala nazionale. Nonostante decenni di ricerca su pericolosità, esposizione e vulnerabilità del costruito, manca ancora una piattaforma digitale unificata in grado di quantificare impatti interdipendenti su edifici, e infrastrutture e di restituire scenari multirischio realistici e utilizzabili dai decisori pubblici. Il progetto sviluppa quindi una "digital dashboard" ad alta complessità computazionale per supportare strategie di mitigazione e di aumento della resilienza.

Obiettivi

L'iniziativa mira a creare un ecosistema digitale che integri simulazioni fisiche avanzate, valutazioni di vulnerabilità multiscale e indicatori socioeconomici, fornendo uno strumento decisionale per amministrazioni, pianificatori ed enti di protezione civile. L'obiettivo è supportare un approccio basato sui rischi e sulle conseguenze, capace di dare priorità agli interventi e ottimizzare l'uso delle risorse disponibili nella mitigazione del rischio sismico.

Problemi e necessità

Le attività di prevenzione in Italia soffrono della frammentazione dei dati, dell'assenza di integrazione tra reti infrastrutturali e della difficoltà nel gestire incertezze, scenari complessi e simulazioni multirischio. Le simulazioni fisiche della rottura sismica, della propagazione e amplificazione delle onde sismiche su scala locale richiedono enormi risorse computazionali. Inoltre, la

valutazione del rischio urbano implica la modellazione simultanea di edifici, reti idriche, stradali ed elettriche, insieme alla stima di perdite economiche, interruzione dei servizi e vittime.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha prodotto un workflow digitale completo che parte dalla simulazione fisica dei terremoti, integrando modelli tomografici ad alta risoluzione e valutazioni di amplificazione locale. Include inoltre la modellazione di frane indotte dai sismi e una valutazione del rischio urbano che permette analisi accurate anche con dati incompleti. È stato sviluppato un Virtual Test Bed, un ambiente realistico ma non reale che consente test controllati di metodologie e scenari. La piattaforma calcola indicatori chiave come perdite economiche, numero previsto di vittime e tempi di inattività dei servizi, producendo basi solide per la definizione di strategie nazionali di prevenzione.

Impatti

Il progetto ha potenzialità enormi per la sicurezza delle persone e la stabilità economica del Paese. La possibilità di simulare scenari multirischio su larga scala consentirà infatti di ridurre drasticamente vittime, danni e sfollati, e di mitigare gli impatti economici derivanti dai grandi terremoti, che in Italia negli ultimi decenni hanno generato perdite dirette stimate tra 150 e 250 miliardi di euro, e potenzialmente fino a 1500 miliardi se si includono le conseguenze indirette. Il progetto favorisce inoltre una cultura della prevenzione e una governance più responsabile e sostenibile del rischio.

Settori che possono beneficiare

La piattaforma potrà garantire un fondamentale strumento a supporto della pianificazione degli interventi da parte di **Pubbliche amministrazioni, Protezione Civile, Enti regolatori, Utility, Compagnie di assicurazione e riassicurazione**, generando vantaggi per i cittadini. La piattaforma è replicabile per costruire sistemi nazionali di monitoraggio, per pianificare interventi mirati o per creare mappe di rischio comprensibili al pubblico. Le metodologie sono estendibili ad altri rischi naturali, come alluvioni o frane, e possono essere integrate in politiche di resilienza urbana a lungo termine.

Collaborative Platform for Risk Assessment and Mitigation Based on Data & Knowledge Sharing

Settore di applicazione: Environment, Computing and storage infrastructure, Future HPC, Society and Smart Cities

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Piattaforma collaborativa interdisciplinare basata su Data Lake, un sistema informativo geografico online (WebGIS), workflow, modelli HPC e Digital Twin urbani per la valutazione e la gestione dei rischi naturali

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 5

Partner: CNR, INGV, Politecnico di Bari, Sapienza Università di Roma, Università dell'Aquila

Sintesi del progetto

In un Paese come l'Italia, caratterizzato da vulnerabilità naturali diffuse e fenomeni che rappresentano pericoli multipli, la frammentazione delle informazioni ostacola la capacità di prevenire, monitorare e mitigare gli impatti su infrastrutture, reti critiche e comunità locali. Il progetto sviluppa un'infrastruttura digitale collaborativa capace di integrare grandi moli di dati, modelli scientifici, strumenti GIS e capacità HPC, permettendo una lettura completa e dinamica del rischio e dei suoi impatti.

Obiettivi

L'obiettivo principale del progetto è creare un ambiente digitale interoperabile dedicato alla condivisione della conoscenza, alla costruzione di scenari multirischio e al supporto decisionale per enti pubblici, operatori delle infrastrutture critiche e comunità locali. La piattaforma mira inoltre a democratizzare l'accesso ai dati ambientali e a rendere più efficienti i processi decisionali grazie a strumenti avanzati di modellazione, simulazione e monitoraggio.

Problemi e necessità

Le amministrazioni e gli operatori territoriali affrontano difficoltà nel gestire informazioni distribuite, eterogenee e non interoperabili. La mancanza di flussi di dati strutturati limita la capacità di interpretare correttamente fenomeni naturali dinamici e di valutare i loro impatti su reti interconnesse come elettricità, acqua,

trasporti e telecomunicazioni. Allo stesso tempo, l'assenza di strumenti collaborativi frena la diffusione della cultura del rischio e ostacola la partecipazione delle comunità.

Soluzioni sviluppate

Il progetto intende introdurre un ecosistema digitale multilivello composto da: un Data Lake in cui convergono dati eterogenei acquisiti in maniera FAIR; un'infrastruttura HPC e Cloud che supporta modellazioni complesse, gestione del rischio, simulazioni multi hazard e strumenti di monitoraggio; dashboard e modelli per valutare rischio e resilienza di reti infrastrutture critiche, rappresentare dati territoriali, monitorare il rischio e supportare decisioni; una struttura concettuale che integra modelli matematici, Digital Twin urbani, workflow di simulazione, sperimentale, sistemi di valutazione delle performance e strumenti collaborativi per la costruzione della conoscenza.

Impatti

Il progetto abilita una gestione più efficace e integrata del rischio, migliorando la capacità delle autorità di interpretare scenari complessi, valutare impatti su reti critiche e pianificare strategie di prevenzione, contribuendo ad aumentare la sicurezza, la riduzione dei danni economici e la protezione del patrimonio territoriale. Le comunità possono accedere a informazioni aggiornate e intuitive tramite piattaforme WebGIS e strumenti collaborativi, favorendo consapevolezza e partecipazione.

Settori che possono beneficiare

La piattaforma è utile a enti di **Protezione Civile, Amministrazioni Locali, Gestori di infrastrutture critiche, Operatori di reti, Ricercatori e Comunità locali**. Il modello è replicabile in altri domini della gestione dei rischi naturali e può evolvere in un Digital Twin urbano multirischio, integrando in futuro simulazioni in tempo reale, AI predittiva e strumenti di codecisione.

Elements at Risk – Analisi delle vulnerabilità e tecnologie avanzate per la riduzione del rischio multi-hazard

Settore di applicazione: Environment, Society and Smart Cities

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Framework interdisciplinare per la valutazione delle vulnerabilità degli elementi esposti ai rischi naturali, con integrazione di sensori, Machine Learning, telerilevamento e Big Data

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 5

Partner: CNR, INGV, ENEA, Università di Bari, Politecnico di Bari, Sapienza Università di Roma, Università dell'Aquila, Università di Firenze

Sintesi del progetto

Elements at Risk mira a identificare e analizzare la vulnerabilità degli elementi esposti, quali popolazioni, infrastrutture critiche, ecosistemi, risorse, beni culturali, di fronte a una vasta gamma di pericoli naturali che includono frane, terremoti, incendi, inquinamento ambientale, eruzioni vulcaniche e altri fenomeni intensificati dal cambiamento climatico. Il progetto costruisce una visione integrata e interdisciplinare che permette di comprendere come questi elementi reagiscano ai rischi e come possano essere protetti o adattati per ridurre danni e impatti futuri.

Obiettivi

Il progetto mira a creare un quadro metodologico unico che consenta a ricercatori, istituzioni e comunità di localizzare e comprendere le vulnerabilità presenti in un territorio, trasformando analisi scientifiche complesse in strategie operative utili alla riduzione del rischio. Il progetto promuove una cultura della prevenzione basata su tecnologie avanzate e sulla condivisione collaborativa della conoscenza.

Problemi e necessità

L'aumento della frequenza e dell'intensità degli eventi naturali è aggravato da fattori globali come urbanizzazione, crescita demografica, pressione sugli ecosistemi e cambiamento climatico. In questo contesto, vite umane ed elementi vitali per la società, come infrastrutture, natura, economia, beni culturali, sono più vulnerabili che mai. È necessario quindi un approccio che permetta di comprendere, quantificare e mitigare tali

vulnerabilità, e di farlo con strumenti tecnologici moderni, basati su dati, simulazioni e monitoraggio continuo.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha costruito una rete collaborativa nazionale composta da esperti in frane, terremoti, incendi, inquinamento e rischi ambientali, creando una piattaforma multidisciplinare che consente confronto, valutazione e integrazione dei diversi rischi. Attraverso tecnologie avanzate come Machine Learning, Deep Learning, immagini satellitari e sensori distribuiti, sono stati sviluppati modelli predittivi, mappature automatiche e processi di monitoraggio in grado di identificare anomalie e segnali precoci di rischio. È stata inoltre consolidata la relazione con enti locali, agenzie ambientali e organismi di protezione civile, avviando percorsi condivisi per trasformare i risultati scientifici in strumenti operativi di mitigazione.

Impatti

Gli strumenti sviluppati consentiranno di incrementare la capacità di proteggere vite umane, di salvaguardare le infrastrutture e di preservare patrimonio storico e naturale. Il progetto abilita enormi vantaggi in termini di sicurezza, capacità di anticipare eventi distruttivi, sostenibilità agricola, tutela della salute pubblica, qualità dell'aria e resilienza urbana. La possibilità di valutare vulnerabilità su larga scala consente inoltre di ottimizzare interventi, ridurre i costi dei disastri e migliorare la pianificazione territoriale.

Settori che possono beneficiare

La trasferibilità dei risultati è ampia, a partire dall'applicazione per l'elaborazione di strategie di emergenza e pianificazione urbana, fino all'utilizzo da parte di aziende impegnate nel risk management, scuole e università. Le metodologie sviluppate possono inoltre essere impiegate per la formazione interdisciplinare e per aumentare la consapevolezza e capacità di risposta ai rischi dei cittadini. L'approccio scalabile e adattabile permette infine applicazioni nella **Gestione delle Infrastrutture, in Agricoltura, Salute, Beni Culturali** e in qualunque settore dove siano cruciali l'analisi territoriale e la prevenzione.

Urgent Computing of Phreatic Explosions at Campi Flegrei – Simulazioni HPC per la gestione rapida del rischio vulcanico

Settore di applicazione: Environment, Future HPC

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Workflow di applicazione del calcolo alla gestione delle emergenze (Urgent Computing) per simulazioni fluidodinamiche di esplosioni freatiche in scenari di crisi vulcanica

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 5

Partner: INGV

Sintesi del progetto

Il progetto intende fornire risposte a una delle sfide più complesse nella gestione del rischio vulcanico, ovvero la necessità di generare simulazioni credibili e tempestive di scenari eruttivi durante fasi di instabilità geologica preeruttiva (unrest). L'area dei Campi Flegrei, in stato di crisi sismica e vulcanica ricorrente, richiede strumenti capaci di fornire in tempi rapidi indicazioni attendibili su possibili esplosioni freatiche, fenomeni rapidi e potenzialmente devastanti. Il progetto mira a dimostrare che l'High Performance Computing può essere usato in modalità "Urgent Computing", producendo scenari deterministici o probabilistici compatibili con le tempistiche delle decisioni da prendere in emergenza.

Obiettivi

L'obiettivo del progetto è costruire un sistema di simulazione che, in caso di accelerazione dell'attività ai Campi Flegrei, permetta di produrre mappe di impatto, aree a rischio e scenari eruttivi realistici in tempi brevi, fornendo così un supporto diretto alle autorità di protezione civile. Questo richiede workflow automatici, algoritmi ottimizzati e una chiara politica di accesso urgente alle risorse HPC.

Problemi e necessità

Le esplosioni freatiche sono difficili da prevedere e richiedono simulazioni molto dettagliate dei processi fluidodinamici che avvengono in superficie e nel sottosuolo. Una gestione efficace della crisi deve poter contare su strumenti che forniscano risultati più rapidamente del fenomeno stesso, restituendo scenari affidabili

prima che gli eventi si verifichino. Senza HPC dedicato e workflow definiti, tali modelli sarebbero troppo lenti per essere utili al processo decisionale.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha realizzato simulazioni preliminari di scenari eruttivi e adattato i workflow computazionali alle specifiche esigenze dei Campi Flegrei. Sono state avviate pipeline basate su simulazioni fluidodinamiche ad alta risoluzione, eseguite su architetture HPC. L'integrazione tra modelli fisici avanzati e automazione del processo di calcolo rappresenta un primo passo verso un sistema operativo di Urgent Computing applicabile durante un'eruzione. Tutti gli strumenti sviluppati saranno resi opensource per favorire trasparenza e riutilizzo.

Impatti

Il progetto ha un impatto potenzialmente enorme sulla sicurezza pubblica, poiché rendere possibile una migliore identificazione delle aree a rischio può contribuire a ridurre drasticamente le conseguenze di un'esplosione freatica, proteggendo popolazioni, infrastrutture e attività economiche. L'iniziativa aumenta anche la consapevolezza del rischio vulcanico e stimola la diffusione di cultura scientifica e strumenti di prevenzione. Inoltre, definire workflow replicabili permette l'applicazione del sistema a molti altri vulcani attivi nel mondo.

Settori che possono beneficiare

Il lavoro è direttamente utile a **Enti di Protezione Civile, Osservatori Vulcanologici, Amministrazioni Locali**. L'approccio basato su Urgent Computing può essere applicato a sistemi vulcanici diversi, contribuendo a una gestione più efficace delle emergenze naturalistiche. Le nuove interfacce userfriendly e le applicazioni Cloud previste nei futuri sviluppi faciliteranno l'adozione da parte di comunità scientifiche e operative.

Landslides – Digital Twin dei sistemi di versante per la valutazione e la mitigazione del rischio da frana

Settore di applicazione: Environment, Computing and storage infrastructure

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Modello digitale integrato di versanti e sottosuolo (Digital Twin) basato su dati geologici, geotecnici, geomorfologici e monitoraggi multi-sorgente

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 5

Partner: CNR, INGV, ENEA, Università di Bari, Politecnico di Bari, Sapienza Università di Roma, Università dell'Aquila, Università di Firenze

Sintesi del progetto

Il progetto sviluppa un approccio avanzato per comprendere, modellare e prevedere i fenomeni franosi attraverso un Digital Twin del sistema terreno-sottosuolo. L'obiettivo è integrare informazioni eterogenee relative alla struttura geologica, ai processi superficiali e profondi, alle condizioni idrologiche e ai movimenti del suolo, creando un modello dinamico e aggiornabile capace di supportare decisioni operative nella gestione del rischio.

Obiettivi

L'obiettivo centrale del progetto è costruire un modello concettuale di frana che raccolga e integri dati provenienti da fonti multiple per restituire una rappresentazione coerente e tridimensionale del comportamento dei versanti franosi. Il progetto punta inoltre a sviluppare un ambiente di visualizzazione e analisi interattiva (Dashboard) in grado di rendere disponibili queste informazioni in modo intuitivo, interoperabile e scientificamente rigoroso.

Problemi e necessità

Le frane sono fenomeni complessi, influenzati da una molteplicità di fattori come composizione e geometria del sottosuolo, pressione interstiziale, deformazioni profonde, condizioni climatiche e processi erosivi superficiali. La mancanza di sistemi integrati di interpretazione ostacola la capacità di identificare cause, evoluzioni e soglie critiche. È perciò necessario un modello unificato

che trasformi informazioni sparse in conoscenza operativa, riducendo incertezze e facilitando interventi mirati, soprattutto per territori caratterizzati da forte instabilità geotecnica.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha realizzato una struttura di modellazione che parte dalla costruzione di un modello concettuale della frana e integra dati eterogenei. Si basa su un sistema di informazioni geolocalizzate (GIS) che aggrega e armonizza test geofisici, topografie, dati di danni strutturali, misura delle pressioni interstiziali, spostamenti superficiali e profondi, variabili climatiche e modelli digitali del terreno. Tutte queste componenti convergono in un modello dotato di dashboard interattiva che permette visualizzazione, analisi e interoperabilità dei dati. L'intero impianto costituisce un Digital Twin del versante, capace di rappresentare dinamicamente l'evoluzione del fenomeno franoso.

Impatti

Grazie al progetto, è possibile un salto di qualità nella previsione dei fenomeni franosi e nella gestione dei dissesti. Il Digital Twin facilita l'individuazione delle superfici di scorrimento, la definizione dei cinematismi e il monitoraggio degli effetti legati a pressioni idriche e condizioni meteorologiche. Questo approccio può ridurre significativamente il rischio per le comunità, minimizzare danni a infrastrutture e abitazioni, e guidare interventi mirati di stabilizzazione. La capacità di fornire rappresentazioni interattive e leggibili favorisce inoltre una comunicazione efficace verso stakeholder, enti locali e popolazioni esposte.

Settori che possono beneficiare

Le applicazioni del Digital Twin realizzato si estendono alla **Protezione Civile, alla pianificazione territoriale, al monitoraggio idrogeologico, alla gestione di opere infrastrutturali, alla salvaguardia dei centri abitati e alla prevenzione dei rischi naturali**. La metodologia è replicabile in altri versanti instabili e può essere integrata in sistemi più ampi di Digital Twin a livello urbano e territoriale.

Crystal

Aree Tematiche: Materials; Fundamental research; Software; Computing and storage infrastructure

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Adattamento software di simulazione quantistica (CRYSTAL) architetture HPC e GPU di nuova generazione per simulazioni più rapide e accurate delle proprietà dei materiali

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 7

Partner: Università di Torino

Sintesi del progetto

Crystal è un codice storico per la simulazione delle proprietà dei materiali, sviluppato e utilizzato dalla comunità scientifica internazionale da diversi decenni. Il progetto ha sostenuto l'evoluzione del software, rendendolo compatibile con le architetture di calcolo più avanzate e rafforzandone il ruolo come strumento di riferimento nella simulazione dei solidi.

Obiettivo

Il progetto si propone di migliorare l'efficienza e la scalabilità delle simulazioni dei materiali, così da rendere possibile lo studio di sistemi più complessi e realistici, mantenendo un elevato livello di accuratezza nei risultati. L'evoluzione di CRYSTAL e la sua capacità sfruttare risorse HPC permetterà quindi di affrontare problemi sempre più complessi.

Problemi e necessità

La progettazione di materiali avanzati richiede un livello di dettaglio che solo i metodi di simulazione quantomeccanici possono garantire. Tuttavia, tali metodi sono estremamente costosi dal punto di vista computazionale. Adattare un codice storico come CRYSTAL per l'esecuzione su architetture moderne, in particolare GPU e cluster HPC, è perciò fondamentale per mantenere competitività scientifica e capacità predittiva.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha aggiornato CRYSTAL integrando nuove funzionalità e adattandolo a piattaforme moderne basate su GPU. Questo ha migliorato l'efficienza computazionale, permettendo simulazioni più veloci e aumentando il numero di proprietà calcolabili. Le soluzioni sviluppate nel progetto sono state inoltre disponibili pubblicamente e possono essere integrate in altri software di simulazione.

Impatti

L'accelerazione delle simulazioni garantita dalla nuova versione di CRYSTAL riduce i tempi necessari per esplorare nuovi materiali e comprenderne il comportamento. Le ricadute riguardano settori strategici come energia, ambiente, elettronica e farmaceutica, dove la progettazione dei materiali è un fattore chiave.

Settori di applicazione

I benefici derivanti dal progetto sono rilevanti per la **Ricerca Accademica, l'Industria dei materiali avanzati e i settori Energetico, Farmaceutico, delle Tecnologie Ambientali e dei Semiconduttori**. Le innovazioni software sono open source e replicabili da università, enti pubblici, aziende e sviluppatori. L'uso sempre più diffuso di questi strumenti potenzierà la capacità del Paese di rimanere competitivo nel campo delle simulazioni quantistiche e dell'HPC applicato alla scienza dei materiali.

PLUMED: a software plugin for molecular dynamics simulations

Aree Tematiche: Materials; Health/Medicine; Fundamental research; Software; Computing and storage infrastructure

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Estensione software integrabile nei principali risolutori di Dinamica Molecolare per l'analisi avanzata e il miglioramento del campionamento nelle simulazioni

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 7

Partner: SISSA

Sintesi del progetto

PLUMED è un plugin ampiamente utilizzato a livello internazionale per ampliare le funzionalità dei principali codici di dinamica molecolare. Il progetto si è concentrato sul mantenimento e sull'evoluzione del software, rendendolo più flessibile e adatto alle architetture di calcolo moderne, così da continuare a supportare una comunità scientifica molto ampia.

Obiettivo

Il progetto mira a fornire un'infrastruttura software affidabile, potente e flessibile che permetta agli utenti di assegnare proprietà fisiche complesse alle componenti del materiale o delle molecole (coordinate collettive), applicare tecniche avanzate per campionare configurazioni differenti dei materiali oggetto di studio (enhanced sampling) e analizzare accuratamente i dati prodotti dalle simulazioni molecolari.

Problemi e necessità

Le simulazioni di dinamica molecolare sono spesso limitate dalla difficoltà di esplorare processi lenti o rari. Senza strumenti dedicati, molti fenomeni biologici e materiali restano fuori dalla portata delle simulazioni standard, richiedendo grandi quantità di risorse computazionali.

Soluzioni sviluppate

Le attività del progetto hanno reso il codice PLUMED più efficiente, più compatto e più

modulare. Sono state introdotte nuove componenti e migliorati strumenti già esistenti per permettere una maggiore interoperabilità con i principali motori di dinamica molecolare. Sono state inoltre realizzate estensioni che migliorano la definizione delle coordinate collettive e degli algoritmi di analisi, mantenendo al tempo stesso il codice scalabile su architetture HPC moderne. Questi interventi permettono di sfruttare meglio le infrastrutture HPC e di ridurre i tempi necessari per ottenere risultati scientificamente significativi.

Impatti

I miglioramenti apportati dal progetto a PLUMED rafforzano la capacità della comunità scientifica di studiare materiali avanzati, processi chimici complessi, interazioni biomolecolari e fenomeni rari in maniera accurata e riproducibile. Ciò accelera la scoperta di nuovi materiali per l'energia, tecnologie ambientali, terapie farmacologiche e sistemi catalitici innovativi. L'investimento nel tool ha perciò un impatto diretto sulla competitività nazionale e favorisce il ruolo dell'Italia come punto di riferimento nella chimica computazionale e nella simulazione molecolare.

Settori di applicazione

Essendo open source, l'estensione sviluppata è replicabile e riutilizzabile da **Università, Istituti di Ricerca, Aziende Farmaceutiche, Industria dei materiali e centri HPC**. Le tecnologie sviluppate nel progetto possono inoltre essere trasferite a diversi altri settori, inclusi Intelligenza Artificiale applicata alla chimica, modellazione multiscala e progettazione di catalizzatori complessi.

Quantum ESPRESSO

Aree Tematiche: Materials; Fundamental research; Software; Computing and storage infrastructure; Energy

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Piattaforma open source per la simulazione quantistica dei materiali a scala atomistica ottimizzata per architetture di Supercalcolo moderne

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 7

Partner: SISSA; CNRIOM; CINECA

Sintesi del progetto

Quantum ESPRESSO (QE) è uno dei codici più diffusi al mondo per la simulazione quantistica dei materiali. Il progetto ha rafforzato lo sviluppo e l'ottimizzazione del software, garantendone la piena efficienza sulle infrastrutture HPC di nuova generazione e consolidando il ruolo dell'Italia come riferimento internazionale nella simulazione computazionale dei materiali.

Obiettivo

L'obiettivo del progetto è migliorare l'efficienza, portabilità, la scalabilità su architetture di calcolo avanzate e la facilità d'uso di Quantum ESPRESSO. L'aggiornamento del software consentirebbe infatti simulazioni accurate delle proprietà dei materiali direttamente a partire dalle leggi della meccanica quantistica

Problemi e necessità

Molti materiali di interesse tecnologico o scientifico sono difficili o impossibili da studiare sperimentalmente. È solo grazie alle simulazioni quantistiche è infatti possibile prevederne proprietà come stabilità, durezza, conducibilità o comportamento elettronico, per implementare le quali sono tuttavia necessari codici altamente ottimizzati e risorse di supercalcolo.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha curato l'evoluzione del codice per renderlo più scalabile, efficiente e compatibile con le più moderne piattaforme HPC. L'attività ha integrato nuove funzionalità per la

simulazione di materiali avanzati, migliorato algoritmi numerici fondamentali, rafforzato l'architettura modulare e migliorato il supporto per calcolo parallelo e accelerato.

Impatti

Quantum ESPRESSO è utilizzato da decine di migliaia di ricercatori nel mondo e supporta avanzamenti in settori chiave come microelettronica, energia, catalisi, geologia e scienza dei materiali. Il mantenimento e l'evoluzione del codice riducono i tempi di scoperta di nuovi materiali, migliorano l'efficienza energetica dei calcoli e rafforzano la competitività scientifica e industriale.

Settori di applicazione

I benefici generati dal progetto si estendono alla **Ricerca Accademica, all'Industria High Tech, alle aziende nel settore Energetico, ai Laboratori di Chimica Computazionale e alle Industrie Farmaceutiche**. Le ottimizzazioni del codice possono inoltre essere integrate da altri sviluppatori e adattate a contesti specifici. Quantum ESPRESSO rimane un pilastro fondamentale della ricerca computazionale internazionale, e le evoluzioni introdotte nel progetto rafforzano il ruolo dell'Italia come riferimento nella scienza dei materiali e nel software scientifico HPC.

Yambo – an open source community code for excited state properties

Aree Tematiche: Materials; Fundamental research; Software; Computing and storage infrastructure; Energy

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Ottimizzazione codice open source (Yambo) per la simulazione degli stati eccitati della materia ottimizzato per architetture GPU

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 7

Partner: CNR – Istituto Nanoscienze; CNR – Istituto Struttura della Materia

Sintesi del progetto

Yambo è un software di riferimento a livello internazionale per lo studio delle eccitazioni elettroniche nei materiali. Il progetto si è concentrato sull'ottimizzazione del codice, che è stato adattato per l'esecuzione su architetture GPU, e sull'aggiunta di nuove funzionalità scientifiche, trasformando Yambo in uno strumento pienamente pronto per la produzione su sistemi HPC avanzati.

Obiettivo

L'obiettivo del progetto è rendere Yambo accessibile e performante per la comunità italiana e internazionale che opera nel campo della struttura elettronica, e in particolare per lo studio degli stati eccitati con approcci a molti corpi.

Problemi e necessità

I calcoli di stato eccitato sono tra i più onerosi in fisica della materia condensata. L'adozione di nuove architetture HPC, in particolare GPU, richiede un intenso lavoro di adattamento alle architetture accelerate (porting), ottimizzazione e manutenzione del software, senza il quale l'accesso a queste risorse resterebbe limitato.

Soluzioni sviluppate

Nell'ambito del progetto sono state implementate nuove funzionalità scientifiche ampliando il campo di applicazioni del codice. Il porting è stato reso possibile mediante una strategia di

performance portability che utilizza tre modelli di programmazione supportati da una libreria dedicata sviluppata internamente.

Impatti

Yambo consente alla comunità scientifica di studiare in modo accurato proprietà ottiche e processi di eccitazione in materiali avanzati e sistemi bidimensionali, fondamentali per settori come quello energetico, dei dispositivi optoelettronici, e per la scienza dei semiconduttori. L'ottimizzazione del codice su GPU non solo riduce i costi computazionali, ma contribuisce a un uso più sostenibile dell'HPC grazie a un migliore rapporto prestazioni/per watt. Il miglioramento di questo software rappresenta anche un valore per la comunità internazionale della scienza dei materiali, garantendo la possibilità di condurre ricerche avanzate su questioni scientifiche di grande rilevanza tecnologica.

Settori di applicazione

Il progetto ha ricadute immediate per i ricercatori attivi nella **Fisica della Materia, nella Chimica Teorica, nei Materiali per l'Energia e nelle Nanotecnologie**. L'approccio open source permette a università, centri di ricerca, aziende hightech e gruppi industriali di riutilizzare il codice, adattarlo o integrarne parti in altri progetti scientifici. Anche gli sviluppatori possono trarre vantaggio dalle strategie di porting GPU e dalle lezioni apprese nel progetto, che costituiscono oggi una base di conoscenza preziosa per chi sviluppa software scientifico su HPC avanzato.

BoneStrength

Aree Tematiche: Health/Medicine; Fundamental research; Computing and storage infrastructure; Engineering (applications)

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Piattaforma di **trial in silico** su larga scala per la prevenzione delle fratture dovute a fragilità ossea

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 8

Partner: Università di Bologna

Sintesi del progetto

BoneStrength affronta una delle principali legate all'invecchiamento che la sanità pubblica si trova oggi ad affrontare, ovvero la prevenzione delle fratture dell'anca. Il progetto supera i limiti degli approcci basati solo sulla densità minerale ossea, sviluppando una piattaforma computazionale che simula in modo realistico l'interazione tra cadute, dinamica dell'impatto, resistenza dell'osso e adesione ai trattamenti.

Obiettivo

L'obiettivo centrale del progetto è sviluppare uno strumento in grado di stimare in modo quantitativo quante fratture dell'anca possono essere realmente prevenute nel lungo periodo attraverso l'adozione di diverse strategie - farmacologiche, programmi di prevenzione delle cadute, protettori d'anca e loro combinazioni - prima di avviare studi clinici lunghi e costosi.

Problemi e necessità

La maggior parte delle fratture avviene in persone che non rientrano nei criteri classici di osteoporosi. Inoltre, gli effetti reali degli interventi dipendono da molti fattori combinati (frequenza delle cadute, dinamica dell'impatto, fragilità individuale, aderenza). Gli studi clinici necessari per quantificare l'efficacia di interventi alternativi o complementari hanno costi elevati, lunghi followup e molti limiti operativi. Esiste quindi una forte domanda di strumenti affidabili che permettano confronti realistici tra strategie prima di avviare studi complessi e costosi.

Soluzioni sviluppate

BoneStrength ha consolidato un workflow completo che combina: un modello fisico della resistenza del femore; un modello probabilistico che genera sequenze realistiche di cadute nell'arco degli anni; un modello meccanicistico che stima l'esito (frattura/non frattura) in base alle forze d'impatto, alla postura e alla variabilità individuale; moduli per simulare l'effetto dei trattamenti, dei programmi di esercizio e dei dispositivi di protezione dell'anca (hip protectors) con diversi livelli di aderenza. Con questo sistema sono state condotte analisi comparative tra trattamenti e programmi di prevenzione cadute, ed è stata quantificata per la prima volta in modo robusto l'influenza dell'aderenza all'uso dei protettori d'anca.

Impatti

La piattaforma permette confronti rapidi e realistici tra strategie preventive, supportando una migliore progettazione degli studi clinici e una più efficiente allocazione delle risorse sanitarie. I benefici potenziali includono meno fratture, minori costi sanitari, riduzione della disabilità e maggiore autonomia negli anziani.

Settori di applicazione

Il framework sviluppato è riutilizzabile da **Università, Centri di Ricerca, Ospedali e Istituzioni Pubbliche** dotate di dati clinici e accesso a risorse HPC. Il metodo è generalizzabile ad altri tipi di fratture da fragilità e, più in generale, ad ambiti in cui l'esito clinico è determinato dalla combinazione di vulnerabilità biologica e rischi ambientali ripetuti. Gli strumenti sviluppati sono pensati per essere estensibili, automatizzabili e condivisibili, aprendo la strada a una più ampia diffusione dell'approccio in silico nella ricerca clinica e nella medicina preventiva.

Digital twins: Atax-BDT

Aree Tematiche: Health/Medicine; Artificial Intelligence; Computing and storage infrastructure; Fundamental research

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Digital Twin del cervello basati su neuroimaging, connettività cerebrale e simulazioni dinamiche personalizzate

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 8

Partner: Università di Pavia

Sintesi del progetto

Il progetto intende fornire soluzioni per il trattamento delle atassie cerebellari, un gruppo di malattie rare che compromettono movimento, equilibrio e spesso anche funzioni cognitive. A tale scopo, il suo obiettivo è quello di costruire Digital Twin cerebrali di ciascun paziente, capaci di spiegare come il danno cerebellare si traduca in specifiche alterazioni delle reti cerebrali e in differenti profili clinici e neuropsicologici.

Obiettivo

L'obiettivo del progetto è offrire uno strumento più oggettivo e personalizzato per comprendere le atassie, andando oltre la semplice diagnosi clinica o genetica. Attraverso i gemelli digitali si vuole spiegare perché alcune forme, come la Joubert Syndrome, mostrano sintomi meno gravi rispetto alle varianti progressive, e come differenze nelle reti cerebrali possano guidare trattamenti e percorsi riabilitativi più mirati.

Problemi e necessità

Le atassie cerebellari presentano un quadro clinico molto variabile, difficile da interpretare solo con esami tradizionali. Le cause genetiche sono spesso diverse, ma i sintomi possono risultare simili. Mancano strumenti in grado di mostrare con chiarezza quali reti cerebrali siano intatte, quali compromesse e quali possano compensare i danni. Servono quindi metodi nuovi che aiutino i clinici a comprendere meglio

ogni paziente e ad adattare le terapie in modo più preciso.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha costruito per ogni partecipante un gemello digitale del cervello, combinando immagini prodotte da Risonanza Magnetica (Magnetic Resonance Imaging - MRI), dati sulla connettività e simulazioni dinamiche. I risultati mostrano che i diversi tipi di atassia alterano in modo specifico alcune reti cerebrali. Le forme progressive colpiscono soprattutto le aree legate al movimento, spiegando i deficit più marcati. La Joubert Syndrome coinvolge invece reti dell'attenzione, ma mantiene alcune capacità grazie a meccanismi compensatori. I parametri del Digital Twin permettono inoltre di prevedere prestazioni motorie e cognitive e distinguere i gruppi di pazienti tra loro.

Impatti

L'approccio sviluppato apre la strada a una medicina più personalizzata. I gemelli digitali permettono di immaginare percorsi riabilitativi più adatti a ogni individuo e, in futuro, anche di simulare interventi mirati prima di applicarli realmente. Le informazioni ottenute possono aiutare i clinici a prevedere l'evoluzione dei sintomi e a scegliere strategie più efficaci, migliorando la qualità di vita di chi convive con queste malattie. Inoltre, favorisce innovazione tecnologica nel campo delle neuroscienze e supporta l'uso di infrastrutture HPC per applicazioni biomedicali.

Settori di applicazione

La metodologia è replicabile in **Ospedali, Università e Centri di Ricerca, e può essere estesa allo studio di altre malattie neurologiche**. Potrà sostenere diagnosi più accurate, percorsi terapeutici personalizzati e simulazioni utili sia alla clinica sia alla ricerca scientifica.

UISS-MS

Aree Tematiche: Health/Medicine; Artificial Intelligence; Computing and storage infrastructure; Fundamental research

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Piattaforma in silico per la generazione di previsioni personalizzate sulla progressione della Sclerosi Multipla (MS)

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 8

Partner: Università di Catania (UNICT)

Sintesi del progetto

UISS-MS nasce per affrontare una grande sfida nella cura della sclerosi multipla: la forte variabilità della malattia tra le persone. I pazienti possono infatti avere evoluzioni molto diverse e le terapie non funzionano allo stesso modo per tutti. Il progetto sviluppa un modello digitale che usa i dati reali dei pazienti per simulare come la malattia potrebbe evolvere e come diversi trattamenti potrebbero influenzarne il decorso. Questo approccio vuole aiutare i clinici a prendere decisioni più rapide e mirate, evitando percorsi di cura basati su tentativi successivi.

Obiettivo

L'obiettivo principale del progetto è trasformare l'ampia quantità di informazioni disponibili per ogni paziente in previsioni comprensibili e utili per chi deve prendere decisioni terapeutiche. UISS-MS vuole offrire un supporto concreto ai medici, aiutandoli a capire meglio i rischi di progressione, l'efficacia attesa dei trattamenti e il possibile impatto della riabilitazione. Questo permette di rendere la gestione della malattia più personalizzata e proattiva.

Problemi e necessità

La Sclerosi Multipla è una malattia complessa, che cambia nel tempo e che coinvolge aspetti clinici, neurologici e funzionali difficili da interpretare insieme. Senza strumenti predittivi, i percorsi terapeutici rischiano di essere lenti e non sempre ottimizzati. Le terapie efficaci esistono, ma non è sempre possibile prevedere

in anticipo la loro efficacia su pazienti diversi. Serve quindi una tecnologia che aiuti a leggere e unire i dati per fornire una visione più chiara e utile.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha costruito un primo prototipo capace di simulare l'andamento della malattia per ogni paziente e di confrontare diversi scenari di cura. In questo contesto, è stato sviluppato un sistema che raccoglie e armonizza dati molto diversi tra loro, come visite cliniche, immagini MRI e misure funzionali. Le simulazioni permettono di stimare rischi di peggioramento, potenziali benefici dei trattamenti e possibili effetti della riabilitazione. I risultati iniziali sono stati verificati su dati reali e resi disponibili ai clinici tramite report e pannelli intuitivi.

Impatti

UISS-MS può aiutare i pazienti a ricevere cure più mirate e tempestive. Una migliore previsione dell'evoluzione clinica può infatti tradursi in trattamenti più adatti e a una migliore pianificazione della riabilitazione, riducendo il rischio di peggioramenti evitabili e il peso per le famiglie. Per i sistemi sanitari, significa ridurre costi e sprechi, evitando interventi poco efficaci e favorendo percorsi più sostenibili. L'approccio sviluppato può anche accelerare la ricerca, permettendo di testare digitalmente diverse strategie prima di avviare studi clinici complessi.

Settori di applicazione

La piattaforma è pensata per essere riutilizzabile in **Ospedali, Centri Clinici e Università**. Il metodo può essere applicato anche ad altre malattie croniche che richiedono interpretazione di molti dati nel tempo e scelte terapeutiche personalizzate. Per il mondo della ricerca, UISS-MS rappresenta un nuovo modo di progettare studi e valutare interventi, riducendo costi e tempi.

WP4 – Genome bioinformatic pipelines for GPUbased HPC infrastructures

Aree Tematiche: Health/Medicine; Future HPC

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Analisi scalabili di dati relativi al sequenziamento dell'espressione genica di singole cellule (single-cell RNA-seq) ottimizzate per infrastrutture GPU e sistemi HPC

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 8

Partner: UNIPD, UNIPV, UNIFE, INFN, UNIBO, UNITO, UNIBA, IIT, CNR

Sintesi del progetto

Il progetto nasce dalla crescente diffusione degli studi prodotti dalle nuove tecniche di sequenziamento dell'espressione genica di singole cellule (single-cell RNA-seq), che oggi possono produrre dati enormi, con dati relativi a centinaia di migliaia o milioni di cellule. Analizzare dataset così grandi diventa difficile e richiede strumenti più veloci, più stabili e in grado di funzionare su sistemi di calcolo avanzati. L'obiettivo del progetto è capire quali siano le tecnologie più adatte per affrontare e migliorare le analisi, sfruttando le potenzialità delle GPU e delle infrastrutture HPC.

Obiettivo

Il progetto mira a rendere l'analisi di dataset che riuniscono le informazioni genetiche relative alle singole cellule (single-cell) più rapida e accessibile. Il progetto vuole fornire indicazioni chiare su quali strumenti usare, quali passaggi influenzano di più la qualità dei risultati e come sfruttare al meglio l'hardware disponibile, al fine di aiutare ricercatori e laboratori a lavorare con dataset sempre più complessi senza perdere accuratezza o tempo.

Problemi e necessità

Gli esperimenti single-cell generano quantità di dati sempre maggiori, che metodi tradizionali basati su CPU non riescono sempre a gestire in tempi utili. Inoltre, alcune scelte analitiche, come il tipo di tecnica di analisi adottata o la selezione dei geni più variabili, possono cambiare

in modo significativo il risultato finale. Serve quindi un confronto diretto tra i diversi approcci per capire quali siano più efficienti e affidabili.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha confrontato diversi strumenti molto usati per l'analisi single-cell, valutando tempi di esecuzione, memoria richiesta e accuratezza. I test hanno mostrato come le pipeline basate su GPU permettano di velocizzare l'analisi anche di quindici volte rispetto ai metodi standard, mantenendo risultati affidabili. È stato inoltre possibile capire quali scelte analitiche rendono l'analisi più stabile e quali influenzano maggiormente la precisione del clustering. Queste informazioni sono state trasformate in linee guida pratiche per la comunità.

Impatti

Il lavoro svolto aiuta i ricercatori a interpretare più facilmente i dati single-cell, che sono fondamentali per capire meglio come funzionano i tessuti, come si sviluppano le malattie e quali terapie possono essere più efficaci. Analisi più rapide permetteranno inoltre di ottenere risposte in meno tempo e con maggiore stabilità, favorendo progressi nella ricerca biomedica e nella medicina di precisione. A lungo termine, questi miglioramenti potranno contribuire a diagnosi migliori e a nuove strategie terapeutiche.

Settori di applicazione

Le linee guida e le tecniche sviluppate possono essere adottate da **Università, Centri di Ricerca, Ospedali e Aziende Biotech**. La metodologia è replicabile perché si basa su strumenti opensource e passaggi analitici standard. Inoltre, lo stesso approccio può essere usato anche per altri tipi di dati genomici o per dataset molto grandi in altri ambiti della ricerca.

WP6 – Drug-target studies and drug repurposing

Aree Tematiche: Health/Medicine; Artificial Intelligence; Computing and storage infrastructure; Fundamental research

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Piattaforma integrata per l'identificazione di nuovi target farmacologici e opportunità di riutilizzo dei farmaci basata sull'analisi dati genomici dei pazienti della struttura e dinamica di proteine patologiche

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 8

Partner: Università di Pavia (UNIPV); Università di Torino (UNITO); CNR; IIT; Università di Bologna (UNIBO); Università di Catania (UNICT); Università di Padova (UNIPD); Università di Bari (UNIBA)

Sintesi del progetto

WP6 intende fornire soluzioni a una delle sfide centrali della medicina personalizzata, la possibilità di trasformare le informazioni genomiche del singolo paziente in scelte terapeutiche mirate. Integrando dati omici con modelli strutturali delle proteine e simulazioni dinamiche, il progetto costruisce un workflow che consente di comprendere come specifiche varianti genetiche alterino la funzione proteica e rendano selettivamente "aggredibili" determinati siti farmacologici.

Obiettivo

L'obiettivo del progetto è creare un metodo chiaro e utilizzabile per collegare il profilo genetico di un paziente al modo in cui una proteina si modifica e diventa dannosa. Questo permette di trovare farmaci più mirati e potenzialmente più efficaci. WP6 punta a rendere questo processo ripetibile e applicabile a molte condizioni diverse, facilitando lo sviluppo di terapie personalizzate.

Problemi e necessità

Molte malattie, in particolare quelle oncologiche, si sviluppano in maniera differente sulla base delle specificità di ogni singolo paziente.

Lo stesso gene mutato può infatti esprimersi con diversi effetti, un aspetto che rende non sempre efficace l'azione dei trattamenti generici. Per capire quali farmaci potrebbero essere più adatti a un singolo paziente servono strumenti che uniscano genetica, biologia delle proteine e analisi computazionale avanzata.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha creato un consorzio di ricercatori con competenze complementari che riescono a collegare i dati genetici dei pazienti ai modelli strutturali delle proteine. Attraverso simulazioni mirate, sono stati individuati nuovi composti in grado di modificare il comportamento di una proteina associata al cancro. Una metodologia che ha mostrato risultati promettenti e a partire dalla quale è stata sviluppata una piattaforma che può essere applicata immediatamente anche ad altre proteine e ad altre malattie.

Impatti

I risultati ottenuti da WP6 aprono la strada allo sviluppo di farmaci personalizzati, pensati per rispondere alle esigenze specifiche dei pazienti. Inoltre, dato che molti dei composti studiati sono farmaci già approvati, è possibile riutilizzarli in nuove condizioni cliniche, abbreviando tempi e costi rispetto allo sviluppo di nuove molecole. Questo approccio può diventare uno strumento importante per progettare terapie più rapide, sicure ed efficaci.

Settori di applicazione

La piattaforma sviluppata è completamente aperta e può essere adottata da Università, Centri Clinici, Aziende Farmaceutiche e Gruppi di Ricerca. Il suo utilizzo può essere esteso a diverse patologie, soprattutto quando la genetica del paziente gioca un ruolo decisivo nella risposta ai farmaci. Favorisce inoltre la formazione di giovani ricercatori con competenze integrate tra chimica, biologia, simulazione e data science, fondamentali per il futuro della medicina personalizzata.

DT reference architecture / Bologna

Mobility Digital Twin prototype (BoMoDT)

Aree Tematiche: Mobility; Society and Smart Cities; Infrastructure; Industry; Engineering (applications)

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Architettura di riferimento per Urban Digital Twin (UDT) e prototipo operativo di Digital Twin per la mobilità urbana della città di Bologna (BoMoDT)

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 9

Partner: Università di Napoli Federico II (UNINA)

Sintesi del progetto

Il Work Package 2 (WP2) dello Spoke 9 mira a progettare e sviluppare strumenti avanzati in grado di raccogliarli, interpretarli e usarli in modo coordinato i dati generati quotidianamente dalle città attraverso sensori, dispositivi IoT e servizi digitali, con l'intento di fornire supporto e abilitare la gestione efficace in modo efficace traffico, energia, servizi pubblici e infrastrutture. In questo contesto, il WP2 ha realizzato soluzioni basate sui **Digital Twin**, cioè modelli digitali che rappresentano in tempo reale ciò che accade nel mondo fisico. Questi modelli permettono infatti di osservare il presente, prevedere scenari futuri e valutare l'effetto di diverse scelte senza influenzare la città reale.

Obiettivo

L'obiettivo dei progetti DT reference architecture e BoMoDT condotti nell'ambito del WP2 di Spoke 9 è fornire un'architettura chiara, semplice e valida per qualunque ambito urbano e realizzare, a partire da essa, un prototipo di Digital Twin per la mobilità urbana della città di Bologna.

Problemi e necessità

Le amministrazioni devono affrontare traffico, inquinamento, spreco di risorse e difficoltà nella gestione integrata dei servizi urbani. I sistemi attuali, spesso separati tra loro e limitati a singoli domini o piattaforme, rendendo difficile l'estensione ad altri servizi urbani e la cooperazione tra attori diversi e non consentono risposte rapide né una visione completa del funzionamento della città.

Soluzioni sviluppate

Il lavoro svolto ha consentito di definire una architettura di riferimento in grado di rappresentare i componenti fondamentali di un Digital Twin urbano. L'architettura copre l'intero ciclo di vita dei dati, dalla raccolta nel mondo fisico alla visualizzazione tramite dashboard intuitive, fino all'invio di comandi verso dispositivi reali. Per dimostrare il funzionamento del modello è stato sviluppato BoMoDT, il gemello digitale della mobilità di Bologna. Questo prototipo utilizza dati reali dei sensori stradali e simula i flussi di traffico tramite un motore opensource, riproducendo le condizioni della viabilità e consentendo di valutare possibili interventi. BoMoDT permette di monitorare il traffico in tempo reale e, quando necessario, inviare comandi a dispositivi come semafori. Un'interfaccia grafica basata su dashboard consente inoltre agli operatori di osservare la situazione della città, confrontare scenari e prendere decisioni consapevoli.

Impatti

Le soluzioni sviluppate offrono la possibilità di rendere le città più efficienti, riducendo sprechi e migliorando la qualità della vita. Nel caso della mobilità può portare a meno congestione, spostamenti più rapidi e una diminuzione delle emissioni. BoMoDT favorisce inoltre una migliore pianificazione urbana, aiutando a valutare l'impatto di lavori, modifiche ai sensi di marcia o nuovi servizi senza rischi reali. La stessa metodologia può essere applicata anche ad altri ambiti come energia, rifiuti, sicurezza pubblica o gestione delle emergenze.

Settori di applicazione

La flessibilità delle soluzioni sviluppate permette a Comuni, Aziende di Servizi, Università e Centri di Ricerca di adattarle ai propri bisogni. L'architettura di riferimento per Digital Twin Urbani è costruita con strumenti opensource ed è quindi accessibile anche a realtà con risorse limitate. La stessa architettura può essere riutilizzata per creare Digital Twin in altri settori industriali, nella sanità o nella gestione ambientale, favorendo una maggiore integrazione dei dati e decisioni più efficaci.

AI-based Driver Monitoring

Aree Tematiche: Mobility; Security; Society and Smart Cities; Artificial Intelligence; Engineering (applications)

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Sistema di Intelligenza Artificiale per il monitoraggio e rivelazione di distrazione e stress dei conducenti

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 9

Partner: Università di Milano-Bicocca

Sintesi del progetto

Il progetto offre soluzioni avanzate per limitare le principali cause di incidenti stradali, quali distrazione, affaticamento e stress del conducente. L'approccio e le metodologie proposte mirano a superare i metodi tradizionali, che non consentono una valutazione continua e in tempo reale, attraverso l'utilizzo di Intelligenza Artificiale e sensori non invasivi, per monitorare lo stato cognitivo ed emotivo del guidatore durante la guida, migliorando sicurezza stradale e benessere.

Obiettivo

L'obiettivo è creare un sistema automatico che osservi il volto del guidatore e raccolga alcuni segnali fisiologici, come battito cardiaco e sudorazione, per capire se la persona è stanca, distratta o sotto stress. Il sistema è pensato per essere facile da installare, adattabile a diversi veicoli e in grado di aiutare a intervenire prima che si crei una situazione pericolosa. Aspetti che permettono anche di migliorare il benessere del guidatore e favorire uno stile di guida più sicuro.

Problemi e necessità

La diffusione di smartphone, lunghi tragitti e ritmi di vita intensi rendono sempre più frequenti distrazioni e cali di attenzione. Le case automobilistiche e i regolatori europei chiedono oggi sistemi capaci di monitorare continuamente lo stato del guidatore, senza interferire con la guida o creare disagio. Serve quindi una tecnologia che sia precisa, non invasiva e adatta a funzionare su diversi modelli di veicoli.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha portato alla creazione un simulatore di guida per raccogliere dati in modo controllato, così da studiare in dettaglio situazioni di stress e distrazione. A seguito della registrazione di numerosi comportamenti reali, integrando immagini, battito cardiaco e risposta galvanica della pelle, è stato possibile addestrare un modello di Deep Learning in grado di riconoscere cambiamenti nel volto del guidatore anche con diverse angolazioni della telecamera. I primi test hanno mostrato che il sistema riesce a individuare i segnali più importanti e a interpretarli in modo efficace. Grazie alle sue dimensioni ridotte, il modello può funzionare anche su dispositivi poco potenti, rendendolo adatto a un uso quotidiano all'interno del veicolo.

Impatti

I risultati ottenuti possono aiutare a prevenire incidenti avvisando il guidatore in caso di distrazione o affaticamento. Il sistema può inoltre suggerire stili di guida più rilassati ed efficienti, riducendo consumi e stress. Nel lungo periodo potrebbe dare origine ad assicurazioni più personalizzate e più eque, basate sulla qualità reale della guida. Per i veicoli commerciali, il sistema può contribuire a diminuire i rischi per gli autisti professionisti e per le flotte. Inoltre, può supportare i veicoli dotati di funzioni di guida assistita (semi autonomia) nel valutare quando è sicuro restituire il controllo al guidatore.

Settori di applicazione

La tecnologia può essere adottata da **Case Automobilistiche, Aziende di Trasporti, Centri di Ricerca e anche da enti che si occupano di sicurezza su strada**, adattandosi ad altri settori dove è importante monitorare l'attenzione di chi opera in contesti sensibili, come macchinari industriali o attività a rischio. La documentazione scientifica permette la sua replica da parte di università e gruppi di ricerca.

Development of Services for the Mobility Management Decision Support System

Aree Tematiche: Mobility; Society and Smart Cities; Infrastructure; Artificial Intelligence; Engineering (applications)

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Insieme di servizi intelligenti servizi digitali basati su modelli di traffico, analisi dei rischi e previsione dei comportamenti di mobilità urbana

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 9

Partner: FBK; Università di Napoli Federico II; Università di Bologna

Sintesi del progetto

Il progetto, maturato nell'ambito del WP5 dello Spoke 9, mira a fornire strumenti avanzati per supportare le decisioni dei mobility manager nelle città. L'approccio adottato integra dati eterogenei provenienti da sensori stradali, veicoli connessi e fonti di mobilità urbana per costruire servizi in grado di prevedere il traffico, migliorare la sicurezza degli utenti vulnerabili e simulare l'impatto di politiche di mobilità sostenibile.

Obiettivo

L'obiettivo del progetto è creare strumenti utili ai decisori pubblici per prevedere il traffico, monitorare la sicurezza e comprendere i comportamenti di mobilità dei cittadini. Si vuole offrire un supporto concreto per gestire situazioni quotidiane, ma anche eventi straordinari ed emergenze. Il progetto punta inoltre a favorire scelte più sostenibili, come spostamenti a piedi, in bici o con mezzi condivisi, mostrando in anticipo quali effetti potrebbero avere sul traffico e sulla qualità dell'aria.

Problemi e necessità

Le città devono oggi gestire fenomeni come il traffico crescente, incidenti che coinvolgono utenti vulnerabili e flussi di mobilità sempre più variabili. Le biciclette e i monopattini, pur essendo mezzi più sostenibili, risultano anche più esposti ai rischi. Senza strumenti predittivi adeguati e senza una visione unificata dei dati provenienti dai sensori, le decisioni vengono non possono quindi che risultare incomplete e tardive.

Soluzioni sviluppate

L'attività svolta nell'ambito del WP5 dello Spoke 9 ha consentito la realizzazione tre dimostratori che mostrano come i nuovi strumenti possano essere applicati nella realtà. Il primo permette di effettuare previsioni del traffico a 4 ore acquisendo dati prodotti sensori stradali dai veicoli in movimento. Il secondo integra sensori di internet of Things (IoT) e modelli predittivi per monitorare i conflitti stradali e migliorare la sicurezza degli utenti della micromobilità. Il terzo analizza gli spostamenti in città attraverso dati GPS anonimi, evidenziando comportamenti ricorrenti e differenze tra gruppi di utenti. Questi strumenti mostrano come i dati possano essere trasformati in indicazioni pratiche per ridurre incidenti, evitare congestioni e favorire mobilità più sostenibili.

Impatti

I servizi sviluppati possono aiutare le città a gestire la mobilità in modo più efficace. Prevedere il traffico consente infatti di ridurre i tempi di percorrenza e limitare gli ingorghi. Allo stesso modo, una migliore gestione della sicurezza protegge le persone che si spostano a piedi, in bici o in monopattino. Analizzare i comportamenti di mobilità consente infine di pianificare politiche più efficaci e di migliorare la vivibilità degli spazi urbani. Nel complesso, questi strumenti rendono la città più sicura, più fluida e più sostenibile.

Settori di applicazione

Le **Amministrazioni Locali** possono adottare gli strumenti sviluppati per supportare le decisioni quotidiane e la pianificazione urbana. Le **Aziende di Trasporto e i Gestori di Flotte** possono trarne vantaggio migliorando efficienza e sicurezza. Anche scuole, università e centri di ricerca possono implementare il sistema per studiare la mobilità urbana e sviluppare nuove soluzioni. Grazie a una architettura flessibile e adattabile, il sistema può dimostrarsi utile anche in contesti come logistica, gestione delle emergenze o pianificazione territoriale.

Urban safety – Evacuation simulation models for a safe city

Aree Tematiche: Security; Mobility; Society and Smart Cities; Infrastructure; Software

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Simulatore di evacuazione basato su modelli ad agenti intelligenti er supportare la sicurezza urbana e la progettazione di Digital Twin

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 9

Partner: Università dell'Aquila (UnivAQ)

Sintesi del progetto

Il progetto sviluppa strumenti di simulazione per rendere più sicure le evacuazioni in ambito urbano, con attenzione ai centri storici, caratterizzati da spazi stretti, percorsi complessi e aree di attesa limitate che possono rallentare la risposta durante un'emergenza. Le metodologie sviluppate consentono di riprodurre il movimento delle persone e di valutare in anticipo cosa accade quando cambiano percorsi, accessi e punti di raccolta.

Obiettivo

Scopo principale del progetto è creare un simulatore che riproduca in modo realistico il comportamento delle persone durante un'evacuazione. Questo permette di individuare punti critici, stimare i tempi di uscita e valutare come piccoli interventi urbanistici possano migliorare la sicurezza. Il progetto contribuisce anche alla costruzione di un gemello digitale urbano, utile per testare scenari diversi e fare scelte più consapevoli nella pianificazione delle emergenze.

Problemi e necessità

I centri storici presentano forti limitazioni fisiche che rendono difficile gestire emergenze come terremoti, incendi o grandi eventi. Senza strumenti predittivi, i piani di evacuazione sono spesso generici e non considerano come le persone reagiscono davvero in spazi complessi.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha portato allo sviluppo di un simulatore basato su agenti che ricrea il movimento

delle persone all'interno di configurazioni urbane reali. Gli esperimenti condotti su città storiche come Atri mostrano che anche piccole modifiche, come ampliare una piazza o creare nuovi passaggi, possono ridurre sensibilmente le congestioni e velocizzare l'evacuazione. Il simulatore fornisce quindi uno strumento concreto per valutare diverse soluzioni senza intervenire fisicamente sulla città e può essere utilizzato sia per analizzare scenari futuri sia per supportare decisioni in tempo reale durante un'emergenza.

Impatti

I risultati del progetto possono migliorare la sicurezza di residenti e visitatori, riducendo i rischi nelle aree più sensibili del tessuto urbano. Le città storiche possono diventare più resilienti, pur mantenendo il loro valore culturale, grazie a simulazioni accurate che rendono possibile progettare piani di evacuazione più efficaci, diminuire i tempi di intervento e sostenere una pianificazione urbana basata su evidenze, utile anche in situazioni non emergenziali.

Settori di applicazione

Il metodo può essere adottato da **Amministrazioni Comunali, Protezione Civile, Studi di Urbanistica e Centri di**

Ricerca. Le simulazioni possono essere replicate in altre città storiche o in contesti complessi come grandi eventi, campus universitari o aree industriali. La scalabilità del modello lo rende inoltre adatto anche allo sviluppo di Digital Twin urbani, ampliando le possibilità di applicazione verso la gestione intelligente del territorio.

License Plate Detection at Urban Access Gates

Aree Tematiche: Mobility; Society and Smart Cities; Software

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Sistema di analisi video e dati IoT per il monitoraggio del traffico in tempo reale

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 9

Partner: Università del Salento (UniSal)

Sintesi del progetto

Il progetto realizza un sistema integrato e intelligente per monitorare ciò che accade ai varchi di accesso alla città, dove si concentrano spesso code e criticità. Il prototipo realizzato unisce flussi video delle telecamere e dati provenienti da sensori, producendo una lettura aggiornata della situazione e collegandola a un Digital Twin urbano, cioè una rappresentazione digitale che aiuta a interpretare e gestire la mobilità in modo coordinato.

Obiettivo

Il progetto mira a creare un sistema capace di riconoscere le targhe dei veicoli e analizzare i flussi di traffico mentre accedono alla città. Il sistema integra dati provenienti da telecamere e dispositivi IoT, restituendo una fotografia aggiornata della mobilità urbana. Ciò consente alle amministrazioni di intervenire tempestivamente in caso di incidenti o rallentamenti e di adottare politiche più intelligenti per la circolazione.

Problemi e necessità

Le aree di accesso alla città sono spesso punti critici, dove si generano code e disagi. Senza strumenti digitali efficienti, diventa difficile capire cosa stia accadendo in tempo reale e intervenire in modo rapido. Inoltre, la crescente quantità di dati provenienti da videocamere e sensori richiede tecnologie avanzate in grado di gestirli e interpretarli con precisione.

Soluzioni sviluppate

Grazie al progetto è stato realizzato un prototipo software che combina analisi video, dati IoT

e processi in tempo reale. Il sistema si basa sul modello di Digital Twin sviluppato nello Spoke 9 del Centro Nazionale. Attraverso il riconoscimento delle targhe e la lettura automatica delle immagini, il sistema individua congestioni e possibili incidenti, avviando notifiche immediate verso i soggetti interessati. L'architettura utilizza anche tecniche di rilevamento di eventi per identificare comportamenti anomali rispetto ai pattern abituali del traffico.

Impatti

Il sistema sviluppato può migliorare la gestione quotidiana della circolazione, rendendo più fluido il traffico e riducendo rischi e disagi per cittadini e operatori. L'identificazione immediata di anomalie consente infatti risposte rapide e mirate, migliorando la sicurezza e diminuendo l'impatto di incidenti o blocchi stradali. Grazie alla capacità di prevedere e riconoscere situazioni critiche, il progetto favorisce un modello di mobilità più sostenibile e più semplice da monitorare. In generale, i risultati ottenuti dal progetto contribuiscono anche allo sviluppo di strumenti per città più intelligenti, dove dati e tecnologia lavorano insieme per ridurre l'impatto ambientale e migliorare la qualità della vita.

Settori di applicazione

Il sistema può essere adottato da **Amministrazioni Comunali, Gestori della Mobilità, Aziende di Trasporto e Servizi Pubblici**, con possibilità di supportare anche l'attività dell'Protezione Civile, specialmente in occasione di eventi o emergenze che richiedono un controllo accurato dei flussi veicolari. La piattaforma, essendo replicabile, potrà essere utilizzata da università e centri di ricerca per sviluppare modelli più avanzati sul comportamento del traffico.

JANUSIM

Aree Tematiche: Mobility; Society and Smart Cities; Infrastructure; Environment; Engineering and multiscale modelling

Tipo di Progetto: Flagship

Tecnologia sviluppata: Ambiente di simulazione del traffico urbano e integrazione con Digital Twin e guida simulata

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 9

Partner: Università del Salento (UniSalento)

Sintesi del progetto

JANUSIM costruisce un ambiente realistico per studiare e testare politiche di gestione del traffico prima di applicarle in città. Il progetto riproduce flussi di veicoli, interazioni con pedoni e trasporto pubblico e consente di valutare modifiche a semafori, segnaletica, corsie e percorsi alternativi con un modello vicino alle condizioni reali.

Obiettivo

L'obiettivo principale del progetto è creare un ambiente di simulazione affidabile per studiare come cambia il traffico in base a nuove regole, modifiche stradali o interventi di mobilità sostenibile. Le simulazioni aiutano infatti a prevedere gli effetti di semafori diversi, corsie preferenziali per autobus e nuove politiche di circolazione, consentendo comuni e pianificatori di prendere decisioni più consapevoli, riducendo congestioni e incidenti.

Problemi e necessità

Con l'aumento dei veicoli in città cresce anche l'impatto ambientale, soprattutto in termini di emissioni e rumore. Le strade non sono sempre progettate per gestire i flussi moderni e questo genera inefficienze e rischi per la sicurezza. Le città hanno quindi bisogno di strumenti che le aiutino a capire come migliorare la viabilità senza interventi costosi e poco mirati.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha ricreato, all'interno del simulatore di mobilità urbana open source SUMO, un contesto di traffico molto simile a quello reale. Sono

stati simulati veicoli, pedoni e mezzi pubblici, definendo comportamenti realistici e inserendo i dati del territorio studiato. I ricercatori hanno lavorato su una prima area pilota, il campus Unisalento, dove sono state testate modifiche come nuove corsie e parcheggi aggiuntivi, dimostrando miglioramenti nella fluidità del traffico e riduzioni nelle emissioni. Un altro risultato ha riguardato l'integrazione con un simulatore di guida reale, che consente a un conducente di interagire con il traffico simulato e osservare in tempo reale come il sistema reagisce. È stato inoltre sviluppato un collegamento tra SUMO e una piattaforma 3D, così da visualizzare l'ambiente urbano in modo più realistico e coinvolgente.

Impatti

Il miglioramento delle simulazioni ottenuto da JANUSIM aiuta a ridurre congestioni e incidenti, migliorando la sicurezza e diminuendo i tempi di percorrenza. Le città possono usare le tecnologie sviluppate per analizzare nuove politiche, ottimizzare i percorsi dei mezzi pubblici e migliorare la sostenibilità urbana. Ridurre le code significa inoltre ridurre le emissioni e migliorare la qualità dell'aria, con benefici per la salute e l'ambiente. Il progetto fornisce anche strumenti utili per educare nuovi conducenti attraverso un'esperienza più realistica e sicura.

Settori di applicazione

Le **Amministrazioni Pubbliche e Aziende di Trasporto** possono trarre vantaggio dall'adozione di questi strumenti per progettare meglio le città e ottimizzare percorsi e consumi. Scuole e università possono utilizzare JANUSIM per attività formative e di ricerca sulle città del futuro. Anche privati e associazioni possono beneficiare dei risultati per proporre soluzioni più efficaci per la mobilità urbana.



Schede Progetti Bandi a Cascata

Aesthetic

Aree Tematiche: Space, Industry, Engineering and multiscale modelling

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Modelli di Intelligenza Artificiale (IA) semplificati e schede hardware programmabili (FPGA) per l'analisi delle prestazioni e del consumo di processori RISC-V

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 1

Partner: Ge Avio S.r.l., Morfo Design S.r.l.

FPGA che consente di misurare con precisione consumi e prestazioni, utile per studiare varianti personalizzate del processore.

Impatti

La possibilità di disporre di processori configurabili favorisce sistemi di calcolo più efficienti, con riduzione dei consumi e maggiore controllo sulle prestazioni. I risultati permettono di orientare lo sviluppo di futuri acceleratori dedicati all'industria aeronautica e, più in generale, alle infrastrutture HPC e Cloud.

Sintesi del progetto

Aesthetic nasce per studiare come i processori RISC-V possano essere impiegati in applicazioni aeronautiche che richiedono calcolo ad alte prestazioni. L'uso del calcolo ad alte prestazioni (HPC) e di modelli surrogati realistici generati mediante IA permette di valutare in modo accurato l'efficienza dei processori commerciali e di quelli implementati su schede FPGA (soft-core), con l'obiettivo di individuare configurazioni più adatte alle esigenze industriali.

Obiettivi

Analizzare il comportamento dei processori RISC-V, misurare consumi ed efficienza tramite una scheda dedicata e comprendere come personalizzazioni mirate possano migliorare le attività di progettazione aeronautica.

Problemi e necessità

Il settore aeronautico richiede dispositivi sempre più performanti e meno energivori. Prima di adottare una nuova architettura di calcolo è necessario comprenderne limiti, vantaggi e capacità di adattamento a modelli di progettazione basati su intelligenza artificiale, rispettando i vincoli di riservatezza industriale di questi ultimi.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha testato processori commerciali e soft-core RISC-V attraverso un'applicazione industriale surrogata realistica basata su modelli di IA. È stata inoltre realizzata una scheda

Settori di applicazione

Oltre all'**Industria** e all'**Ingegneria**, le tecnologie esplorate possono supportare ambiti come **quello Software, dell'Intelligenza Artificiale, del Calcolo e delle Infrastrutture di Storage** e del **Future HPC**, dove l'adozione di processori personalizzabili può migliorare affidabilità e gestione energetica.

ADMIRER – Advanced Deep Methods in Real Environment

Aree Tematiche: Energy, Artificial Intelligence

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Modelli di Deep Learning per il monitoraggio di impianti fotovoltaici attraverso

l'analisi di immagini RGB e termiche

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 1

Partner: TECHLAB WORKS S.r.l.

Sintesi del progetto

ADMIRER ha sviluppato un sistema di controllo degli impianti fotovoltaici basato su droni in grado di raccogliere immagini visive e termiche. Il Supercalcolo (HPC) ha supportato l'addestramento di modelli di analisi che riconoscono i pannelli e individuano anomalie operative, permettendo una valutazione più precisa rispetto alle ispezioni tradizionali o alle analisi satellitari.

Obiettivi

Creare un metodo affidabile per identificare tempestivamente difetti nei pannelli, ridurre i tempi di ispezione e generare un dataset etichettato utile per ulteriori studi e applicazioni nel settore energetico.

Problemi e necessità

Le verifiche manuali risultano onerose e non garantiscono una copertura uniforme. Le informazioni provenienti da immagini satellitari non consentono di valutare lo stato dei pannelli e non aiutano a riconoscere alterazioni termiche o funzionamenti anomali.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha realizzato un prototipo che unisce droni e algoritmi di segmentazione per esaminare i pannelli a livello di dettaglio. L'elaborazione dei dati grazie al supercalcolo accelera la formazione dei modelli e rende più affidabile l'analisi delle immagini raccolte durante i voli programmati.

Impatti

La diagnosi precoce dei guasti consente di limitare fermi impianto, ridurre i costi di manutenzione e aumentare la continuità della produzione solare. Il dataset generato sostiene l'attività di ricerca e fornisce basi solide per future applicazioni legate al monitoraggio automatico delle infrastrutture energetiche.

Settori di applicazione

I risultati coinvolgono direttamente il dominio **Energia**, con possibili applicazioni anche nei settori **Ambiente, Intelligenza Artificiale, Software, Industria e Calcolo e Infrastrutture di Storage**, dove tecniche di analisi automatizzata possono supportare sistemi di controllo e gestione basati su modellazione dei dati.

DAGonCAPIO – Directed Acyclic Graph on Cross-Application Programmable I/O

Aree Tematiche: Environment, Climate, Software, Computing and Storage Infrastructure

Tipo di progetto: Bandi a cascata

Tecnologia sviluppata: Motore per flussi di lavoro scientifici capace di sovrapporre calcolo e Input e Output (I/O) attraverso un file system dedicato e un orchestratore avanzato

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 1

Partner: Università di Napoli Parthenope, FIDES S.r.l., ITDM S.r.l.

Sintesi del progetto

DAGonCAPIO nasce per ottimizzare l'esecuzione di flussi di lavoro (workflow) scientifici complessi, soprattutto nelle applicazioni ambientali e climatiche. Il progetto ha realizzato un sistema in grado di gestire dati e calcolo in parallelo, riducendo i tempi complessivi grazie al supporto del Supercalcolo (HPC). L'obiettivo è accelerare modelli iterativi, come previsioni meteo e simulazioni marine, integrando elaborazione e archiviazione in modo continuo.

Obiettivi

Formalizzare e sviluppare un motore di workflow che eviti le attese tra un'attività e la successiva, gestire in modo nativo lo spazio di lavoro e costruire, insieme ai partner industriali, uno strumento adatto a scenari che combinano HPC, Cloud e algoritmi di analisi dati.

Problemi e necessità

Le applicazioni ambientali producono grandi quantità di dati in modo progressivo, ma richiedono la conclusione completa di ogni fase prima di passare alla successiva. Questa sequenzialità genera ritardi significativi e limita la capacità di risposta, soprattutto nei contesti dove la tempestività è un fattore decisivo.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha introdotto un orchestratore che elabora i dati man mano che vengono generati,

riducendo drasticamente i tempi di esecuzione. I test hanno mostrato un'accelerazione compresa tra il 25% e il 30% in condizioni controllate, con miglioramenti ancora più evidenti su flussi reali, dove il tempo al primo risultato passa da oltre un'ora a pochi minuti.

Impatti

La maggiore rapidità nella produzione di previsioni meteo, analisi idrologiche e simulazioni ambientali può supportare decisioni più tempestive, diventando un aiuto diretto per la gestione dei rischi e la protezione del territorio. L'architettura sviluppata contribuisce inoltre a rendere più efficiente l'uso delle risorse HPC, riducendo tempi di calcolo e costi operativi.

Settori di applicazione

Le ricadute riguardano in primo luogo **Ambiente, Clima e Infrastrutture**, con potenziali applicazioni nei settori **Software, Intelligenza Artificiale e Calcolo e Infrastrutture di Storage**, dove la gestione efficiente di flussi dati complessi è fondamentale.

EDGE-ME – Metodologie Data-Driven per applicazioni parallele ad alte prestazioni su architetture eterogenee per l'Edge Computing

Aree Tematiche: Software, Artificial Intelligence, Mobility, Computing and Storage Infrastructure

Tipo di progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Strumenti per programmare applicazioni parallele su piattaforme eterogenee Edge-Cloud

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 1

Partner: Fondazione SmartME.IO S.r.l.

Sintesi del progetto

EDGE-ME ha sviluppato metodologie che semplificano la realizzazione di applicazioni parallele ad alte prestazioni su piattaforme eterogenee, come CPU, GPU integrate e schede programmabili (FPGA). Il progetto ha combinato il framework di programmazione FastFlow con il modello di esecuzione DF-Threads per favorire un'elaborazione Data-Driven utile in scenari in cui i dati devono essere analizzati direttamente sul territorio tramite sistemi Edge.

Obiettivi

Costruire strumenti che permettano a sviluppatori e aziende di utilizzare architetture complesse senza elevato sforzo di programmazione, migliorare l'efficienza energetica e supportare casi d'uso industriali che richiedono analisi distribuite e continue, come il monitoraggio del traffico su larga scala.

Problemi e necessità

Le infrastrutture Edge-Cloud offrono grande potenzialità, ma la varietà di hardware e modelli di programmazione rende complessa la realizzazione di applicazioni realmente scalabili. La crescente diffusione di servizi che richiedono elaborazioni locali, con vincoli su banda, latenza e riservatezza, richiede strumenti più accessibili e uniformi.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha integrato e testato FastFlow e DF-Threads, ottenendo miglioramenti nei tempi

di esecuzione e nei consumi. Sono stati realizzati prototipi su FPGA e piattaforme RISC-V per sostenere il paradigma Data-Driven, oltre a una pipeline Edge-Cloud per il caso d'uso SmartME per le previsioni sul traffico.

Impatti

La gestione distribuita dei dati permette di ridurre la banda necessaria, contenere i consumi energetici ed elaborare informazioni su zone ampie in modo più rapido e affidabile. L'approccio favorisce l'adozione di servizi urbani intelligenti, supportando la mobilità e riducendo congestionamenti, ritardi e sprechi energetici.

Settori di applicazione

Le soluzioni studiate interessano direttamente la **Mobilità**, l'**Intelligenza Artificiale** e il **Software**, con ricadute su **Smart Cities**, **Calcolo e Infrastrutture di Storage**, grazie alla possibilità di adattare la stessa logica Edge-Cloud ad altri servizi di analisi distribuita.

FUTURE

Aree Tematiche: Software, Artificial Intelligence, Computing and Storage Infrastructure

Tipo di progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Piattaforma di ricerca basata su architettura RISC-V per il calcolo ad alte prestazioni e l'uso di acceleratori

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 1

Partner: E4 Computer Engineering

Sintesi del progetto

FUTURE rappresenta un'evoluzione tecnologica dell'infrastruttura Monte Cimone e introduce una piattaforma RISC-V dedicata alla ricerca nel campo del supercalcolo. Il progetto permette di testare e validare software progettati per sistemi multinodo dotati di acceleratori e interconnessioni ad alta velocità, contribuendo allo sviluppo di un ecosistema aperto per HPC e applicazioni di intelligenza Artificiale.

Obiettivi

Mettere a disposizione di ICSC un cluster RISC-V che consenta di verificare capacità di calcolo in doppia precisione e in precisioni miste, valutare compatibilità con schede acceleratrici e studiare l'efficienza di nuove soluzioni destinate ai futuri Data Center.

Problemi e necessità

Il settore HPC richiede alternative architetture più flessibili e meno dipendenti da ecosistemi chiusi. Per sostenere lo sviluppo di software e hardware aperti servono piattaforme sperimentali che permettano di validare prestazioni, interoperabilità e scalabilità dei sistemi RISC-V in scenari reali di calcolo distribuito.

[https://supercomputingxc-my.sharepoint.com/personal/matteo_massicci_supercomputing-ic-sc_it/Documents/File chat di Microsoft Copilot/BAC_Spoke 1_FUTURE_Federico Proverbio.pdf](https://supercomputingxc-my.sharepoint.com/personal/matteo_massicci_supercomputing-ic-sc_it/Documents/File%20chat%20di%20Microsoft%20Copilot/BAC_Spoke_1_FUTURE_Federico%20Proverbio.pdf)

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha fornito un cluster composto da più nodi e acceleratori sperimentali basati su

RISC-V, eseguendo test di compatibilità e valutazioni prestazionali. Le attività hanno incluso verifiche hardware, analisi termiche e sviluppo di driver per garantire un funzionamento stabile e riproducibile dell'intero sistema.

Impatti

La piattaforma consente di comprendere come acceleratori PCIe possano operare su server RISC-V, offrendo indicazioni utili per future infrastrutture di calcolo. L'efficienza energetica tipica di questa architettura apre la strada a dispositivi a minori consumi, dal settore consumer ai Data Center, rafforzando inoltre le prospettive europee di autonomia tecnologica nella progettazione dei chip.

Settori di applicazione

I risultati interessano il dominio **Calcolo e Infrastrutture di Storage**, con ricadute su **Software, Intelligenza Artificiale, Industria e Future HPC**, grazie alla possibilità di utilizzare architetture aperte e ottimizzabili per attività di ricerca, sperimentazione e progettazione hardware.

HIPERION – HighPerformance and Reliable Multi-Processor Accelerator for Space Application

Aree Tematiche: Space, Engineering and multiscale modelling, Software

Tipo di progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Piattaforma di accelerazione hardware per elaborazione real-time in ambiente spaziale

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 1

Partner: TSD-Space

Sintesi del progetto

HIPERION ha sviluppato un acceleratore ad alte prestazioni destinato ai sistemi spaziali, progettato per gestire grandi flussi di dati provenienti da sensori avanzati direttamente a bordo dei veicoli. La piattaforma sostiene trasferimenti ad alta velocità e integra componenti compatibili con l'ambiente spaziale, permettendo l'elaborazione in tempo reale di algoritmi complessi e riducendo la dipendenza da elaborazioni da Terra.

Obiettivi

Colmare il divario tra la crescente quantità di dati generati da missioni spaziali e le risorse limitate dei sistemi di bordo, garantendo capacità di calcolo elevate, affidabilità e continuità operativa. Il progetto mira a ottenere prestazioni stabili con consumi contenuti, compatibili con le condizioni operative dei veicoli spaziali.

Problemi e necessità

Le missioni moderne richiedono elaborazioni immediate, ma le piattaforme di bordo sono soggette a vincoli di massa, energia e robustezza. Senza soluzioni dedicate, attività cruciali – come osservazione della Terra o navigazione autonoma – subiscono ritardi dovuti alla necessità di inviare i dati a Terra per l'elaborazione.

Soluzioni sviluppate

HIPERION ha realizzato un acceleratore multi-processore in grado di sostenere capacità di

trasmissioni (throughput) significative, dimostrando come la piattaforma sia in grado di utilizzare algoritmi di osservazione e navigazione in tempo reale e mantenere affidabilità grazie a un'architettura resistente e configurabile.

Impatti

La disponibilità di potenza di calcolo a bordo migliora la reattività delle missioni: rilevamento rapido di eventi ambientali, maggiore sicurezza nelle manovre orbitali, supporto a operazioni di manutenzione e rimozione detriti. La riduzione della dipendenza dal segmento terrestre favorisce missioni più autonome, efficienti e resilienti, con riflessi positivi sui servizi satellitari utilizzati quotidianamente.

Settori di applicazione

Le ricadute riguardano principalmente il settore **Spazio**, con applicazioni in **Ambiente**, **Sicurezza**, **Intelligenza Artificiale** e **Ingegneria**, dove la capacità di elaborare dati in tempo reale direttamente sul dispositivo aumenta precisione, tempestività e affidabilità di servizi e infrastrutture critiche.

SIREN

Aree Tematiche: Artificial Intelligence, Software, Computing and Storage Infrastructure

Tipo di progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Piattaforma per acceleratori disaggregati di inferenza basati su architetture aperte

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 1

Partner: E4 Computer Engineering, AXELERA.AI

Sintesi del progetto

SIREN ha esplorato soluzioni per accelerare l'inferenza IA utilizzando architetture disaggregate e basate su RISC-V, con l'obiettivo di unire prestazioni elevate ed efficienza energetica. Il progetto parte dal confronto con acceleratori affermati e verifica come sistemi modulari possano mantenere livelli di performance paragonabili, offrendo maggiore flessibilità nella configurazione delle infrastrutture hardware. [https://supercomputingxc-my.sharepoint.com/personal/matteo_massicci_supercomputing-icsc_it/Documents/File chat di Microsoft Copilot/BAC_Spoke_1_SIREN_Federico Proverbio.pdf](https://supercomputingxc-my.sharepoint.com/personal/matteo_massicci_supercomputing-icsc_it/Documents/File%20chat%20di%20Microsoft%20Copilot/BAC_Spoke_1_SIREN_Federico%20Proverbio.pdf)

Obiettivi

Validare piattaforme di calcolo ad alte prestazioni compatibili con l'ecosistema RISC-V, studiare il comportamento degli acceleratori in scenari reali di inferenza e addestramento, documentare limiti e potenzialità delle configurazioni disaggregate per l'esecuzione di modelli di Deep e Machine Learning.

Problemi e necessità

Il crescente uso di Intelligenza Artificiale richiede soluzioni meno costose e più efficienti delle infrastrutture tradizionali. Molte organizzazioni non dispongono delle risorse per sistemi completi, mentre l'adozione di configurazioni modulari permette di ridurre costi iniziali e complessità, mantenendo il livello prestazionale richiesto dalle applicazioni avanzate.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha dimostrato che l'inferenza e il training possono raggiungere prestazioni comparabili a quelle di sistemi integrati grazie all'uso di acceleratori disaggregati. Sono stati documentati i passaggi necessari per rendere la piattaforma pienamente operativa, dall'analisi dei driver alla gestione termica, fino all'individuazione e risoluzione dei guasti a basso livello.

Impatti

La modularità consente di ridurre i costi dei componenti e della manutenzione, limitare i consumi energetici e rendere l'infrastruttura IA più accessibile. Questo approccio permette di creare sistemi scalabili, adattabili alle esigenze di enti pubblici, aziende e istituti di ricerca che devono gestire carichi di lavoro di inferenza senza investimenti elevati.

Settori di applicazione

Le ricadute riguardano soprattutto **per l'Intelligenza Artificiale, Software e il Calcolo e Infrastrutture di Storage**, con potenziali benefici per l'**Industria, la Mobilità, le Smart Cities** e altri domini che richiedono capacità di analisi distribuita e infrastrutture IA più sostenibili.

SMART HPC-QC – Middleware per un Uso Intelligente delle Risorse Computazionali

Aree Tematiche: Quantum Computing / Software / Computing and Storage Infrastructure

Tipo di progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: interfaccia flessibile per la gestione integrata di risorse HPC e QPU

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 1

Partner: E4 Computer Engineering

Sintesi del progetto

SMART HPC-QC ha sviluppato un middleware pensato per coordinare in modo intelligente risorse di calcolo tradizionali e dispositivi quantistici. Il progetto ha definito l'interazione tra HPC e QPU e ha introdotto un approccio che consente di gestire in modo dinamico carichi ibridi, ottimizzando l'uso di risorse rare come i processori quantistici. L'iniziativa si inserisce nel percorso europeo che mira all'integrazione fisica dei sistemi quantistici nei principali centri di supercalcolo.

Obiettivi

Progettare un'interfaccia indipendente dall'hardware, rendere possibile la schedulazione congiunta di risorse classiche e quantistiche e offrire strumenti per affrontare la scarsità dei QPU, rendendo più efficiente la gestione dei carichi di lavoro ibridi.

Problemi e necessità

Con l'aumento dei dispositivi quantistici installati nei centri HPC, l'integrazione operativa resta complessa. Le QPU sono risorse limitate e costose. Senza strumenti adeguati, diventano difficili da allocare e orchestrare per applicazioni scientifiche che richiedono l'uso combinato di calcolo classico e quantistico.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha proposto un metodo basato sulla 'flessibilità' dei carichi di lavoro: le risorse HPC vengono rilasciate durante l'esecuzione dei compiti quantistici e riassegnate al loro

completamento. Sperimentazioni condotte su applicazioni ibride hanno mostrato miglioramenti significativi nell'utilizzo delle risorse. Sono state inoltre adattate librerie esistenti per il calcolo dinamico, estendendone l'uso ai contesti quantistici.

Impatti

SMART HPC-QC fornisce un modello replicabile che aiuta a evitare sprechi di capacità computazionale, ampliando l'accesso alle tecnologie quantistiche. I primi beneficiari sono i ricercatori che utilizzano le infrastrutture HPC, che potranno sfruttare meglio sia i sistemi tradizionali sia i nuovi acceleratori quantistici.

Settori di applicazione

Il progetto interessa in modo diretto il dominio **Quantum Computing**, con ricadute per il **Software, il Calcolo e Infrastrutture di Storage** e in prospettiva nella **Ricerca Fondamentale**, dove l'uso combinato di HPC e QPU diventa essenziale per applicazioni scientifiche sempre più complesse.

SMART-MDAI – Cloud/Edge Big Data Platform per Analisi Multidimensionali e Applicazioni AI

Aree Tematiche: Big Data / Artificial Intelligence / Software / Smart Cities

Tipo di progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Piattaforma Cloud-Edge per l'analisi multidimensionale con tecniche di Intelligenza Artificiale e Machine Learning

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 1

Partner: VT Solutions and Consulting

Sintesi del progetto

SMART-MDAI ha sviluppato una piattaforma pensata per superare i limiti degli attuali sistemi di elaborazione analitica online (OLAP), spesso incapaci di gestire l'intera struttura dei dati multidimensionali a causa dell'aumento esponenziale delle combinazioni possibili. Il progetto introduce un modello COLAP scalabile che sfrutta Cloud, Edge e tecniche di intelligenza artificiale per selezionare, ridurre e analizzare i dati multidimensionali in modo più efficiente.

Obiettivi

Consentire l'analisi di dataset complessi attraverso la preselezione delle strutture per la presentazione dei dati multidimensionali (Cuboids) più informative, ridurre la dimensionalità con reti neurali e ottimizzare l'elaborazione grazie al calcolo distribuito. L'obiettivo è migliorare la velocità delle analisi e rendere il sistema applicabile a contesti operativi diversi.

Problemi e necessità

Le architetture centralizzate non gestiscono adeguatamente dataset ad alta dimensionalità, rallentando analisi essenziali per settori come energia, sanità o smart cities. Il progetto risponde alla necessità di soluzioni scalabili e flessibili in grado di trattare grandi volumi di dati eterogenei in tempo reale.

Soluzioni sviluppate

La piattaforma sperimenta un approccio strutturato che combina analisi di correlazione multidimensionale, riduzione tramite modelli

neurali e aggregazione Cloud-Edge. I risultati empirici confermano la validità del modello: selezionare e ridurre i cuboids più informativi migliora l'efficienza computazionale e l'accuratezza delle analisi.

Impatti

Il progetto abilita decisioni più tempestive in contesti critici: ottimizzazione energetica, pianificazione urbana, gestione del traffico, supporto sanitario e monitoraggio dell'Internet of Things (IoT). La capacità di analizzare dati complessi in modo distribuito incoraggia una società più data-driven, favorisce la sostenibilità e aumenta la capacità degli enti di gestire risorse e servizi con maggiore consapevolezza.

Settori di applicazione

Le applicazioni riguardano i settori **Energia, Salute, Smart Cities, Mobilità, IoT, Big Data e Intelligenza Artificiale**, grazie a un'architettura pensata per adattarsi a diversi contesti e integrabile con altre piattaforme analitiche.

AIDA – Artificial Intelligence for Distances in Astronomy

Aree Tematiche: Space, Artificial Intelligence, Fundamental Research

Tipo di progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Modelli di Deep Learning per la stima di parametri stellari con gestione dell'incertezza e dati incompleti

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Partner: Università degli Studi di Urbino "Carlo Bo"

Sintesi del progetto

AIDA ha introdotto un metodo avanzato per stimare distanze e parametri stellari utilizzando reti neurali addestrate su grandi cataloghi astronomici. Il progetto combina nuove funzioni che tengono conto dell'incertezza delle misure e un sistema basato su maschere per trattare in modo efficiente i dati mancanti, permettendo di sfruttare un numero maggiore di osservazioni rispetto agli approcci tradizionali.

Obiettivi

Migliorare la precisione delle stime astronomiche gestendo rumore, misure incomplete e valori mancanti. Ampliare la quantità di dati utilizzabili per l'addestramento e costruire modelli capaci di generalizzare su cataloghi diversi, a partire dai dataset della missione Gaia.

Problemi e necessità

I cataloghi stellari presentano spesso incertezze elevate e informazioni non complete. Le tecniche convenzionali perdono accuratezza quando i dati sono parziali o rumorosi, limitando la qualità delle analisi e delle misurazioni astronomiche. Il progetto affronta quindi la necessità di metodi robusti capaci di lavorare con dataset reali e imperfetti.

Soluzioni sviluppate

AIDA ha modificato le funzioni di perdita per pesare i campioni in base all'affidabilità della misura, riducendo l'impatto dell'incertezza nel processo di apprendimento. La nuova struttura di rete integra un livello dedicato alla gestione

dei dati mancanti, ottimizzando l'utilizzo del catalogo e migliorando la generalizzazione del modello. I test sui dati Gaia mostrano maggiore robustezza rispetto ai metodi di riferimento.

Impatti

Tecniche simili possono essere applicate anche ad altri ambiti che richiedono l'elaborazione di dataset incompleti o rumorosi, migliorando l'efficacia dei sistemi basati su modelli predittivi. L'impatto ricade indirettamente su applicazioni scientifiche e industriali che dipendono da analisi affidabili e scalabili.

Settori di applicazione

Oltre al dominio **Spazio**, le ricadute riguardano **l'Intelligenza Artificiale, le Nuove Tecnologie, la Ricerca Fondamentale** e le applicazioni in cui è necessario trattare grandi quantità di dati eterogenei, anche in presenza di rumore o incompletezza informativa.

ASTRAI – Advanced Supernova Transient Research with Artificial Intelligence

Aree Tematiche: Space, Artificial intelligence, Fundamental Research

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Modelli generativi e sistemi di caratterizzazione automatica per eventi di supernova

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Partner: Koexai, Università di Catania

Sintesi del progetto

ASTRAI ha sviluppato strumenti di intelligenza artificiale per accelerare lo studio delle supernovae, riducendo il peso computazionale delle simulazioni idrodinamiche e sopperendo alla scarsità di dataset etichettati. Il progetto punta a caratterizzare automaticamente eventi transitori, un'esigenza particolarmente rilevante con l'arrivo dei grandi flussi dati dal Large Synoptic Survey Telescope (Osservatorio Vera C. Rubin).

Obiettivi

Produrre metodi rapidi e accurati per analizzare le curve di luce, generare dataset sintetici aperti e realizzare modelli in grado di operare anche in presenza di dati mancanti, così da supportare l'intero processo di osservazione e studio dei transitori esplosivi.

Problemi e necessità

Le analisi astronomiche richiedono simulazioni costose e dataset completi, spesso difficili da ottenere. La comunità ha bisogno di tecniche che riducano i tempi di elaborazione e permettano la ricostruzione di segnali parziali, così da velocizzare la classificazione dei fenomeni e migliorarne l'interpretazione scientifica.

Soluzioni sviluppate

ASTRAI ha prodotto dataset sintetici aperti e modelli generativi capaci di ricostruire curve di luce. Sono state integrate tecniche di data augmentation, mascheramento e iniezione di rumore per aumentare la robustezza della caratterizzazione anche con segnali incompleti.

L'uso del Supercalcolo ha consentito l'esecuzione delle simulazioni e di esperimenti su griglie parametriche estese.

Impatti

L'approccio accelera la ricerca, riduce il costo computazionale e offre strumenti utili anche in altri ambiti che richiedono la ricostruzione di sequenze temporali parziali. L'adozione di modelli e dataset aperti favorisce la collaborazione internazionale e la formazione di competenze nel campo dell'IA applicata alle scienze fisiche.

Settori di applicazione

Oltre all'ambito **Spazio**, le tecnologie sviluppate possono essere adottate in **Intelligenza Artificiale, Software, Nuove Tecnologie** e applicazioni che analizzano serie temporali complesse, come monitoraggio ambientale, sensoristica avanzata e sistemi predittivi in diversi domini industriali.

Astrovisio

Aree Tematiche: Space, Artificial Intelligence, Software

Tipo di progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Piattaforma di Realtà Virtuale (VR) per l'esplorazione immersiva di dataset astrofisici

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Partner: Alkemy, INAF, Auticon, Netlite, Scuola Normale Superiore di Pisa

Sintesi del progetto

Astrovisio ha sviluppato uno strumento che permette di visualizzare dati astrofisici in realtà virtuale, consentendo a ricercatori, studenti e pubblico non specialistico di esplorare fenomeni complessi in modo immersivo. Il progetto nasce dall'esigenza di rendere più accessibili dataset di grandi dimensioni, trasformandoli in rappresentazioni intuitive grazie a un ambiente interattivo.

Obiettivi

Facilitare la comprensione dei dati astronomici attraverso un'interfaccia immersiva, supportare attività di ricerca con nuove modalità di analisi visuale e creare un'esperienza didattica più efficace per chi si avvicina alle scienze spaziali.

Problemi e necessità

I dataset astronomici sono spesso complessi, voluminosi e difficili da interpretare. Le modalità di visualizzazione tradizionali non sempre permettono di cogliere relazioni spaziali e dinamiche, limitando la capacità di analisi e rendendo l'accesso ai dati meno immediato per utenti non esperti.

Soluzioni sviluppate

Astrovisio offre un ambiente VR che consente di caricare ed esplorare dataset personalizzati, sfruttando tecniche di progettazione orientate all'utente e metodologie agili. L'uso del supercalcolo ha supportato l'elaborazione di grandi quantità di dati astronomici, garantendo coerenza e affidabilità dei modelli visualizzati.

Impatti

La piattaforma agevola la comunicazione scientifica, aiuta la ricerca attraverso la visualizzazione immersiva e migliora l'apprendimento grazie a modalità intuitive che favoriscono la comprensione di strutture e fenomeni complessi. Le ricadute si estendono anche alla divulgazione culturale e alla formazione nel campo dell'astrofisica.

Settori di applicazione

Oltre al dominio **Spazio**, gli altri settori di applicazione comprendono l'**Educazione/Formazione**, il **Software**, l'**Intelligenza Artificiale**, le **Nuove Tecnologie** e le **Smart Cities**, nei casi in cui la visualizzazione immersiva può supportare analisi, comunicazione e interpretazione di dati complessi.

CANDELA – Standard Candle-based Distance Estimation with Learning Algorithms

Aree Tematiche: Space, Artificial intelligence, Fundamental Research

Tipo di progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Modelli di Machine Learning e Deep Learning per la stima delle distanze stellari

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Partner: Ithaca S.r.l., Fondazione LINKS, INAF

Sintesi del progetto

CANDELA sviluppa una metodologia che combina dati recenti e data-set storici su formati fisici per stimare le distanze delle stelle con tecniche di intelligenza artificiale. Il progetto sfrutta indicatori di distanza del catalogo Gaia DR3, integrandoli con l'archivio fotografico di INAF-OATo per ampliare le serie temporali disponibili. L'obiettivo è costruire modelli più completi e accurati per l'analisi delle variabili pulsanti come le RR Lyrae e le Cepheidi.

Obiettivi

Definire un sistema generale per stimare distanze stellari integrando molteplici sorgenti osservative. Valutare modelli di regressione e reti neurali. Introdurre strumenti per incorporare l'incertezza nelle previsioni. Validare un primo caso studio su lastre storiche contenenti 43 Cepheidi della Grande Nube di Magellano. [https://supercomputingxc-my.sharepoint.com/personal/matteo_massicci_supercomputing-icsc_it/Documents/File chat di Microsoft Copilot/BAC_Spoke 3_Candela_Andrea Lessio_Vanina Fissore.pdf](https://supercomputingxc-my.sharepoint.com/personal/matteo_massicci_supercomputing-icsc_it/Documents/File%20chat%20di%20Microsoft%20Copilot/BAC_Spoke_3_Candela_Andrea_Lessio_Vanina_Fissore.pdf)

Problemi e necessità

La misurazione accurata delle distanze celesti è fondamentale per comprendere l'evoluzione delle stelle, ricostruire la storia cosmica e stimare il tasso di espansione dell'Universo. Le tecniche tradizionali dipendono da assunzioni sui "candelieri standard" e non sempre integrano efficacemente archivi storici o dataset eterogenei.

Soluzioni sviluppate

A seguito dell'identificazione del miglior modello di test (Gaussian Process) e del più accurato approccio al Deep Learning (Multi-Layer Perceptron), sono stati introdotti metodi per gestire l'incertezza e tecniche di image processing per l'estrazione di oggetti da lastre fotografiche storiche, con l'obiettivo di potenziare i dataset di input e migliorare la robustezza dei modelli.

Impatti

Le metodologie possono essere applicate ad altri cataloghi e ad altri domini che richiedono l'elaborazione di dati incompleti o rumorosi. Gli strumenti sviluppati potenzialmente facilitano analisi in settori come osservazione terrestre e applicazioni industriali che utilizzano modelli predittivi basati su grandi dataset.

Settori di applicazione

I risultati interessano direttamente l'ambito **Spazio** e **l'Intelligenza Artificiale**, estendendosi anche alle **Nuove Tecnologie**, al **Software**, **alla Ricerca Fondamentale** e ad ambiti applicativi che trattano serie temporali e dataset eterogenei su larga scala.

CATMAD – Comparing Astrophysical observations with Theoretical Models: Advanced tools for Diagnostics

Aree Tematiche: Space, Fundamental Research, Software

Tipo di progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Strumenti di modellazione fisica per la sintesi dell'emissione non termica da plasmi astrofisici

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Partner: Università di Palermo

Sintesi del progetto

CATMAD ha sviluppato un insieme di strumenti che permettono di confrontare simulazioni numeriche con osservazioni reali, con l'obiettivo di comprendere meglio come si originano e si accelerano i raggi cosmici nella nostra Galassia. Il progetto realizza modelli in grado di riprodurre emissioni X e Gamma generate nei resti di supernova, considerati tra i principali siti di produzione di particelle altamente energetiche.

Obiettivi

Costruire un modello di sistema fisico fedele per simulare l'emissione non termica dei plasmi, confrontare i risultati con dati osservativi e fornire nuove indicazioni per lo studio e la comprensione di fenomeni astrofisici complessi come l'accelerazione dei raggi cosmici.

Problemi e necessità

Capire come nascono i raggi cosmici è fondamentale per descrivere l'equilibrio energetico della Galassia. La complessità dei processi fisici richiede strumenti che integrino simulazioni idrodinamiche e magnetodinamiche (HD/MHD) e analisi osservativa, superando limiti dei metodi tradizionali di interpretazione dei dati.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha pubblicato risultati in riviste di alto profilo scientifico e ha prodotto un tool in grado di modellare in maniera autoconsistente l'emissione nei resti di supernova. La metodologia si basa sul 'Forward Modeling': si generano

osservabili dalle simulazioni e li si confronta direttamente con dati reali, ottenendo un ciclo continuo di verifica e miglioramento del modello.

Impatti

CATMAD favorisce una comprensione più accurata dell'origine delle particelle più energetiche della Galassia e offre strumenti utili alla comunità scientifica. Parte dei risultati sarà divulgata attraverso attività pubbliche, contribuendo a una maggiore consapevolezza dei fenomeni astrofisici.

Settori di applicazione

I principali impatti del progetto sono negli ambiti **Spazio, Ricerca Fondamentale e Software**. I risultati possono supportare gruppi di ricerca che analizzano dati multi-lunghezza d'onda, permettendo l'applicazione del modello anche ad altre sorgenti astrofisiche complesse.

DeepCosmoNet – Deep Learning for Cosmic Web Analysis

Aree Tematiche: Space, Artificial Intelligence, Fundamental Research, Software

Tipo di progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Modelli di Deep Learning per l'analisi accelerata di simulazioni cosmologiche

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Partner: Koexai S.r.l., INAF, Università di Catania

Sintesi del progetto

DeepCosmoNet ha sviluppato una pipeline di Intelligenza Artificiale per identificare strutture cosmiche – come aloni e vuoti – all'interno di simulazioni a N-corpi di grandi dimensioni. Il progetto mira a fornire risposte alla crescente complessità dei dataset numerici, dove i metodi tradizionali risultano lenti e difficili da scalare. Le soluzioni proposte riducono drasticamente i tempi di analisi grazie all'uso di modelli neurali ottimizzati per dati 3D e accelerati su GPU.

Obiettivi

Sostituire algoritmi iterativi basati su CPU con metodi più rapidi e adattabili; permettere l'analisi istantanea di simulazioni da miliardi di particelle; ottenere cataloghi di strutture cosmiche con accuratezza paragonabile a quella dei metodi fisici tradizionali.

Problemi e necessità

Le simulazioni cosmologiche moderne producono quantità di dati che superano la capacità dei metodi convenzionali, rendendo impraticabile la caratterizzazione delle strutture durante l'esecuzione. Servono tecniche che mantengano fedeltà fisica ma con tempi computazionali molto più brevi.

Soluzioni sviluppate

DeepCosmoNet ha introdotto due pipeline:

HALOS, per segmentare sub aloni, e **VOIDS**, una rete 3D per individuare i vuoti cosmici. Le sperimentazioni effettuate mostrano riduzioni

dei tempi di elaborazione di circa un ordine di grandezza rispetto alle tecniche classiche, mantenendo una qualità dei risultati comparabile.

Impatti

Il progetto permette di analizzare più snapshot, eseguire simulazioni più estese e ottenere cataloghi utili per studi su materia oscura, formazione galattica e struttura su larga scala. L'approccio contribuisce a rafforzare le competenze nazionali nell'uso combinato di IA e HPC, con potenziali ricadute su altri settori che trattano dati tridimensionali complessi.

Settori di applicazione

Oltre al dominio **Spazio**, le tecniche sviluppate hanno applicazioni negli ambiti dell'Intelligenza Artificiale, **delle Nuove Tecnologie**, del **Software** e in campi che analizzano data-set discreti di dati spaziali, come geospaziale, materiali avanzati, imaging medico e modellazione strutturale.

ESPAI – Enhancing Signal Purity with Artificial Intelligence in X-band telescopes

Aree Tematiche: Space, Artificial Intelligence, Software

Tipo di progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Pipeline automatizzata di riduzione dati e classificazione per rimuovere flare solari nei dati del telescopio spaziale XMM-Newton

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Partner: Koexai S.r.l.; Università di Roma "Tor Vergata"

Sintesi del progetto

Obiettivo di ESPAI è stato fornire soluzioni per superare la perdita di dati osservativi causata dai flare solari che saturano i rivelatori del telescopio spaziale XMMNewton, rendendo inutilizzabili porzioni significative delle osservazioni. Il progetto sviluppa metodi di IA per riconoscere e separare automaticamente il contributo dei flare dal segnale astrofisico, aumentando il valore scientifico delle osservazioni e recuperando misure altrimenti scartate.

Obiettivi

Automatizzare l'intero flusso di dati compromessi dai flare: download delle osservazioni, riduzione del rumore, classificazione delle caratteristiche dei flare nelle osservazioni, così da migliorare la purezza del segnale e massimizzare il ritorno scientifico della missione XMM-Newton.

Problemi e necessità

I flare solari occorrono di frequente e coprono le sorgenti d'interesse; l'assenza di un filtraggio efficace porta a scartare tempo di osservazione costoso e non ripetibile. Serve una soluzione riproducibile che riduca la contaminazione senza introdurre artefatti.

Soluzioni sviluppate

Sono stati realizzati un downloader automatico, una pipeline orientata al Machine Learning, un'analisi completa delle feature e modelli di classificazione basati su Machine Learning,

utilizzando per il training eventi di flare sintetici e prevedendo strategie robuste per osservazioni rumorose e ottimizzazioni in inferenza su curve di luce. Le attività hanno richiesto GPU e risorse HPC per gestire volumi e addestramenti su larga scala.

Impatti

Il sistema consente la **rianalisi dell'archivio XMMNewton**, recuperando dati utili e migliorando la qualità delle misure. Le tecniche di classificazione del segnale e filtraggio del rumore sono trasferibili ad altri domini che trattano serie temporali complesse, come quelle derivanti dall'osservazione della Terra, dallo Space Weather e prodotte in ambito sanitario e industriale.

Settori di applicazione

Impatto diretto negli ambiti **Spazio e Intelligenza Artificiale** con ricadute anche nei settori del **Software** e **delle Nuove Tecnologie**, dove la combinazione di IA e HPC accelera l'analisi di dataset rumorosi e su larga scala.

FaB-HPCc – Fast, robust Bayesian analysis for very high-dimensional problems on HPC clusters

Aree Tematiche: Fundamental Research, Software, Artificial Intelligence

Tipo di progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Strumenti containerizzati e ottimizzati per l'inferenza Bayesiana ad alta dimensionalità su architetture HPC e GPU

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Partner: Università degli Studi dell'Insubria, INAF

Sintesi del progetto

FaB-HPCc ha affrontato il problema della complessità dell'analisi Bayesiana utilizzata per caratterizzare le sorgenti di onde gravitazionali. Queste analisi richiedono l'esplorazione di spazi di parametri estremamente ampi, con un costo computazionale elevato. Il progetto ottimizza strumenti esistenti e introduce nuove configurazioni pensate per lavorare efficientemente sia su cluster multi-CPU sia su architetture GPU, offrendo alla comunità astrofisica strumenti più rapidi e riproducibili.

Obiettivi

Ridurre i tempi di campionamento dei parametri, semplificare l'utilizzo dei tool tramite container, rendere più agevole l'esecuzione su piattaforme diverse e predisporre versioni ottimizzate per l'analisi di segnali gravitazionali, inclusi quelli attesi da dataset di pulsar timing array.

Problemi e necessità

La caratterizzazione delle sorgenti gravitazionali richiede campionamenti intensivi su spazi multidimensionali, attività che comporta tempi proibitivi in assenza di una parallelizzazione del calcolo efficiente. Ciò necessario uniformare l'esecuzione dei software, garantire riproducibilità e fornire configurazioni adeguate alla complessità dei dati.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha containerizzato gli strumenti più diffusi, integrandoli con diversi campioni dati e ottimizzando i parametri di parallelizzazione.

Sono stati inoltre sviluppati strumenti dedicati alle GPU con configurazioni specifiche per la ricerca di segnali gravitazionali. L'uso dell'HPC permette di affrontare dataset di grandi dimensioni e accelerare i processi di training per i modelli più complessi.

Impatti

FaB-HPCc rende più accessibili e veloci analisi cruciali per la ricerca sulle onde gravitazionali, migliorando la capacità di interpretare segnali astrofisici. Le tecniche sviluppate possono essere adattate anche ad altri ambiti, scientifici e industriali, che richiedono esplorazioni in spazi di parametri molto estesi. [https://supercomputingxc-my.sharepoint.com/personal/matteo_massicci_supercomputing-icsc_it/Documents/File chat di Microsoft Copilot/BAC_Spoke 3_FaB-HPCc_Alessandro Lupi.pdf](https://supercomputingxc-my.sharepoint.com/personal/matteo_massicci_supercomputing-icsc_it/Documents/File%20chat%20di%20Microsoft%20Copilot/BAC_Spoke3_FaB-HPCc_Alessandro%20Lupi.pdf)

Settori di applicazione

Oltre alla **Ricerca Fondamentale**, i risultati ottenuti possono essere utili nei campi dell'**Intelligenza Artificiale**, del **Software** e delle **Nuove Tecnologie**, in particolare quando sono necessari metodi scalabili per lavorare con modelli complessi e dataset ad alta dimensionalità.

FastParam – Machine Learning Strategies for Accelerating Parametric Models for Gravitational Wave Detection in Pulsar Signals

Aree Tematiche: Space, Artificial Intelligence Intelligenza, Fundamental Reserach

Tipo di progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Framework di inferenza accelerata tramite Machine Learning e Flussi di Normalizzazione per modelli gerarchici ad alta dimensionalità

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Partner: Koexai S.r.l., INAF, Università di Catania

Sintesi del progetto

FastParam propone un nuovo approccio per rendere più rapida e accurata l'individuazione dei Pulsar Timing Arrays impiegate per il rilevamento indiretto delle onde gravitazionali. Il progetto riduce drasticamente i tempi di inferenza dei modelli Bayesiani, superando i limiti degli approcci tradizionali che faticano a scalare in spazi parametrici molto estesi e affetti da forte correlazione tra parametri.

Obiettivi

Separare in modo efficace gli iperparametri del modello, migliorare la scalabilità delle tecniche di campionamento e ottenere stime prive di errori. L'obiettivo principale è fornire strumenti che permettano test più rapidi delle ipotesi fisiche e la produzione di misure più affidabili del fondo di onde gravitazionali.

Problemi e necessità

Le tecniche di inferenza attuali richiedono tempi proibitivi per l'analisi di dataset crescenti, soprattutto quando rumore e segnali risultano difficili da disaccoppiare. L'esigenza principale è trovare soluzioni che riducano drasticamente il numero di campioni rifiutati e la dipendenza dalle scelte di distribuzione delle probabilità di segnali promettenti, mantenendo la robustezza statistica delle stime.

Soluzioni sviluppate

FastParam ha utilizzato una tecnica computazionale per la comparazione dei modelli e la

definizione di campioni di distribuzione attendibili dei Pulsar Timing Arrays in combinazione con la normalizzazione del flusso dati per agevolare il campionamento nello spazio dei parametri.

Impatti

Il progetto accelera in modo significativo le analisi, consentendo esperimenti più rapidi e una migliore interpretazione dei parametri astrofisici. Le tecniche sviluppate possono essere applicate a qualsiasi dominio che utilizzi modelli gerarchici complessi o che soffra di elevati tassi di rigetto durante il campionamento.

Settori di applicazione

Oltre al settore **Spazio**, l'utilità del framework può estendersi agli ambiti **Statistica**, **Nuove tecnologie** e ad applicazioni in finanza, imaging medico, osservazione della Terra e modellazione fisica avanzata, dove servono inferenze affidabili e veloci in spazi ad alta dimensionalità

GRAIS – Gamma Ray Artificial Intelligent System

Aree Tematiche: Space, Artificial Intelligence, Software

Tipo di progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Pipeline automatizzata per il rilevamento del fenomeno dei orphan afterglows (bagliori orfani) nei dati gamma di telescopio spaziale Fermi-LAT

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Partner: Koexai S.r.l.; INFN; Università di Trieste

Sintesi del progetto

GRAIS sviluppa un sistema di intelligenza artificiale per identificare gli orphan afterglows, deboli emissioni di raggi gamma generate da Gamma Ray Bursts. Questi eventi sono estremamente difficili da riconoscere nei dati della missione Fermi-LAT, dove segnali rari e poco energetici vengono facilmente confusi con il fondo strumentale o ignorati dai metodi tradizionali. Il progetto mira a recuperare eventi preziosi per comprendere la frequenza e la distribuzione energetica dei Gamma Ray Bursts.

Obiettivi

Costruire un sistema in grado di individuare automaticamente strutture temporali, energetiche e spaziali compatibili con gli afterglows, compensando la scarsità di casi reali tramite simulazioni e rendendo più completa la catalogazione dei Gamma Ray Bursts nel dataset Fermi-LAT.

Problemi e necessità

L'assenza del segnale iniziale di rivelazione del fenomeno e la debolezza delle emissioni rendono gli orphan afterglows invisibili agli algoritmi standard. Ciò comporta una sottostima del numero reale di GRB e una perdita significativa di informazione scientifica. È necessario un metodo in grado di scovare segnali rari in dataset estremamente estesi e rumorosi.

Soluzioni sviluppate

GRAIS ha costruito un workflow completo

composto da: un tool di pre-processing dei dati Fermi, la generazione di migliaia di eventi sintetici, l'analisi statistica delle distribuzioni fotoniche e lo sviluppo di modelli di anomaly detection in grado di isolare pattern compatibili con afterglows.

Impatti

Il progetto aumenta la resa scientifica della missione Fermi-LAT, permettendo di recuperare eventi precedentemente non identificati. Le tecniche sviluppate, utili per segnali rari e rumorosi, possono essere adattate ad altri campi che affrontano problemi simili, dal monitoraggio terrestre all'analisi di dati industriali complessi.

Settori di applicazione

Oltre al dominio **Spazio**, i metodi sono rilevanti per l'**Intelligenza Artificiale**, le **Nuove Tecnologie**, il **Software** e applicazioni che richiedono identificazione di eventi rari in grandi dataset (Osservazione della Terra, Space Weather, sistemi industriali di monitoraggio).

Gravity

Aree Tematiche: Space, Fundamental Research, Software

Tipo di progetto: bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Codice HPC accelerato su GPU per la modellazione di sistemi astronomici responsabili degli effetti di lente gravitazionale complessi

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Partner: Università degli Studi di Milano

Sintesi del progetto

Gravity ha sviluppato un codice avanzato per modellare i sistemi astronomici che danno origine agli effetti di lente gravitazionale forte, con particolare riferimento agli ammassi di galassie che producono centinaia di immagini multiple e archi estesi. Questi sistemi sono fondamentali per ricostruire la distribuzione di massa, visibile e oscura, e per ottenere vincoli cosmologici basati sull'ingrandimento e sulla distorsione imposti dalla lente. Il progetto introduce un approccio computazionale altamente efficiente, capace di superare di circa un ordine di grandezza le prestazioni dei codici allo stato dell'arte.

Obiettivi

Velocizzare l'inferenza dei parametri dei modelli di lente gravitazione attraverso un software scalabile, sfruttando architetture multi-CPU e GPU. Fornire uno strumento robusto da applicare alle immagini acquisite dai telescopi spaziali Hubble, Euclid e James Webb. Migliorare la precisione dei modelli che descrivono la distribuzione di materia in ammassi complessi.

Problemi e necessità

La modellazione accurata degli ammassi richiede l'analisi di sistemi con numerosi vincoli osservativi. I metodi tradizionali risultano troppo lenti per gestire dataset moderni, limitando la possibilità di esplorare in maniera completa l'ampio spazio dei parametri. Servono strumenti capaci di sfruttare pienamente l'HPC e le GPU.

Soluzioni sviluppate

Il codice è stato interamente realizzato nel linguaggio di programmazione Julia, includendo programmi di controllo (kernel) GPU per le operazioni critiche. È stato testato su diverse scale tramite parametri di riferimento (benchmark) e software dedicato (Unit-test) fino alla validazione su calcoli completi.

Impatti

Gravity permette analisi più rapide e accurate dei sistemi che generano gli effetti di lente gravitazione, favorendo studi su materia oscura e cosmologia. Le competenze acquisite nel progetto - GPU programming, parallelizzazione, Bayesian inference - sono trasferibili ad altri settori scientifici e tecnologici che richiedono modelli complessi e calcolo intensivo.

Settori di applicazione

Oltre al dominio **Spazio**, le soluzioni sviluppate sono rilevanti per **le Nuove Tecnologie**, il **Software**, l'**Intelligenza Artificiale** e la **Ricerca Fondamentale**, soprattutto per applicazioni che richiedono simulazioni fisiche, modellazione avanzata e uso intensivo di HPC.

MLS – Machine Learning in Space

Settore di applicazione: Space, Artificial Intelligence, Fundamental Research, Software

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Simulazioni cosmologiche accelerate e reti neurali 3D per l'inferenza dei parametri cosmologici

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Partner: Università degli Studi di Milano

Sintesi del progetto

MLS nasce con l'obiettivo di migliorare l'analisi dei grandi cataloghi cosmologici prodotti da missioni come Euclid ed eROSITA, sfruttando tecniche di Machine Learning per estrarre più informazione di quelle ottenibili con le statistiche classiche. Il progetto sviluppa un approccio basato su simulazioni rapide e reti neurali tridimensionali, con l'obiettivo di ricavare parametri cosmologici chiave tramite l'osservazione nei raggi X dei cluster di galassie.

Obiettivi

Creare set di addestramento su larga scala utilizzando simulazioni approssimate tramite la teoria delle perturbazioni utilizzando simulazioni con emissioni di raggi X realistiche. Addestrare una Rete Neurale Convolutionale (CNN) 3D in grado di stimare parametri come la densità cosmica media e l'ampiezza delle fluttuazioni di densità con precisione superiore alle analisi tradizionali.

Problemi e necessità

Le analisi convenzionali basate su funzioni a n-punti perdono parte dell'informazione codificata nei campi cosmologici continui. Le missioni moderne generano dataset troppo ricchi per essere sfruttati completamente con i soli metodi statistici classici, rendendo necessario un cambio di paradigma analitico.

Soluzioni sviluppate

MLS ha prodotto oltre 32.000 universi simulati e ha implementato una CNN 3D capace di

incrementare la precisione nella stima della densità cosmica media e dell'ampiezza delle fluttuazioni di densità di oltre il 50% rispetto alle statistiche tradizionali, a partire dall'analisi della luminosità nei raggi X. Sono in corso test con Graph Neural Networks per apportare ulteriori miglioramenti.

[https://supercomputingxc-my.sharepoint.com/personal/matteo_massicci_supercomputing-icsc_it/Documents/File chat di Microsoft Copilot/BAC_Spoke 3_MLS_Luigi Guzzo.pdf](https://supercomputingxc-my.sharepoint.com/personal/matteo_massicci_supercomputing-icsc_it/Documents/File%20chat%20di%20Microsoft%20Copilot/BAC_Spoke%203_MLS_Luigi%20Guzzo.pdf)

Impatti

I risultati aumentano il valore scientifico dei dati raccolti dalle missioni cosmologiche, formando ricercatori su tecniche di AI applicate all'astrofisica. Le soluzioni sviluppate potranno essere adattate anche ad altri contesti di ricerca che necessitano simulazioni rapide e inferenze efficienti.

Settori di applicazione

Oltre al dominio **Spazio**, il progetto contribuisce settori dell'Intelligenza Artificiale, **delle Nuove Tecnologie**, del **Software** e della **Ricerca Fondamentale**, offrendo strumenti generalizzabili per analizzare campi tridimensionali complessi e dataset ad alta dimensionalità.

FLUENDO

Settore di applicazione: Software, Artificial Intelligence

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Strumenti per la trasformazione automatica di prototipi Jupyter in workflow distribuiti basati su Common Workflow Language (CWL)

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 1

Partner: Zerodivision Systems S.r.l., Università della Campania "Luigi Vanvitelli"

Sintesi del progetto

FLUENDO sviluppa un insieme di strumenti che colmano il divario tra la prototipazione rapida in ambienti interattivi – come Jupyter Notebook – e la distribuzione su architetture eterogenee che includono Cloud e HPC. Il progetto semplifica il passaggio dal codice sperimentale alla definizione di workflow riproducibili, riducendo attività manuali e possibili errori nell'adattamento del codice ai diversi ambienti di esecuzione.

Obiettivi

Definire un paradigma 'code once, run anywhere' che permetta a ricercatori e sviluppatori di trasformare automaticamente sezioni annotate del codice in workflow CWL, orchestrati tramite StreamFlow e compatibili con infrastrutture distribuite. Rendere più accessibili le architetture HPC e Cloud a utenti privi di competenze specifiche in calcolo distribuito.

Problemi e necessità

Molti sviluppatori AI non hanno esperienza nella gestione di pipeline computazionali distribuite. Il passaggio dal prototipo alla produzione richiede riscrittura del codice, ottimizzazione e configurazione dell'infrastruttura, processi che rallentano il ciclo di sviluppo e ne aumentano la complessità.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha prodotto un ambiente per progettare workflow distribuiti, un compilatore

source-to-source con annotazioni attraverso Python decorators e l'integrazione con StreamFlow per l'orchestrazione. Sono state adottate tecniche di Infrastructure-as-Code e containerizzazione per garantire portabilità. Il Proof-of-Concept ha mostrato miglioramenti nelle prestazioni in scenari di addestramento distribuito; sono state inoltre inviate quattro pubblicazioni a conferenze internazionali.

Impatti

FLUENDO può ridurre la complessità tecnica nell'uso di sistemi distribuiti, facilitando gruppi di ricerca con competenze limitate nel calcolo parallelo. Le soluzioni sviluppate possono essere impiegate in addestramento distribuito e federato ed applicazioni didattiche sul calcolo distribuito. La portabilità e l'uso di standard aperti favoriscono la replicabilità e il possibile riutilizzo in diversi contesti.

Settori di applicazione

Oltre al dominio **Software**, il progetto interessa i settori dell'**Intelligenza Artificiale**, della **Formazione**, e, in generale, contesti dove è richiesta l'esecuzione scalabile di workflow complessi su architetture distribuite.

VISDAM – Video Intelligent Semantic Descriptor & Automated Metadata

Settore di applicazione: Artificial Intelligence, Software, Society & Smart Cities

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Piattaforma modulare per l'analisi semantica real-time di flussi video continui

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 1

Partner: Università di Messina

Sintesi del progetto

VISDAM propone una piattaforma per interpretare contenuti video in tempo reale, trasformando flussi continui in informazioni strutturate e ricercabili. Il progetto risponde alla crescente necessità di analizzare grandi quantità di video in diversi settori, superando i limiti delle soluzioni tradizionali che operano offline o con scarsa scalabilità. VISDAM integra modelli avanzati di deep learning, un'architettura cloud-ready e un sistema di valutazione dei contenuti basato sugli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile.

Obiettivi

Garantire analisi frame-by-frame a bassa latenza, gestire stream molto lunghi mantenendo coerenza semantica, offrire un'integrazione API semplice e supportare applicazioni che richiedono metadattazione, moderazione, indicizzazione o valutazione dei contenuti secondo criteri Ambientali, Sociali e di Governance (ESG).

Problemi e necessità

Il volume crescente di video supera le capacità delle analisi manuali. Le tecnologie disponibili sono spesso frammentate o non adatte a scenari operativi realtime. Inoltre, gli attuali sistemi ignorano quasi del tutto la dimensione della sostenibilità, oggi centrale per aziende e istituzioni.

Soluzioni sviluppate

VISDAM ha realizzato un prototipo completo dotato di sistemi per l'inserimento di caption, la

comprensione delle scene e la gestione di stream oltre 10.000 frame. L'architettura, basata su microservizi e container, consente scalabilità e integrazione modulare. L'ottimizzazione tramite token compression ha ridotto del 77% il costo computazionale e diminuito le latenze.

Impatti

La piattaforma migliora l'accessibilità, supporta la sicurezza in contesti operativi, facilita la moderazione dei contenuti e ottimizza l'uso dei dati video. In ambito industriale e pubblico riduce tempi e costi di gestione, abilita nuove funzionalità basate sull'AI e promuove un utilizzo più responsabile dei media digitali.

Settori di applicazione

Le principali ricadute del progetto riguardano i settori **Media & Broadcasting, Smart Cities, Software, Artificial Intelligence** e **Formazione**, con potenziali applicazioni anche per la sostenibilità, sicurezza, infrastrutture digitali e servizi pubblici basati su video intelligence.

AQUAMAN – Advanced QUAntum MACHiNe learNing

Settore di applicazione: Quantum Computing, Artificial Intelligence, Fundamental Research, Software

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Algoritmi avanzati di Quantum Machine Learning e metodi di encoding variazionale dei dati

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 10

Partner: Università di Parma

Sintesi del progetto

AQUAMAN sviluppa nuovi algoritmi di Quantum Machine Learning (QML) pensati come componenti fondamentali per applicazioni verticali. Il progetto affronta tre aspetti centrali della QML: l'encoding dei dati classici in stati quantistici, l'analisi delle topologie di entanglement e delle configurazioni dei circuiti quantistici effettuate dagli algoritmi ibridi dedicati (variational quantum circuits), e la riduzione dei costi computazionali dei processi di ottimizzazione dei modelli.

Obiettivi

Il progetto mira a rendere più efficienti e scalabili gli algoritmi quantistici per ottenere un reale vantaggio rispetto ai metodi classici, a identificare configurazioni di circuiti e strategie di ottimizzazione che migliorino precisione e stabilità dei modelli QML e a semplificare la preparazione degli stati quantistici per futuri casi d'uso in diversi settori.

Problemi e necessità

I variational quantum circuits presentano limiti legati alla scelta dell'encoding, alla profondità dei circuiti e alla correlazione tra parametri. Le tecniche di ottimizzazione convenzionali risultano spesso poco scalabili. Servono soluzioni che riducano la complessità e migliorino la capacità dei circuiti di rappresentare correttamente i dati.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha introdotto: un algoritmo scalabile di encoding; un metodo di encoding supervisionato che massimizza la distanza fra classi di dati e minimizzando quella intra-classe; un'analisi sistematica delle performance di diverse topologie di entanglement in grado di generare distribuzioni e creare immagini e classificazioni; l'uso di algoritmi evolutivi e Particle Swarm Optimization per l'addestramento delle Reti Neurali Quantistiche (QNN), testati sia in simulazione che su veri computer quantistici.

Impatti

Le tecniche sviluppate possono essere applicate a compiti di classificazione, generazione e preparazione efficiente di stati quantistici, con ricadute future in ambiti come scienza dei materiali, finanza, cybersecurity e simulazione quantistica. Il progetto intende inoltre avvicinare la comunità scientifica agli strumenti QML tramite software open source.

Settori di applicazione

Oltre al dominio **Quantum computing**, i risultati sono rilevanti per i settori dell'**Intelligenza Artificiale**, del **Software** e della **Ricerca Fondamentale**, con possibilità di essere sfruttati in ambiti che richiedono ottimizzazione complessa e modelli avanzati di apprendimento quantistico.

CHQO-CFN HQLA – Efficient Cash Flow Netting in High-Quality Liquid Assets using Quantum Computers

Settore di applicazione: Quantum Computing, Finance

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: algoritmi quantistici per l'ottimizzazione distribuita di problemi combinatori su processori quantistici (QPU)

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 10

Partner: G2Q Computing

Sintesi del progetto

CHQO-CFN HQLA esplora l'uso del calcolo quantistico per affrontare il problema dell'ottimizzazione del cash flow netting, operazione essenziale per gli istituti bancari che devono ridurre l'ammontare di liquidità da coprire con High-Quality Liquid Assets (HQLA). Il progetto dimostra che problemi complessi e con crescita esponenziale possono essere affrontati tramite architetture quantistiche, distribuendo il calcolo su più circuiti paralleli.

Obiettivi

Il progetto mira a: ottimizzare la compensazione dei flussi di cassa su molteplici conti; ridurre significativamente il fabbisogno di HQLA; verificare la possibilità di gestire problemi di grandi dimensioni grazie alla decomposizione quantistica del problema in sottocomponenti eseguibili su QPU di dimensioni ridotte.

Problemi e necessità

Gli attuali algoritmi classici affrontano il cash flow netting con soluzioni approssimate, spesso lente e difficili da scalare. Con l'aumento della complessità e del volume delle transazioni, è quindi necessario trovare modi più efficienti per ottimizzare i flussi e contenere i costi di liquidità.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha ottenuto la risoluzione di un problema da 50 variabili utilizzando tre circuiti quantistici da 20 e 10 Qubit, dimostrando che

problemi superiori alla dimensione dei singoli QPU possono essere suddivisi e gestiti in parallelo. L'algoritmo segmenta il problema in sottoproblemi indipendenti, li esegue su QPU per raccogliere campioni utili alla convergenza e ricompone poi la soluzione complessiva mantenendo le correlazioni rilevanti.

Impatti

Le tecniche sviluppate possono essere applicate a compiti di classificazione, generazione e preparazione efficiente di stati quantistici, con ricadute future in ambiti come scienza dei materiali, finanza, cybersecurity e simulazione quantistica. Il progetto intende inoltre avvicinare la comunità scientifica agli strumenti di Quantum Machine Learning tramite software open source.

Settori di applicazione

Oltre al dominio **Quantum computing**, i risultati sono rilevanti per i settori dell'**Intelligenza Artificiale**, del **Software** e della **Ricerca Fondamentale**, con possibilità di essere sfruttati in ambiti che richiedono ottimizzazione complessa e modelli avanzati di apprendimento quantistico.

HYQELM – Hybrid Quantum Extreme Learning Machines

Settore di applicazione: Quantum Computing, Artificial Intelligence, Fundamental Research

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Algoritmi ibridi di Quantum Extreme Learning Machine implementati su hardware quantistico

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 10

Partner: Università degli Studi di Palermo

Sintesi del progetto

HYQELM sviluppa algoritmi ibridi che combinano tecniche di intelligenza artificiale classica e quantistica per la realizzazione di un modello di Machine Learning che sfrutti il calcolo quantistico (Quantum Extreme Learning Machines - QELM). L'obiettivo è creare modelli utilizzabili sugli odierni dispositivi quantistici, più realistici rispetto alle architetture ideali basate esclusivamente su circuiti quantistici, dato il tasso di errore a cui è ancora soggetto l'attuale hardware quantistico.

Obiettivi

Obiettivo del progetto è la realizzazione di algoritmi capaci di sfruttare l'esplorazione quantistica dello spazio delle soluzioni e integrarli con modelli di apprendimento rapido, al fine di migliorare le prestazioni, e creare strumenti adatti a compiti sia classici sia quantistici, come la previsione delle energie molecolari o l'identificazione di parametri associati all'entanglement degli stati quantistici.

Problemi e necessità

I modelli quantistici basati solo su circuiti sono limitati dall'attuale rumore hardware. È necessario un approccio ibrido che aggiri tali vincoli, permettendo di utilizzare i vantaggi del calcolo quantistico senza richiedere dispositivi completamente affidabili.

Soluzioni sviluppate

Sono stati implementati algoritmi QELM su computer quantistici reali e piattaforme

fotoniche, che si sono dimostrati più efficienti rispetto a modelli puramente classici. È stata inoltre verificata la performance degli algoritmi nell'esecuzione di compiti diversi: dalla modellazione di proprietà fisiche alla classificazione di atmosfere esoplanetarie. L'ibridazione ha portato a processi di training più rapidi e robusti, valorizzando la capacità quantistica di esplorare ampi spazi di soluzione.

Impatti

Le applicazioni potenziali includono pattern recognition, ottimizzazione e predictive modeling in chimica, biologia, astrofisica e sistemi quantistici. Con il maturare dell'hardware, modelli ibridi come HYQELM potranno fornire contributi cruciali in settori quali farmaceutica, finanza, telecomunicazioni e sanità.

Settori di applicazione

Le principali ricadute del progetto riguardano il settore del **Quantum Computing**, dell'**Intelligenza Artificiale** e della **Ricerca Fondamentale**, con prospettive future anche in campi applicativi che richiedono elaborazioni complesse su grandi dataset, come le **Scienze della Vita** e la **Sensoristica Quantistica**.

QML-NTED – Quantum Machine Learning Algorithms for Nuclear Theory and Edge Detection

Settore di applicazione: Quantum Computing, Artificial intelligence, Fundamental Research

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Algoritmi di Quantum Machine Learning e architetture ibride Quantum Neural Network/Quantum Convolutional Neural Network (QNN/QCNN) per modellazione nucleare ed Edge Detection

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 10

Partner: Università degli Studi della Campania “Luigi Vanvitelli”

Sintesi del progetto

QML-NTED sviluppa algoritmi di Quantum Machine Learning (QML) pensati per applicazioni reali in domini complessi come la teoria nucleare e l'elaborazione di immagini. Il progetto nasce dalla necessità di creare metodi quantistici generali e riutilizzabili, capaci di superare i limiti dei modelli classici nell'ottimizzazione, nell'analisi strutturale e nel riconoscimento di pattern.

Obiettivi

Il progetto mira a sviluppare componenti per il calcolo quantistico che possano essere impiegati in contesti diversi, validare QNN e QCNN per compiti di modellazione e classificazione, creare algoritmi quantistici per l'edge detection e testare prototipi su hardware quantistico per verificarne robustezza e scalabilità.

Problemi e necessità

Gli approcci classici mostrano limiti nell'analisi di sistemi nucleari e di immagini complesse. Allo stesso tempo, le applicazioni quantistiche disponibili rimangono allo stato di prove di concetto e sono prive di validazione su casi concreti. Serve quindi progettare algoritmi ibridi che possano superare la complessità classica e sfruttare, nel contesto attuale, il vantaggio quantistico.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha prodotto algoritmi QML verificati tramite benchmark e pubblicazioni scientifiche in cui sono riportati vantaggi e i risultati relativi a: valutazioni comparative tra Reti Neurali in ambito nucleare; lo sviluppo di un motore di inferenza quantistica (*Quantum Fuzzy Inference Engine*) per edge detection; la creazione repository software open e standardizzati per favorire riuso e replicazione.

Impatti

Le tecniche sviluppate possono migliorare l'analisi di immagini in ambiti quali la medicina, l'ispezione industriale e la robotica, contribuendo a modellazioni più accurate in teoria nucleare. I risultati rafforzano la competitività nazionale nel settore del QML e forniscono strumenti adattabili a settori che richiedono analisi avanzate di dati complessi.

Settori di applicazione

Oltre al dominio **Quantum computing**, il progetto può contribuire ai settori dell'Intelligenza Artificiale e dello sviluppo **Software**, con applicazioni nell'**Industria**, nell'**Imaging Medico** e nella **Ricerca Fondamentale**, offrendo metodi applicabili a dati scientifici, diagnostica, quality control e materiali avanzati.

QSUD – Quantum SUstainable smart Design

Settore di applicazione: Quantum Computing, Engineering and Multiscale Modelling, Industry

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Algoritmi quantistici per l'ottimizzazione topologica di strutture reticolari

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 10

Partner: Know Wow S.r.l., Politecnico di Milano

Sintesi del progetto

QSUD esplora l'uso del calcolo quantistico per ottimizzare la topologia delle strutture a traliccio, un problema ingegneristico complesso che richiede ingenti risorse computazionali e per il quale i metodi fisici tradizionali non sempre producono soluzioni soddisfacenti. Il progetto dimostra la fattibilità dell'impiego di Quantum Computing e di modelli matematici per la risoluzione di modelli di ottimizzazione matematica per individuare configurazioni leggere, efficienti e sostenibili, contribuendo a ridurre l'uso di materiali e i costi energetici associati alla progettazione.

Obiettivi

Il progetto si concentra sull'ottimizzazione topologica con tecniche innovative e scalabili e sul miglioramento dell'efficienza e della qualità delle soluzioni quantistiche rispetto ai metodi classici per la generazione di strutture robuste ma più leggere, adatte a diversi ambiti applicativi.

Problemi e necessità

La progettazione di strutture complesse richiede enormi capacità di calcolo e produce risultati spesso non ottimali. È quindi essenziale adottare nuovi paradigmi di ottimizzazione che possano superare le limitazioni degli approcci convenzionali e portare alla produzione di materiali resistenti e sostenibili.

Soluzioni sviluppate

QSUD ha sfruttato il calcolo quantistico e modelli matematici per la risoluzione di modelli di ottimizzazione matematica (Quadratic Unconstrained Binary Optimization) per la

progettazione di strutture reticolari, generando soluzioni topologiche ottimizzate. Le tecniche implementate sono state testate su casi rappresentativi e hanno mostrato potenziale per scalare verso problemi più complessi.

Impatti

Le strutture ottimizzate risultano più leggere, con minore consumo di materia prima e minore energia necessaria per le simulazioni. In prospettiva, questo approccio può contribuire alla realizzazione di sistemi meccanici e infrastrutturali più sostenibili. Le tecniche sviluppate sono trasferibili anche a casi d'uso nei campi della biomeccanica inerenti la realizzazione di dispositivi protesici e componentistica complessa.

Settori di applicazione

I risultati del progetto hanno applicazioni negli ambiti dell'**Ingegneria**, dell'**Industria** e della **Scienza dei Materiali**, con ricadute anche nel campo della **Salute** e delle **Infrastrutture**, ovunque siano presenti strutture reticolari o problemi di ottimizzazione complessa basati su modelli fisici e computazionali.

QUOVADIS – Quantum Optimization Variational Algorithms for Higher-Dimensional Systems

Settore di applicazione: Quantum Computing, Fundamental Research

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Algoritmi ibridi (classico/quantistici) per la selezione di stati eccitati

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 10

Partner: Università degli Studi dell'Insubria

Sintesi del progetto

QUOVADIS esplora l'uso di algoritmi quantistici del tipo Variational Quantum Algorithms (VQA) per individuare e preparare stati eccitati non termici, i cosiddetti *many-body scar states*. Il progetto risponde al bisogno di algoritmi ibridi capaci di operare sugli attuali dispositivi quantistici rumorosi, fornendo strumenti concreti per superare i limiti dell'hardware quantistico e aprendo la strada a nuove applicazioni nel sensing quantistico.

Obiettivi

Il progetto intende sviluppare metodi variazionali dedicati all'individuazione di stati quantistici eccitati e comprendere come i VQA possano selezionare *many-body scar states*, sviluppando algoritmi utilizzabili su hardware reale per verificare robustezza e potenziale applicativo in ambiti futuri del quantum sensing.

Problemi e necessità

Gli odierni computer quantistici non sono tolleranti agli errori e soffrono limiti di rumore ed entanglement. Sono quindi necessari algoritmi ibridi che, pur operando su hardware imperfetto, permettano di indirizzare stati quantistici di interesse e di diagnosticarne le proprietà fisiche.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha introdotto un nuovo motore per la risoluzione degli algoritmi variazionale, denominato o-VQE, progettato per individuare stati quantistici eccitati e riconoscere la presenza di many-body scars. Il metodo è stato testato in simulazione e sperimentato su hardware

quantistico reale, dimostrando la fattibilità della procedura anche in condizioni di rumore. L'approccio combina ottimizzazione classica e circuiti quantistici calibrati per lavorare nella regione centrale dello spettro.

Impatti

La possibilità di identificare e preparare stati scars potrebbe potenziare il sensing quantistico, migliorando stabilità e resilienza dei protocolli in dispositivi NISQ. I risultati contribuiscono al progresso degli algoritmi ibridi e avvicinano l'uso pratico dei VQA a casi d'uso reali in ambito scientifico e tecnologico.

Settori di applicazione

Oltre alla **Quantum computing**, i risultati del progetto sono d'interesse per la **Ricerca Fondamentale** e future applicazioni nel campo della **Sensoristica Quantistica**, offrendo strumenti replicabili anche in contesti formativi.

USCE2QC – A Holistic Approach to Quantum Computing Dependability

Settore di applicazione: Quantum Computing, Software, Fundamental Research

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Architetture ibride Edge to Quantum e modelli hardware basati su accoppiamento ultraforte dei Qubit (Ultrastrong Coupling - USC) per la riduzione del rumore

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 10

Partner: SmartMe.io S.r.l.

Sintesi del progetto

USCE2QC sviluppa un approccio integrato alla costruzione di computer quantistici più affidabili, affrontando contemporaneamente i limiti hardware dei Qubit superconduttivi e la necessità di infrastrutture software che integrino componenti Edge, Cloud e Quantum. Il progetto dimostra che il regime di accoppiamento ultraforte dei Qubit può sopprimere in modo naturale i fenomeni associati alla perdita dell'informazione quantistica, mentre l'architettura Edge to Quantum fornisce un ecosistema pronto per la gestione dei carichi ibridi.

Obiettivi

Il progetto si pone come obiettivo la riduzione del rumore nei Qubit superconduttivi e la creazione di architetture distribuite in grado di orchestrare compiti classico-quantistici, aprendo la strada alla realizzazione di strumenti che facilitino il passaggio dagli attuali calcolatori quantistici a forme più evolute di calcolo tolleranti all'errore.

Problemi e necessità

I sistemi quantistici odierni richiedono enormi sovraccosti per la correzione degli errori. Senza un aumento della coerenza dei Qubit e senza infrastrutture software adattabili, la scalabilità rimane fuori portata. È quindi essenziale combinare innovazioni hardware e soluzioni di orchestrazione capaci di gestire risorse eterogenee.

Soluzioni sviluppate

Le simulazioni effettuate mostrano un incremento significativo della coerenza logica sfruttando l'accoppiamento ultraforte tra Qbit. Parallelamente, è stata realizzata un'architettura Edge to Quantum robusta, dotata di algoritmi intelligenti per la suddivisione dei task e per il controllo dei workflow tra Edge, Cloud e Quantum.

Impatti

Il progetto apre la strada a Qubit più stabili e a calcoli quantistici più lunghi, con implicazioni dirette in settori come la Drug Discovery, la progettazione di materiali e l'ottimizzazione complessa. L'architettura Edge to Quantum garantisce inoltre che i futuri computer quantistici possano essere integrati rapidamente nei sistemi digitali esistenti.

Settori di applicazione

Oltre al dominio **Quantum computing**, le ricadute interessano l'**Artificial Intelligence**, l'**Industria**, l'**Healthcare**, la scienza dei **Materiali** e l'**Ingegneria**, dove l'aumento dell'affidabilità dei Qubit e la disponibilità di workflow ibridi possono accelerare ricerca e sviluppo.

INGENIOS – Benchmarking della Quantum Supremacy per Ottimizzazione Combinatoria e Machine Learning

Settore di applicazione: Quantum Computing, Artificial Intelligence, Software

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Framework sperimentale per definizione parametri di performance del calcolo quantistico, algoritmi quantistici di ottimizzazione (variational constraintaware), pipeline ibride (classico-quantistiche) per Quantum Machine Learning (QML)

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 10

Partner: Spindox

Sintesi del progetto

INGENIOS affronta una delle questioni più urgenti nel panorama del quantum computing applicato all'industria: capire se, come e quando i computer quantistici possano offrire un vantaggio reale rispetto ai sistemi di computazione classici. Oggi la maggior parte delle valutazioni sulle potenzialità del calcolo quantistico si basa su infatti analisi teoriche, spesso lontane dalle condizioni operative reali, caratterizzate da dati rumorosi, vincoli strutturati e limiti dell'hardware quantistico. Il progetto propone un approccio sperimentale completo per colmare questo gap, testando algoritmi quantistici di ottimizzazione e Machine Learning in scenari concreti e fornendo una valutazione oggettiva della loro applicabilità industriale.

Obiettivi

INGENIOS mira a costruire un quadro metodologico rigoroso per verificare le prestazioni dei metodi quantistici su problemi realistici, orientando investimenti e strategie di adozione tecnologica su basi solide. L'obiettivo è produrre strumenti che consentano di misurare l'effettivo potenziale del quantum computing oggi e di preparare il terreno per usi più maturi in futuro, evidenziando sia opportunità sia limiti.

Problemi e necessità

Per verificare l'ipotesi del "vantaggio quantistico" abbia fondamento operativo occorrono

oggi test su dataset veri, con vincoli concreti e hardware reale. La maggior parte degli algoritmi quantistici richiede inoltre traduzioni complesse dei problemi, rendendo critico individuare formulazioni realistiche, scalabili e stabili. INGENIOS risponde a questa necessità offrendo un benchmarking sistematico e riproducibile, sfruttando HPC, Big Data e risorse quantistiche reali.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha ottenuto risultati significativi su più livelli. Ha sviluppato un approccio di ottimizzazione quantistica constraint-aware in cui vincoli selezionati vengono incorporati direttamente nei circuiti quantistici per migliorare stabilità e qualità delle soluzioni. Tale approccio è stato validato sia in simulazione sia su hardware reale IBM. Ha inoltre condotto una valutazione sistematica dei metodi di Quantum Machine Learning, comparati con baseline classiche su dataset realistici. Infine, ha realizzato EasyQ, un framework riutilizzabile per benchmarking, sperimentazione e valutazione tecnologica, già utilizzabile da ricercatori e imprese.

Impatti

INGENIOS contribuisce a un uso più responsabile e mirato del quantum computing, riducendo il rischio di investimenti guidati da hype e promuovendo un ecosistema più solido e consapevole. Le metodologie sviluppate aiutano aziende e istituzioni a comprendere quando i metodi quantistici possono realmente portare valore, in quali condizioni e con quali limiti.

Settori di applicazione

Le soluzioni prodotte sono replicabili e trasferibili in ambiti che richiedono decisioni complesse, modellazione vincolata o analisi di dati ad alta dimensionalità, come **Logistica, Energia, Manifattura avanzata, Finanza, Sicurezza Informatica**.

LOOQ – Chip fotonico integrato in Niobato di Litio (LiNbO₃) per computer quantistici special purpose

Settore di applicazione: Quantum Computing, Fundamental Reseracj

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Chip integrato in niobato di litio (LiNbO₃) per l'elaborazione quantistica fotonica

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 10

Partner: Camgraphics, Università degli Studi di Milano

Sintesi del progetto

LOOQ sviluppa un componente per hardware quantistico di nuova generazione basato su circuiti fotonici integrati, con l'obiettivo di abilitare un computer quantistico per compiti specifici ad alte prestazioni. In un contesto globale in cui la domanda di capacità computazionale cresce rapidamente e i limiti dei paradigmi classici diventano più evidenti, il progetto esplora soluzioni fotoniche avanzate utilizzando il niobato di litio, materiale chiave per la modulazione ottica ad alta velocità.

Obiettivi

L'obiettivo principale è realizzare un circuito fotonico integrato che renda possibile il processamento quantistico sfruttando proprietà intrinseche dei fotoni, come la coerenza e la minima interazione con l'ambiente. Un sistema di questo tipo può contribuire alla costruzione di un computer quantistico universale, e allo stesso tempo fornire una piattaforma specializzata per problemi mirati, particolarmente rilevanti nell'affrontare le grandi sfide globali.

Problemi e necessità

I computer quantistici attuali sono limitati da decoerenza, errori e requisiti hardware complessi. La fotonica integrata offre una via promettente per ridurre rumore, consumo energetico e interferenze, ma richiede capacità di progettazione e fabbricazione ancora poco mature. È necessario sviluppare componenti affidabili, riproducibili e integrabili in

architetture quantistiche più ampie. Il progetto risponde a questa necessità introducendo un chip che consente di testare funzionalità quantistiche in modo efficiente.

Soluzioni sviluppate

Il risultato più rilevante del progetto è la fabbricazione di un chip in niobato di litio pensato per il quantum information processing. Si tratta di un dispositivo fotonico integrato che rappresenta un primo passo verso una piattaforma hardware più completa. Il metodo impiegato per la progettazione e la realizzazione del chip consente la valutazione sperimentale delle sue prestazioni quantistiche, rendendo possibile il benchmarking e il confronto con altre tecnologie hardware emergenti.

Impatti

Sebbene il progetto sia ancora in fase iniziale, la realizzazione del chip abilita sviluppi potenzialmente trasformativi. I benefici prospettati riguardano numerosi settori, dalla sostenibilità energetica a nuove frontiere della medicina, passando per applicazioni nei processi di ottimizzazione e nella modellistica avanzata. La fotonica integrata può ridurre costi energetici e ambientali dei futuri computer quantistici e offrire soluzioni ad alta efficienza per problemi oggi inaffrontabili con il computing tradizionale.

Settori di applicazione

A lungo termine, il progetto può favorire progressi nel settore della **Quantum Technology**, con ricadute su **Medicina, Ecologia, Crittografia, Ottimizzazione Industriale e Sviluppo di materiali avanzati**.

BOODINI – BOOsting Discoveries of New Interactions

Settore di applicazione: Fundamental Research, Artificial intelligence

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Algoritmi e metodi AI per l'analisi di jet "boosted" in collisioni ad altissima energia

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 2

Partner: Università di Genova

Sintesi del progetto

BOODINI studia gli eventi prodotti negli acceleratori in cui particelle generate ad energie molto superiori alla loro massa decadono in adroni fortemente collimati, ricostruiti come un singolo jet. La struttura interna di questi jet contiene informazioni preziose sul processo fisico che li ha originati. Il progetto unisce strumenti teorici, simulazioni avanzate e nuovi algoritmi basati su intelligenza artificiale per migliorare la capacità di riconoscere e interpretare i jet, oggi centrali per la fisica del Large Hadron Collider del Cern ed essenziali per i futuri collisori ad altissima energia.

Obiettivi

Sviluppare nuovi metodi di analisi per identificare segnali di nuova fisica in presenza di jet "boosted", migliorando la capacità di modellarli e interpretare i dati prodotti, e fornire strumenti utili al programma LHC e ai primi studi per il Future Circular Collider (FCC).

[https://supercomputingxc-my.sharepoint.com/personal/matteo_massicci_supercomputing-icsc_it/Documents/File chat di Microsoft Copilot/BAC_Spoke 2_BOODINI_Simone Marzani.pdf](https://supercomputingxc-my.sharepoint.com/personal/matteo_massicci_supercomputing-icsc_it/Documents/File%20chat%20di%20Microsoft%20Copilot/BAC_Spoke%202_BOODINI_Simone%20Marzani.pdf)

Problemi e necessità

Le energie sempre più elevate degli acceleratori producono stati finali complessi, difficili da distinguere con tecniche tradizionali. Il riconoscimento dei jet "boosted" richiede sia calcoli teorici di precisione sia algoritmi capaci di trattare grandi moli di dati, mantenendo sensibilità verso segnali deboli di nuova fisica.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha prodotto risultati teorici, computazionali ed esperimenti che hanno già portato a una pubblicazione e a due articoli in revisione. Sono stati creati nuovi algoritmi basati su osservabili teoriche e tecniche di AI, supportati da simulazioni Monte Carlo e analisi fisiche avanzate. L'uso di infrastrutture HPC è stato fondamentale per i calcoli di precisione e la generazione dei dataset simulati.

Impatti

Il progetto fornisce strumenti per aumentare l'efficienza e l'accuratezza delle analisi nelle collaborazioni LHC e nei futuri studi FCC. La ricerca forma giovani scienziati attraverso mentorship dedicate e contribuisce a migliorare l'uso delle risorse computazionali in un contesto dove la complessità dei problemi cresce più rapidamente della capacità dei calcolatori.

Settori di applicazione

I risultati ottenuti possono essere sfruttati nei settori della Ricerca Fondamentale e dell'Intelligenza Artificiale possono, supportando l'intera comunità internazionale della fisica delle particelle, e avere un impatto rilevante sulle strategie europee per la prossima generazione di collisori.

BOOST – Electroweak Sector Exploration Through Advanced Jet Reconstruction

Settore di applicazione: Fundamental Research, Artificial intelligence, Software

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Classificatori Machine Learning e Quantum-Convolutional Neural Network (CNN) per la ricostruzione e l'identificazione di stati polarizzati nei jet dei bosoni vettoriali

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 2

Partner: Università degli Studi di Perugia

ricostruzioni estremamente precise. Questo richiede dataset massivi di eventi simulati e l'uso di tecniche AI ad alte prestazioni.

Soluzioni sviluppate

È in definizione gli strumenti di jet reconstruction ed è attiva la produzione dei campioni e si stanno predisponendo le risorse computazionali. È inoltre in sviluppo un classificatore di immagine per l'individuazione degli stati polarizzati, affiancato da un Quantum-CNN che, secondo studi preliminari, potrebbe migliorare ulteriormente le prestazioni di classificazione.

Sintesi del progetto

BOOST studia la rottura della simmetria elettrodebole mediante l'analisi di eventi prodotti negli acceleratori in cui bosoni vettori altamente energetici decadono formando jet complessi. La ricostruzione accurata della struttura del jet è cruciale per determinare lo stato di polarizzazione delle particelle e per verificare la validità del Modello Standard a energie sempre più elevate. Il progetto sviluppa nuovi classificatori basati su Machine Learning e indaga l'uso di Quantum-CNN per potenziare la sensibilità nell'identificazione di segnali elettrodeboli.

Obiettivi

Il progetto mira a costruire strumenti avanzati per ricostruire jet e identificare stati polarizzati, a ottimizzare le reti neurali per l'analisi degli eventi prodotti dal Large Hadron Collider (LHC) del Cern, a preparare dataset simulati e infrastrutture di calcolo per l'esecuzione delle analisi su larga scala e a sviluppare un framework stabile da sfruttare durante il Run 3 della fase ad alta luminosità di LHC (HL-LHC).

[https://supercomputingxc-my.sharepoint.com/personal/matteo_massicci_supercomputing-icsc_it/Documents/File chat di Microsoft Copilot/BAC_Spoke 2_BOODINI_Simone Marzani.pdf](https://supercomputingxc-my.sharepoint.com/personal/matteo_massicci_supercomputing-icsc_it/Documents/File%20chat%20di%20Microsoft%20Copilot/BAC_Spoke%202_BOODINI_Simone%20Marzani.pdf)

Problemi e necessità

Per stimare come e a quali scale avvenga la rottura di simmetria elettrodebole occorrono

Impatti

BOOST contribuisce al progresso della fisica fondamentale e all'elaborazione di strumenti analitici che miglioreranno l'interpretazione dei dati di LHC. Il progetto forma nuove competenze avanzate in AI e quantum computing applicati alla fisica delle alte energie.

Settori di applicazione

Le ricadute dirette del progetto riguardano la Ricerca Fondamentale, con applicazioni potenziali per tutte le istituzioni coinvolte nell'esperimento CMS del Cern e, più in generale, per la comunità internazionale impegnata nello studio del settore elettrodebole.

DarkSieve – Dark Sector Searches via Machine Learning for Boosted Dark Jets

Settore di applicazione: Fundamental Research, Artificial intelligence, Software

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Tecniche di machine Learning avanzate e modelli sostenibili di calcolo distribuito per l'identificazione di jets oscuri

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 2

Partner: Università di Udine, INFN

Soluzioni sviluppate

Tra le applicazioni emergenti valutate c'è l'estensione della logica GRID a cluster connessi di piccole dimensioni per democratizzare l'accesso al calcolo distribuito. È inoltre in corso lo sviluppo di modelli di Machine Learning avanzati, con particolare attenzione alla sostenibilità energetica, all'ottimizzazione dei modelli e all'adattamento su hardware a bassa potenza.

Impatti

DarkSieve può accelerare le scoperte in fisica delle particelle rendendo più sostenibile la gestione dei dati prodotti dai collisori di particelle. Le tecnologie sviluppate potranno essere trasferite a domini come diagnostica medica, monitoraggio ambientale, analisi finanziaria o cybersecurity, in cui pattern rari devono essere riconosciuti rapidamente e con costi ridotti.

Settori di applicazione

Il progetto interessa la **Ricerca Fondamentale**, l'**Intelligenza Artificiale**, l'**Industria** e l'**Healthcare**, offrendo tecniche generali per pattern recognition complessi, modelli di Machine Learning efficienti e infrastrutture computazionali più inclusive e a basso impatto energetico.

Sintesi del progetto

DarkSieve sviluppa nuove strategie per migliorare la sensibilità nella ricerca di jet "oscuri", segnali potenziali dell'esistenza di una componente oscura ancora (Dark Sector) non osservata. Il progetto combina tecniche di Machine Learning con un'attenzione particolare alla sostenibilità del calcolo, anticipando le esigenze dei futuri collisori adronici che produrranno dataset di dimensioni senza precedenti. L'obiettivo è ridurre il costo computazionale pur aumentando la capacità di distinguere dark jets da quelli ordinari, contribuendo a rendere più efficiente e inclusivo il modello di calcolo della fisica delle alte energie.

Obiettivi

Il progetto intende ottimizzare algoritmi di Machine Learning per il riconoscimento dei dark jets, ridurre il consumo energetico dei processi di analisi, sperimentare modelli di calcolo distribuito sostenibile e migliorare la scalabilità delle tecniche in vista dei futuri esperimenti condotti mediante collisori di particelle.

Problemi e necessità

La ricerca di segnali del Dark Sector richiede calcoli complessi e dataset enormi. Con l'aumento dei volumi di dati, è fondamentale rendere più efficienti gli algoritmi e ridurre l'impatto energetico del calcolo, mantenendo o migliorando l'accuratezza delle analisi.

DATOME-IA – Automatic Classification System for Documents and Images

Settore di applicazione: Artificial intelligence, Software, Finance

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Framework di Machine Learning multimodale per classificazione, estrazione entità, Retrieval Augmented Generation (RAG) e Retrieval Vettoriale

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 2

Partner: Mangrovia

Sintesi del progetto

DATOME-IA sviluppa un sistema intelligente per l'automazione dei processi documentali, integrando tecniche avanzate di AI per classificare documenti, analizzare pattern, rilevare anomalie e supportare attività di back-office. Il progetto mira a ridurre costi operativi, aumentare l'efficienza e migliorare l'affidabilità dei processi aziendali, offrendo un'infrastruttura coerente e scalabile basata su modelli AI, pipeline di Machine Learning operations e sistemi di retrieval potenziati.

Obiettivi

Il progetto mira ad automatizzare la gestione documentale, ridurre l'intervento umano nella verifica e classificazione, migliorare la compliance tramite tracciabilità basata su blockchain, integrare modelli AI aperti e personalizzabili e garantire un percorso di sviluppo sostenibile per aziende con elevati volumi di dati non strutturati.

Problemi e necessità

I metodi tradizionali per la classificazione documentale sono lenti, soggetti a errore e costosi. I settori fortemente regolamentati (finanza, assicurazioni, logistica) necessitano di sistemi affidabili, interrogabili e capaci di gestire grandi volumi di documenti eterogenei, mantenendo sicurezza e integrità delle informazioni.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha raggiunto risultati significativi che

hanno comportato attività di selezione, validazione e testing dei modelli di AI e del framework per l'implementazione dei sistemi retrieval.

Impatti

DATOME-IA migliora efficienza, riduce errori e supporta l'automazione documentale nei settori della finanza, delle assicurazioni e della logistica e in ambito legale. Favorisce sostenibilità attraverso la digitalizzazione dei processi, offre maggiore compliance e sicurezza dei dati e apre la strada a knowledge assistant aziendali basati su RAG e retrieval intelligente. Il software è già commercializzato tramite licenza annuale.

Settori di applicazione

Le applicazioni dirette della soluzione sviluppata riguardano i settori della **Finanza, Assicurativo, Legale e della Salute**, con ricadute trasversali in tutto il campo **dell'Intelligenza Artificiale**, grazie all'uso combinato di ML, multimodalità e infrastrutture distribuite.

EARN-DATA – Gestione avanzata dei dati di custodia titoli e Direct Indexing

Settore di applicazione: Artificial intelligence, Software, Finance, Industry

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Modelli AI per gestione dati bancari, ottimizzazione patrimoniale e Direct Indexing

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 2

Partner: EarnNext

Sintesi del progetto

EARN-DATA affronta le inefficienze nella gestione dei dati di custodia titoli e nei processi di pianificazione finanziaria, introducendo tecniche avanzate di AI, Big Data e simulazioni stocastiche per automatizzare riconciliazione, classificazione e ottimizzazione del patrimonio. Il progetto migliora l'accessibilità ai servizi di wealth management, tradizionalmente riservati a investitori ad alto patrimonio, democratizzando strumenti come il Direct Indexing tramite soluzioni scalabili e data-driven.

Obiettivi

Il progetto intende rendere più efficiente l'elaborazione di dati frammentati provenienti dalle banche, ottimizzare l'allocazione tramite nuovi modelli di Direct Indexing, automatizzare controlli documentali e analisi transazionali e creare un sistema affidabile e scalabile per professionisti e investitori retail.

Problemi e necessità

I servizi finanziari soffrono di dati incoerenti, costi elevati e scarsa personalizzazione. I modelli attuali sono spesso inadatti a piccoli investitori. È quindi necessario un sistema più personalizzabile, automatizzato e meno costoso, supportato da AI, Big Data e simulazioni Monte Carlo per ottimizzare rischio e rendimento.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha migliorato la mappatura e riclassificazione dei dati bancari, aumentando l'efficienza del calcolo delle transazioni e

implementando nuovi modelli di Direct Indexing. Sono stati adottati Data Lake, sistemi di AI per il processamento del linguaggio naturale, tecniche di ottimizzazione finanziaria e simulazioni stocastiche.

Impatti

EARN-DATA contribuisce a facilitare l'accesso ai servizi finanziari, riduce i costi di gestione del patrimonio e rende accessibili strategie su misura. Facilita la compliance e supporta l'evoluzione normativa. Le ricadute si estendono alla consulenza finanziaria, anche automatizzata, e alla possibilità di sviluppare soluzioni fintech scalabili.

Settori di applicazione

Il progetto interessa i campi della **Finanza**, dell'**Intelligenza Artificiale**, dei **Big Data** e in generale il settore **Industriale** e la **Formazione**, con possibili applicazioni per istituti finanziari, fintech, università e pubbliche amministrazioni.

SPARCh – Accelerazione della simulazione dei fotoni Cherenkov per i rivelatori RICH

Settore di applicazione: Fundamental Research, Artificial intelligence, Future HPC, Software

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Software avanzato per la simulazione e ricostruzione di fotoni Cherenkov tramite tracciamento accelerato su GPU e metodi di Machine Learning e Deep Learning

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 2

Partner: Università di Genova

Sintesi del progetto

SPARCh affronta uno dei principali colli di bottiglia relativo all'utilizzo delle risorse computazionali nella fisica delle alte energie, rappresentato dalla simulazione e ricostruzione dei fotoni Cherenkov nei rivelatori del tipo Ring-Imaging Cherenkov (RICH), indispensabili per l'identificazione delle particelle in esperimenti attuali e futuri. Con il forte aumento dei dataset richiesti dalle prossime generazioni di esperimenti, l'approccio tradizionale alla simulazione ottica diventa troppo lento e dispendioso.

Obiettivi

L'obiettivo centrale è ridurre drasticamente tempi e costi di simulazione, garantendo al contempo alta fedeltà fisica. SPARCh mira a rendere la simulazione ottica dei fotoni Cherenkov più rapida e scalabile, permettendo ai ricercatori di processare miliardi di eventi, ottimizzare il design dei futuri rivelatori e sostenere attività di ricostruzione in contesti sperimentali ad alto tasso di occupazione. Migliorare l'efficienza del software significa inoltre anche migliorare sostenibilità energetica e uso delle risorse pubbliche.

Problemi e necessità

Il tracciamento dei fotoni Cherenkov rappresenta una parte molto rilevante del costo computazionale negli esperimenti attuali. La quantità di dati da simulare aumenterà significativamente nelle future fasi del CERN, rendendo insostenibile l'approccio classico. Questo comprometterebbe la capacità degli

esperimenti di produrre dataset sufficienti per misure di precisione e ricerca di segnali rari. È quindi essenziale disporre di strumenti software più veloci, scalabili ed efficienti, capaci di integrare tecnologie moderne come GPU e sistemi di Machine Learning e Deep Learning.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha identificato e implementato le tecnologie più adatte per una simulazione fotonica accelerata e ha sviluppato software innovativi per accelerare la generazione e la simulazione dei fotoni Cherenkov. Ha inoltre creato un test di riferimento basato su Machine Learning e Deep Learning per la ricostruzione dei pattern delle rivelazioni da parte dei sensori RICH. Le soluzioni sono state inoltre validate su casi reali. Ciò ha permesso di dimostrare efficacia, scalabilità e comparabilità delle soluzioni sviluppare con approcci tradizionali, contribuendo alla definizione di nuove metodologie integrate per la simulazione e la ricostruzione.

Impatti

Le tecnologie sviluppate migliorano l'efficienza dei grandi centri di calcolo, riducono consumi energetici e costi operativi e ottimizzano l'uso delle risorse pubbliche destinate alla ricerca. SPARCh aumenta inoltre la capacità del Paese di contribuire a grandi collaborazioni internazionali, rafforzando competenze nazionali in HPC, GPU computing e intelligenza artificiale applicata alla fisica sperimentale. Migliorare qualità e velocità della simulazione significa anche accelerare scoperte scientifiche e innovazioni tecnologiche future.

Settori di applicazione

I risultati sono immediatamente applicabili ai rivelatori RICH negli esperimenti di fisica delle particelle, ma i metodi sviluppati sono replicabili in contesti che richiedono simulazione rapida e ricostruzione complessa: imaging medico, ottica computazionale, geometrie complesse per automotive e aerospace, analisi di grandi volumi di dati scientifici. Inoltre, il design modulare facilita il riuso da parte di università, centri di ricerca e nuove collaborazioni sperimentali.

FaDER – Fast Data and Event Reduction

Settore di applicazione: Fundamental Research, Artificial intelligence, Software, Future HPC

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Sistemi di compressione dati e selezione eventi in tempo reale tramite Machine Learning su hardware eterogeneo

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 2

Partner: Università di Genova

Sintesi del progetto

EARN-DATA affronta le inefficienze nella gestione dei dati di custodia titoli e nei processi di pianificazione finanziaria, introducendo tecniche avanzate di AI, Big Data e simulazioni stocastiche per automatizzare riconciliazione, classificazione e ottimizzazione del patrimonio. Il progetto migliora l'accessibilità ai servizi di wealth management, tradizionalmente riservati a investitori ad alto patrimonio, democratizzando strumenti come il Direct Indexing tramite soluzioni scalabili e data-driven.

Obiettivi

FaDER sviluppa nuove tecniche per ridurre e selezionare in tempo reale i dati prodotti dagli esperimenti di fisica delle particelle ad alta intensità. Il progetto introduce una pipeline compressa per l'acquisizione dati e algoritmi di Machine Learning capaci di riconoscere rapidamente le collisioni più rilevanti sfruttando CPU, GPU e FPGA in modo integrato.

Problemi e necessità

Esperimenti come il Large Hadron Collider (LHC) del Cern producono quantità di dati sempre maggiori, rendendo indispensabile selezionare solo gli eventi significativi e comprimere il resto. La sfida è ottenere efficienza e rapidità senza perdere informazione utile per la ricerca di nuova fisica.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha realizzato i primi dimostratori di pipeline compressa e prototipi basati su Machine Learning per identificare proprietà degli

eventi prodotti in esperimenti simili a LHC.

Sono stati addestrati modelli, Convolutional Neural Network e Transformer su sistemi GPU accelerati. Le risorse HPC hanno permesso la produzione di dati sintetici e l'addestramento su dataset molto estesi basati su informazioni di basso livello dei rivelatori.

Impatti

FaDER aumenta l'efficienza del data taking e accelera l'analisi di processi rari, contribuendo direttamente al progresso della fisica fondamentale. Le tecniche di pattern recognition veloce e data reduction possono essere riutilizzate in altri esperimenti ad alta intensità e in contesti dove è necessario reagire rapidamente a grandi flussi di dati.

Settori di applicazione

Le principali ricadute riguardano la **Fisica delle Alte Energie**, con possibili contributi anche nei più ampi ambiti dell'**Intelligenza Artificiale**, del **Supercalcolo** e della **Software Engineering** e allo sviluppo sistemi di analisi real-time in ambito industriale e scientifico.

GAIAS2 – Generative Artificial Intelligence for Air Shower Simulation

Settore di applicazione: Fundamental Research, Artificial intelligence

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Framework di Machine Learning (Generative Adversarial Networks - GAN) per la simulazione di sciame atmosferici da raggi cosmici

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 2

Partner: Università degli Studi di Salerno

Sintesi del progetto

GAIAS2 sviluppa un sistema basato su Intelligenza Artificiale generativa per simulare sciame di particelle prodotti dai raggi cosmici quando interagiscono con l'atmosfera. La simulazione tradizionale di questi eventi richiede enorme potenza computazionale. Grazie a GAN è possibile ridurre tempi e consumo energetico della computazione, rendendo accessibili dataset di grandi dimensioni e abilitando simulazioni in tempo reale per esperimenti di fisica astroparticellare, telescopi Cherenkov e rivelatori di neutrini.

Obiettivi

Il progetto mira a Sviluppare un generatore GAN per sciame atmosferici, definire parametri e metriche di validazione e creare modelli scalabili addestrabili in parallelo su grandi dataset, rendendo più efficiente e sostenibile la simulazione di particelle cosmiche ad alta energia.

Problemi e necessità

La simulazione degli sciame secondari è complessa e computazionalmente onerosa. Gli esperimenti moderni necessitano di migliaia di eventi simulati per rendere possibile l'analisi, la calibrazione e la stima del rumore atmosferico. Serve quindi un approccio più rapido, efficiente ed energeticamente sostenibile rispetto ai metodi HPC classici.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha definito le grandezze fisiche fondamentali per il benchmarking, ha impostato la pipeline di sviluppo e avviato l'addestramento dei primi modelli GAN. Le attività inoltre previsto la gestione di dataset da centinaia di Giga Byte e l'addestramento parallelo di modelli con miliardi di parametri, reso possibile da GPU ad alta capacità. Le tecnologie adottate includono AI generativa e architetture neurali su hardware accelerato.

Impatti

Le simulazioni generate potranno essere utilizzate immediatamente in telescopi per neutrini o raggi gamma, nella muografia di strutture geologiche e nel monitoraggio di edifici storici. Inoltre, la disponibilità di simulazioni rapide ed energeticamente sostenibili potrà favorire studi climatici legati al flusso di particelle cariche dallo spazio. GAIAS2 riduce i costi computazionali, amplia l'accessibilità e accelera la ricerca in fisica astroparticellare.

Settori di applicazione

Oltre alla **Ricerca Fondamentale**, le ricadute si estendono all'**Intelligenza Artificiale**, alle **Scienze Climatiche**, alla **Geofisica**, al **Monitoraggio del Patrimonio Culturale**, con applicazioni trasversali nella sensoristica e nelle simulazioni fisiche complesse.

GEANT4-HPC – High-Performance Simulation of Ultra-High-Energy Cosmic Rays

Settore di applicazione: Fundamental Research, Software, Future HPC

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Ottimizzazione di codici Monte Carlo per simulazioni astroparticellari su larga scala

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 2

Partner: Università di Siena

Sintesi del progetto

GEANT4-HPC affronta la sfida della simulazione di raggi cosmici ultra-energetici, che richiedono tempi di calcolo enormi a causa della complessità delle interazioni tra particelle e l'apparato sperimentale. Le simulazioni Monte Carlo, infatti, richiedono decine di ore per un singolo evento su nodi standard, rendendo urgente lo sviluppo di strategie HPC che permettano di esplorare l'energia di frontiera dell'astrofisica delle alte energie.

Obiettivi

Scopo del progetto è ridurre il tempo di simulazione degli eventi, mantenendo al contempo l'accuratezza relativa alla misura dell'energia depositata e la risoluzione e l'identificazione particellare, sperimentare tecniche di parallelizzazione massiva e studiare approcci computazionali avanzati che possano sostenere i futuri programmi scientifici su raggi cosmici ultra-energetici.

Problemi e necessità

I codici attuali per la simulazione dei raggi cosmici sono attualmente ottimizzati in larga misura per il dominio energetico caratteristico degli esperimenti del Cern, mentre le interazioni ultra-energetici dell'ordine dei Petaelectron-volt presentano modelli teorici con differenze rilevanti e discrepanze rispetto ai dati sperimentali. Per colmare questo gap servono nuove strategie computazionali su cluster, GPU e infrastrutture HPC distribuite.

Soluzioni sviluppate

Il progetto si è concentrato sulla valutazione dei tempi di simulazione, delle performance e degli approcci per accelerare i codici Monte Carlo di riferimento (GEANT4) senza perdita di informazione fisica. È stata così definita una strategia HPC basata su parallelizzazione massiva e suddivisione del lavoro computazionale, indispensabile per simulare grandi volumi di eventi ad altissima energia. Le tecniche adottate includono simulazioni Monte Carlo complesse e benchmarking su diverse architetture.

Impatti

Il progetto contribuisce al progresso della fisica delle astroparticelle, migliorando la capacità di interpretare dati da esperimenti spaziali e da osservatori al suolo. Una simulazione più rapida permette studi più approfonditi sui modelli di interazione alle altissime energie, con impatti sulla comprensione delle particelle cosmiche e della fisica fondamentale.

Settori di applicazione

I risultati hanno implicazioni rilevanti all'interno della **Ricerca Fondamentale**, del **Future HPC** e del **Software engineering**. Le tecniche proposte sono replicabili grazie al codice open source e applicabili anche in altri domini che richiedono simulazioni Monte Carlo ad altissima intensità.

GEV-AI – Generatori di Eventi Veloci tramite Intelligenza Artificiale

Settore di applicazione: Fundamental Research, Artificial Intelligence, Software, Future HPC

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Modelli generativi e Reti Neurali per la simulazione rapida di interazioni nucleari e particellari

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 2

Partner: Università di Messina

Sintesi del progetto

GEV-AI sviluppa generatori di eventi basati su Machine Learning per simulare interazioni tra particelle in contesti di fisica nucleare e delle alte energie. L'approccio basato su AI permette di generare rapidamente eventi sintetici che preservano le correlazioni fisiche e riproducono fedelmente sia le regioni osservate dal rivelatore sia quelle non accessibili a causa di inefficienze strumentali.

Obiettivi

Il progetto mira a ridurre drasticamente il costo computazionale della produzione di eventi simulati e a estendere il modello generativo alle regioni non misurate, minimizzando la dipendenza dal modello fisico e integrando stati finali diversi per massimizzare la copertura dei dati. L'obiettivo a lungo termine è consolidare i modelli generativi come nuovo standard per la simulazione in fisica delle particelle.

Problemi e necessità

Gli esperimenti moderni generano enormi volumi di pseudo-eventi necessari per analisi, calibrazioni e stime di fondo. La produzione e lo storage di questi dataset rappresentano un collo di bottiglia per le infrastrutture di calcolo. Servono soluzioni più veloci, scalabili e indipendenti dal modello, soprattutto per identificare segnali rari legati a nuova fisica o materia oscura.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha sviluppato un framework di Machine Learning dedicato alla gestione delle rivelazioni imperfette degli esperimenti. Per la ricerca di segnali di Dark Matter nel rivelatore BDX del Jefferson Lab è stato invece adottato un framework di anomaly detection non supervisionato. Gli algoritmi sono addestrati su grandi dataset generati via Monte Carlo, resi disponibili tramite risorse HPC.

Impatti

L'uso di modelli AI riduce tempi e costi della ricerca fondamentale, mantenendo elevata fedeltà fisica. Il progetto forma nuovi ricercatori con competenze trasferibili all'industria, rafforzando l'ecosistema dedicato all'applicazione dell'AI nella fisica. Una volta completati i test, i generatori saranno applicati ai dati reali, favorendo risultati guidati completamente da algoritmi di intelligenza artificiale.

Settori di applicazione

Oltre al settore della **Fisica delle Alte Energie**, le tecniche sviluppate sono applicabili più in generale ai campi dell'**Intelligenza Artificiale**, del **Software engineering**, e del **Future HPC**, compresi tutti i domini che richiedano generazione rapida di dati sintetici o rilevamento di anomalie in dataset complessi.

LIQUXD – Portabilità e Performance per la QCD+QED su CPU e GPU

Settore di applicazione: Fundamental Research, Software, Future HPC

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Libreria portabile CPU-GPU per il calcolo di osservabili di cromodinamica quantistica (QCD) con correzioni di elettrodinamica quantistica (QED)

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 2

Partner: Università di Roma Tre

Impatti

LIQUXD renderà possibile simulare QCD+QED con maggiore precisione, migliorando la verifica del Modello Standard e l'indagine di possibili effetti di Nuova Fisica. La portabilità del codice facilita studi su larga scala e riduce i costi di sviluppo. Le tecniche di generalizzazione del backend possono inoltre essere riutilizzate in domini esterni all'HPC accademico.

Settori di applicazione

Oltre **Ricerca Fondamentale**, i risultati del progetto sono rilevanti negli ambiti del **Future HPC** e della **Software engineering**, e in qualsiasi settore che richieda calcoli intensivi portabili su architetture eterogenee (CPU/GPU).

Sintesi del progetto

LIQUXD sviluppa un'infrastruttura software in grado di eseguire simulazioni di cromodinamica quantistica (QCD) con correzioni elettromagnetiche (QED) in maniera portabile ed efficiente su piattaforme CPU e GPU.

Obiettivi

Il progetto si propone di separare backend e interfaccia della libreria software, per una gestione modulare delle simulazioni, e di consentire la stessa esecuzione su CPU multicore e GPU modernizzando il framework esistente e convertendo i loop paralleli in task generici attraverso l'utilizzo di architetture e programmazione per il calcolo parallelo standard (CUDA).

Problemi e necessità

La simulazione non perturbativa della QCD richiede un fabbisogno di memoria e potenza di calcolo massivamente parallela. Le librerie attuali non sono facilmente portabili e non consentono di sfruttare le architetture eterogenee oggi disponibili negli HPC moderni.

Soluzioni sviluppate

Sfruttando una libreria preesistente, il progetto è riuscito nell'intento di separare frontend e backend, consentendo al medesimo codice di inviare istruzioni (kernel) a CPU o GPU a seconda del contesto, e di ottimizzare il codice e renderlo utilizzabile su architetture di calcolo diverse.

NFL-GW – Normalizing Flows for Gravitational Waves

Settore di applicazione: Fundamental Research, Artificial Intelligence, Software

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Algoritmi basati sul modello di Machine Learning Normalizing Flows per l'identificazione di eventi di gravitational lensing nelle onde gravitazionali

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 2

Partner: Università di Genova

Sintesi del progetto

NFL-GW sviluppa un metodo innovativo per riconoscere eventi di onde gravitazionali che potrebbero essere stati fortemente amplificati o distorti da fenomeni di **gravitational lensing**, al fine di determinare l'influenza gravitazionale di grandi strutture cosmiche sulle onde gravitazionali. Il progetto costruisce un'infrastruttura statistica e algoritmica dedicata all'analisi dei cataloghi delle onde gravitazionali, sempre più ricchi grazie alle campagne osservative della rete di interferometri LIGO-Virgo-KAGRA.

Obiettivi

Il progetto mira a sviluppare metodi AI in grado di verificare la compatibilità dei parametri di onde gravitazionali con l'ipotesi della presenza di distorsione da parte del campo gravitazionale di strutture cosmiche (strong lensing); integrare correlazioni spaziali con cataloghi di galassie per individuare i candidati più affidabili e applicare la tecnica ai nuovi dataset prodotti dalla quarta campagna di osservazioni degli interferometri LIGO-Virgo-KAGRA.

Problemi e necessità

Il numero di eventi GW cresce rapidamente e la ricerca di segnali "doppiati" o amplificati richiede confronti multiparametrici molto complessi. I metodi tradizionali non scalano con l'aumentare del catalogo. Servono dunque tecniche statistiche e di Machine Learning capaci di modellare distribuzioni altamente multidimensionali.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha impostato l'infrastruttura statistica e computazionale necessaria all'analisi e ha sfruttato modelli di Machine Learning **Normalizing Flows**, molto efficaci nel modellare distribuzioni complesse. La pipeline sviluppata verificherà la consistenza dei parametri delle onde gravitazionali con l'ipotesi di lensing e ne analizzerà la correlazione con la presenza di galassie o strutture massicce. Il codice sarà reso open source per permettere la replica dei risultati.

Impatti

NFL-GW può portare a un risultato potenzialmente storico: **la prima identificazione di strong gravitational lensing per onde gravitazionali**. Il progetto contribuisce inoltre al progresso dell'intero settore dedicato allo studio delle onde gravitazionali e consolida l'uso di AI avanzata nelle scienze astrofisiche.

Settori di applicazione

Il progetto interessa i **domini della Ricerca Fondamentale**, dell'**Intelligenza Artificiale**, del **Software** e dell'**Astrofisica**, e può essere replicato da istituzioni scientifiche e universitarie grazie alla futura apertura del codice.

PARSPOC – Algoritmi per il Ricoprimento dello Spazio dei Parametri di Sorgenti Compatte in Coalescenza

Settore di applicazione: Fundamental Research, Artificial Intelligence, Software, Future HC

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Algoritmi avanzati per la generazione rapida di insiemi di modelli (template banks) per onde gravitazionali

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 2

Partner: Università di Urbino

Sintesi del progetto

PARSPOC mira a sviluppare nuove metodologie per la produzione efficiente di **template banks**, insiemi di forme d'onda teoriche necessari per identificare segnali di coalescenza di oggetti compatti, come buchi neri o stelle di neutroni, nei dati degli interferometri gravitazionali. Il progetto intende migliorare significativamente le prestazioni delle analisi nelle prossime campagne osservative e contribuire alla definizione dei futuri metodi di analisi per l'Einstein Telescope.

Obiettivi

Il progetto si propone di sviluppare algoritmi rapidi per generare template banks completi, integrare tecniche di Machine Learning per l'ottimizzazione dell'individuazione di corrispondenze con segnali reali di onde gravitazionali (match filtering), ridurre tempi di calcolo e preparare strumenti per le prossime campagne di osservazioni dei futuri interferometri gravitazionali.

Problemi e necessità

La produzione di template banks, insieme all'uso crescente di modelli Machine Learning e GPU, richiede potenza di calcolo elevata e algoritmi altamente ottimizzati. È perciò necessario bilanciare costo computazionale e copertura dello spazio dei parametri, soprattutto in previsione di future acquisizioni dati molto più ricche.

Soluzioni sviluppate

Il progetto sta definendo e testando diverse strategie di generazione dei template e iniziando la sperimentazione degli algoritmi su GPU e infrastrutture HPC. Sono in corso test su match filtering basato su Machine Learning e analisi delle prestazioni dei metodi attuali per valutarne limiti e miglioramenti possibili. Lo studio include la revisione degli algoritmi esistenti e la definizione delle metriche per la produzione ottimizzata di template banks.

Impatti

Il progetto contribuisce a migliorare la conoscenza del cosmo, aumentando la capacità di rilevare eventi rari. Le tecniche sviluppate potranno essere applicate anche per accelerare analisi complesse in diversi settori scientifici e tecnologici.

Settori di applicazione

Oltre al campo dedicato allo studio delle **Onde Gravitazionali**, il progetto interessa i settori dell'Intelligenza Artificiale e del Future **HPC**, con applicazioni potenziali nell'industria e in generale in quegli ambiti che necessitano di tecniche per confrontare segnali complessi con modelli teorici in modo rapido ed efficiente.

SAIFIN – Satellite Data and Artificial Intelligence for FinTech

Settore di applicazione: Finance, Space, Artificial Intelligence, Software

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Piattaforma AI generativa e multimodale per nowcasting macroeconomico e trading algoritmico

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 2

Partner: Università Guglielmo Marconi

Sintesi del progetto

SAIFIN punta a sviluppare un sistema avanzato di trading algoritmico che integra dati satellitari, AI generativa e tecniche di Deep Learning per migliorare previsione, analisi e automazione delle decisioni finanziarie. Combinando osservazioni satellitari con indicatori finanziari e modelli AI, SAIFIN introduce un paradigma innovativo: l'uso di dati eterogenei per *nowcasting* economico e strategie di trading adattive.

Obiettivi

Il progetto si propone di: integrare dati satellitari ottici, radar e multispettrali con serie finanziarie; sentiment web e indicatori macroeconomici, sviluppare algoritmi di trading basati su Large Language Model (LLM), Convolutional Neural Network (CNN), Long Short-Term Memory (LSTM) e Reinforcement Learning; progettare una piattaforma multi agente in grado di automatizzare raccolta dati, formulazione di strategie e esecuzione del trading; ottimizzare i modelli tramite HPC e GPU ad alte prestazioni.

Problemi e necessità

I modelli di trading tradizionali non riescono a sfruttare efficacemente dati non strutturati o osservazioni indirette dell'economia reale. L'aumento della volatilità e dei volumi di dati richiede sistemi capaci di apprendere da informazioni multimodali e prendere decisioni in tempo reale. SAIFIN affronta proprio questo gap tra finanza tradizionale e AI generativa.

Soluzioni sviluppate

A seguito della definizione delle tecnologie più avanzate (CNN, LSTM, RL, LLM), della mappatura delle sorgenti dati, progettato l'architettura agentica basata su LLM e sviluppato algoritmi per estrarre segnali finanziari da immagini satellitari, è stata avviata la realizzazione del framework di training su GPU e della pipeline di fine-tuning dei modelli su dati finanziari specializzati.

Impatti

SAIFIN può migliorare la stabilità dei mercati e la resilienza economica anticipando crisi produttive, variazioni nella supply chain e segnali macroeconomici. Supporta investimenti sostenibili e rafforza l'inclusione finanziaria grazie a strumenti avanzati accessibili a professionisti e investitori retail.

Settori di applicazione

Il progetto ha impatti diretti su **Fintech**, **Intelligenza Artificiale** e Osservazione della Terra, con utilizzi estendibili alla **Formazione** in ambito Fintech a pubbliche amministrazioni, imprese e ricerca accademica.

AI-LEGS – Deep Learning per la Gamma-astronomia MeV

Settore di applicazione: Space, Artificial Intelligence, Software, Health/Medicine

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Modelli di Deep Neural network (DNN) e Recurrent Neural Network (RNN) per la distinzione delle varie tipologie di particelle (Pulse Shape Discrimination - PSD) in rivelatori scintillatori

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Partner: Università Parthenope di Napoli, INFN

Sintesi del progetto

AI-LEGS sviluppa nuovi algoritmi di Deep Learning dedicati alla gamma-astronomia nella banda dei Megaelectronvolt (MeV), un intervallo energetico ancora poco esplorato e caratterizzato da sensibilità limitata rispetto ad altre regioni dello spettro. Il progetto risponde a un'esigenza cruciale: incrementare la sensibilità dei futuri osservatori.

Obiettivi

Il progetto si propone di realizzare algoritmi DNN e RNN per la Pulse Shape Discrimination, ovvero la discriminazione tra fotoni di bassa energia e rumore nei moduli calorimetrici di future missioni spaziali, aumentando la capacità di rilevare sorgenti astrofisiche e processi estremi dell'universo. Tra obiettivi vi è quindi la riduzione del fondo strumentale e migliorare il rapporto tra segnale e rumore, con la possibilità di utilizzo delle tecniche sviluppate nella rivelazione in tempo reale a bordo dei satelliti, nei dispositivi innovativi in sviluppo presso CERN e nelle applicazioni mediche basate su scintillatori.

Problemi e necessità

I rivelatori attuali faticano a separare segnali di bassa energia dal rumore di fondo. Le missioni future richiederanno strumenti capaci di ottimizzare la ricostruzione delle immagini da archivi di dati complessi, garantendo al tempo stesso processi di calcolo compatibili con i limiti di bordo dei satelliti.

Soluzioni sviluppate

Il progetto si è concentrato sulla simulazione del setup e delle risposte dei rivelatori associate, generando dataset estesi per addestrare le architetture AI. Sono stati sviluppati due modelli di riferimento (DNN e RNN) con prestazioni superiori agli algoritmi esistenti, arrivando a distinguere efficacemente fotoni fino a 0,5 MeV. L'implementazione su GPU ha mostrato accelerazioni significative, dimostrando la fattibilità dello sfruttamento delle tecniche in tempo reale a bordo dei satelliti.

Impatti

AI-LEGS potenzia la capacità scientifica dei futuri telescopi MeV e contribuisce allo sviluppo di rivelatori avanzati per la prossima generazione di acceleratori di particelle. Le tecniche sviluppate trovano applicazione immediata anche in ambito medico, dove scintillatori simili sono impiegati in indagini diagnostiche come la Tomografia a Emissione di Positroni (PET).

Settori di applicazione

Il progetto ha impatti diretti nei domini **Spazio, Intelligenza Artificiale, Imaging Medico e Fisica delle Alte Energie**, con future ricadute nella creazione dei rivelatori di particelle di prossima generazione.

DISCORSIVO – AI-assisted Interpretation of Visual and Textual Astrophysical Data

Settore di applicazione: Space, Artificial Intelligence, Software, Education and Training

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Pipeline di Retrieval Augmented Generation (RAG) basata su Large Language Model (LLM) e vector database per l'analisi della letteratura astrofisica

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Partner: Tinvention S.r.l.

Sintesi del progetto

DISCORSIVO, attraverso lo sfruttamento degli LLM, vuole fornire risposte nell'ambito della ricerca osservativa al problema riguardante l'analisi di volumi di dati ormai troppo vasti per essere gestiti con metodi tradizionali. La soluzione sviluppata utilizza un framework di Retrieval Augmented Generation fondato su un corpus continuamente aggiornato di articoli scientifici da arXiv.org, garantendo risposte tracciabili e basate su fonti peer-reviewed.

Obiettivi

Il progetto mira a sviluppare un assistente AI per la ricerca astrofisica capace di interrogare grandi insiemi di letteratura e fornire risposte accurate corredate da riferimenti verificabili attraverso la un'interfaccia semplice e intuitiva per gli utenti e l'integrazione della pipeline con piattaforme visuali esterne.

Problemi e necessità

Il ritmo di crescita della letteratura scientifica e dei dataset astrofisici rende impossibile affidarsi esclusivamente alla lettura manuale. Strumenti AI non controllati possono introdurre errori o allucinazioni, rendendo necessarie soluzioni che uniscano automazione e rigore scientifico, garantendo trasparenza e affidabilità delle informazioni restituite.

Soluzioni sviluppate

DISCORSIVO integra un LLM con un vector database facilmente interrogabile. Le informazioni rilevanti vengono recuperate da un corpus

scientifico aggiornato e restituite all'utente tramite RAG, insieme all'elenco delle fonti. È stato sviluppato un prototipo pienamente funzionante, dotato di chatbot e API, validato su compiti sia generativi sia di information retrieval. Lo strumento è già in grado di restituire risposte robuste e verificabili.

Impatti

DISCORSIVO può migliorare significativamente l'efficienza del lavoro dei ricercatori, accelerando l'accesso a conoscenze complesse e facilitando la scoperta di pattern e anomalie nei dati. Contribuisce inoltre alla formazione di professionisti e studenti, fornendo un supporto affidabile nella consultazione della letteratura.

Settori di applicazione

Oltre all'astrofisica, DISCORSIVO è applicabile a qualsiasi campo scientifico basato su grandi quantità di dati e bibliografia: **Intelligenza Artificiale, Education and Training, Software, Data-intensive research, Space science**, grazie alla sua architettura modulare e replicabile.

GRAB-IT – Gravity meets the dark universe: automatic tools for QPO modeling

Settore di applicazione: Space, Fundamental Research, Artificial Intelligence, Software, Future HPC

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Codici numerici e pipeline basate su Intelligenza Artificiale per modellare e analizzare segnali di oscillazione quasi periodica (QPO) generati da oggetti compatti come i buchi neri sorgenti di raggi X

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Partner: Università di Napoli “Federico II”, INFN, INAF

Sintesi del progetto

GRAB-IT collega teoria della gravità in campo forte e osservazioni nei raggi X per trasformare le oscillazioni quasi periodiche (QPO) in **parametri caratteristici** della metrica spazio-temporale e delle interazioni con il settore oscuro delle sorgenti dei segnali. Fornisce strumenti automatici che predicono lo spettro X e confrontano i modelli con i dati osservativi.

Obiettivi

Il progetto si propone di costruire, a partire dai dati relativi ai QPO, una catena integrata che vada dal modello fisico, passando per la simulazione, per arrivare all'inferenza, in grado di stimare parametri di massa, spin e struttura del disco di accrescimento dei buchi neri e altre sorgenti compatte.

Problemi e necessità

Le QPO sono picchi spettrali sensibili alla **metrica locale** e ai processi di accrescimento del disco dei buchi neri e richiedono per la loro descrizione modelli complessi. Per rendere quindi possibile l'applicazione dei modelli a cataloghi ampi c'è bisogno di algoritmi Monte Carlo, integrazione di equazioni dinamiche e workflow ottimizzati per l'HPC.

Soluzioni sviluppate

Il progetto è stato in grado di migliorare la descrizione dei QPO migliorando i modelli

relativistici relativi all'orbita dei corpi intorno a un buco nero, integrando eventuali variazioni nei dischi di accrescimento dovute all'interazione tra materia o energia oscura, all'influenza di plasmi magnetizzati e soluzioni di collasso alternative alla metrica di Kerr. Integrazioni che hanno reso possibile aumentare gli scenari da confrontare con i dati relativi ai QPO rivelati.

Impatti

Il progetto sviluppa software user-friendly per associare metrica delle sorgenti e interazioni con il settore oscuro con QPO e spettri, algoritmi supervisionati per l'individuazione dei segnali e caratterizzazione automatica, e un'infrastruttura numerica riusabile.

Settori di applicazione

Oltre all'astrofisica delle alte energie, le tecniche sviluppate sono rilevanti per i **domini dell'Intelligenza Artificiale**, il **Future dell'HPC** e la **Data Science** e in generale nei campi che richiedono modellazione, stima bayesiana e rilevamento di pattern in grandi dataset.

GRAIL – Deep Learning e GPU per l'analisi calorimetrica in astrofisica delle alte energie

Settore di applicazione: Space, Fundamental Research, Artificial Intelligence, Software, Future HPC

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Pipeline di Deep Learning ottimizzata su architetture GPU standard (CUDA) per classificazione e ricostruzione dei segnali ottenuti da calorimetri

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Partner: INFN

Sintesi del progetto

GRAIL mira a rivoluzionare l'analisi dei dati in fisica delle particelle e astrofisica ad alte energie integrando reti neurali profonde con l'accelerazione su GPU. Il focus è sui dati dei **calorimetri**, dove una ricostruzione più precisa dell'energia e un'identificazione più affidabile delle particelle migliorano sensibilmente la qualità scientifica degli esperimenti e la lettura del cielo ad alta energia.

Obiettivi

Il progetto intende superare i limiti dei metodi tradizionali nella misura di energia e nella ricostruzione degli eventi rivelati dai calorimetri e ottenere classificatori accurati e computazionalmente efficienti, spingendo l'ottimizzazione anche in scenari caratterizzati da risorse limitate come quelle a disposizione dei payload spaziali.

Problemi e necessità

L'addestramento di modelli di Deep Learning richiede risorse non alla portata di workstation standard, a causa dei volumi di dati, dei tempi e della memoria necessari. Per questo, l'impiego di HPC diventa cruciale sia per la fase di training sia per la prototipazione di pipeline pronte all'uso su dati reali di apparati a terra e in orbita.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha condotto a una ottima classificazione delle particelle a partire da dati sintetici facendo ricorso a reti addestrate e ottimizzate

su CUDA. Ha inoltre definito schemi di rappresentazione dei dati e strategie di training che mantengono l'accuratezza riducendo la complessità computazionale, dimostrando la possibilità di utilizzare delle tecniche su dispositivi di dimensione ridotta.

Impatti

I risultati ottenuti confermano la possibilità di estensione e validazione delle tecniche su dataset calorimetrici reali generati da facility sperimentali e missioni spaziali, di adozione di pipeline di riduzione dimensionale e classificazione anche in scenari industriali, con un impatto diretto in astrofisica spaziale dove i vincoli delle missioni richiedono modelli leggeri e robusti per flussi dati massivi.

Settori di applicazione

Oltre a una migliore comprensione dell'Universo, GRAIL fornisce **calcolo più efficiente** per algoritmi AI, abilitando analisi tempestive e sostenibili. Il know-how su **GPU, Future HPC e Machine Learning** è trasferibile a domini che richiedono apprendimento profondo con vincoli di risorse e bassa latenza.

LEGIMaC – LowEnergy Gamma Imaging via Machine Learning in Calorimeters

Settore di applicazione: Space, Fundamental Research, Artificial Intelligence, Software

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Machine Learning per caratterizzazione delle forme d'onda nell'imaging dei raggi gamma a bassa energia con implementazione su schede FPGA a bassa potenza

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Partner: Nuclear Instruments S.r.l.

Sintesi del progetto

LEGIMaC affronta il limite chiave dei calorimetri a scintillatore, ovvero la rivelazione di raggi gamma a bassa energia in presenza del rumore sperimentale (dark noise). La soluzione introduce tecniche di Machine Learning su forme d'onda in grado di distinguere scintillazione da rumore e di risolvere eventi sovrapposti, preservando l'informazione energetica anche in condizioni estreme.

Obiettivi

Il progetto mira ad aumentare la sensibilità nella banda delle basse energie dei rivelatori delle missioni spaziali e della fisica avanzata, a gestire segnali gamma ad alto tasso mantenendo consumi compatibili con l'ambiente spaziale e ad abilitare catene di acquisizione intelligenti e riconfigurabili a bordo rivelatore.

Problemi e necessità

Con l'aumento di area e granularità dei calorimetri a scintillatore che utilizzano il silicio (SiPM), il rumore caratteristico dei rivelatori dipendente dalla temperatura può mascherare i segnali deboli, che implica una soglia di attivazione alta. Servono perciò filtri sensibili ad anergie più basse e capacità di inferenza in tempo reale anche in presenza di bassa potenza.

Soluzioni sviluppate

Sono stati creati modelli di simulazione ad alta fedeltà e dataset sintetici integrati con dati

reali ad alto rate. Sono inoltre state sviluppate Convolutional Neural Network per discriminare rumore a singolo fotone e definite nuove logiche di attivazione dei calorimetri per burst gamma e finestre di acquisizione, adattando l'implementazione delle tecniche su FPGA con consumi di pochi watt.

Impatti

I risultati ottenuti hanno applicazioni dirette nei rivelatori gamma impiegati nelle missioni spaziali, negli esperimenti di fisica e nel monitoraggio radiologico, dove migliore discriminazione e gestione dell'accumulo di segnali incrementano qualità d'immagine e affidabilità della misura. In generali, il progetto rafforza la competenza europea nell'ambito dell'integrazione di tecniche AI su sistemi a bassa potenza per la rivelazione delle radiazioni.

Settori di applicazione

Oltre allo sfruttamento diretto nelle missioni **Spaziali e nella Fisica delle Particelle**, il progetto trova applicazione nel **Monitoraggio ambientale e radiologico**, grazie a framework di simulazione, Machine Learning su forme d'onda e strategie FPGA replicabili su altre piattaforme di calcolo.

OASIS – Ottimizzazione e Accelerazione di Simulazioni di Sciami Atmosferici

Settore di applicazione: Space, Fundamental Research, Software, Future HPC

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Profiling, parallelizzazione e modelli avanzati nel framework di simulazione delle interazioni tra particelle e materia GEANT4 per simulazioni di sciami atmosferici

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Partner: Università di Camerino

Sintesi del progetto

OASIS punta a rendere più **veloci e dettagliate** le simulazioni di sciami di particelle prodotti dai raggi cosmici nell'atmosfera, intervenendo sia sui modelli fisici sia sull'efficienza computazionale. Il lavoro prepara il terreno a simulazioni più robuste e confrontabili con i dati osservativi.

Obiettivi

Il progetto mira a individuare i colli di bottiglia inerenti i tempi di esecuzione delle simulazioni di sciami di particelle prodotti dai raggi cosmici nell'atmosfera, ottimizzare i codici, integrare modelli fisici più accurati, e predisporre l'uso esteso di GPU e metodologie AI-driven per la fase predittiva e di accelerazione.

Problemi e necessità

L'utilizzo di codici non disponibili in open-source e la carenza di competenze specialistiche per l'ottimizzazione dei codici limitano l'evoluzione dei workflow dedicati all'implementazione delle simulazioni. La crescita dei dataset e la complessità degli sciami impongono inoltre infrastrutture HPC per mantenere tempi di calcolo accettabili e compatibili con futuri scenari exascale.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha definito la geometria atmosferica e le specie primarie di particelle generate, verificato la consistenza degli spettri di particelle secondari e strutturato un'analisi di efficienza dei moduli della simulazione per orientare le

ottimizzazioni. Sono quindi state pianificate estensioni su GPU e l'adozione di acceleratori AI per velocizzare la simulazione mantenendo fedeltà fisica.

Impatti

L'ottimizzazione di OASIS abilita analisi più rapide nella fisica astro particellare e fornisce metodi trasferibili ad altri domini, dove il miglioramento dell'efficienza di codice ha impatti diretti su costi e tempi. I risultati saranno impiegati per il confronto tra simulazioni e osservazioni di raggi cosmici in atmosfera.

Settori di applicazione

Oltre all'**Astrofisica delle particelle**, le ottimizzazioni sviluppate in **OASIS** sono trasferibili ai domini del **Future HPC** e del **Software Engineering**, nonché contesti **Industriali data-intensive** in cui servono riduzione dei tempi di calcolo, scalabilità verso **GPU ed exascale** e impiego di **metodologie AI-driven** per l'accelerazione dei workflow.

PaGUSci – Parallelizzazione e Porting su GPU di Codici Scientifici (gCAMB)

Settore di applicazione: Space, Fundamental Research, Software, Future HPC

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Porting su GPU del codice cosmologico (CAMB) per il calcolo di spettri angolari della Radiazione Cosmica di Fonda (CMB)

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Partner: Università di Chieti-Pescara, INFN

Impatti

gCAMB rende praticabile la ricerca di proprietà oltre il Modello Standard della Cosmologia, abilita la generazione di dataset ad altissima precisione per addestrare emulatori e velocizza la ricerca di segnali deboli associati all'universo primordiale. L'ottimizzazione riduce costi e impronta energetica dei grandi campioni generati tramite metodi Monte Carlo, migliorando la sostenibilità della ricerca.

Settori di applicazione

Oltre alla **Cosmologia**, il metodo di porting e profiling sviluppato è trasferibile agli ambiti del **Future HPC scientifico** contraddistinti da codici numerici con integrazioni ripetitive, favorendo riuso e scalabilità su infrastrutture GPU. Il codice **gCAMB** è reso disponibile alla comunità in modalità open access.

Sintesi del progetto

PaGUSci intende realizzare una versione GPU di CAMB (gCAMB), per velocizzare il calcolo degli spettri teorici del fondo cosmico a microonde necessari a confrontare i dati di missioni come Simons Observatory ed Euclid.

Obiettivi

Il progetto si propone di abilitare analisi ad alta precisione degli spettri angolari della Radiazione Cosmica di Fonda con costi computazionali sostenibili, di estendere in modo sistematico l'esplorazione di modelli non standard, produrre dataset densi per l'addestramento di emulatori affidabili della distribuzione degli spettri della CMB e migliorare la sostenibilità energetica dei grandi workflow cosmologici.

Problemi e necessità

Le analisi CMB richiedono **milioni di chiamate** al solver. Con gli strumenti CPU tradizionali un singolo run ad alta precisione può durare minuti, rallentando l'inferenza e ostacolando lo studio di modelli estesi. L'impatto energetico dei calcoli ripetuti è significativo e poco sostenibile.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha identificato l'istruzione critica del codice di risoluzione e circoscritto le sezioni parallelizzabili senza riscrivere il codice in linguaggi GPU nativi. I risultati hanno dimostrato un miglioramento dei tempi di risoluzione con consumi dimezzati a pari accuratezza e una concordanza con le prestazioni di CAMB.

PRESOL – Previsione di brillamenti solari da dati di telerilevamento con AI

Settore di applicazione: Space, Artificial Intelligence, Software

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Pipeline di Machine Learning con portale web per il *forecasting* per lo space weather

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Partner: Hob S.r.l., Università di Genova

Sintesi del progetto

PRESOL realizza un prototipo per la previsione di brillamenti solari combinando **remote sensing** e algoritmi supervisionati. L'obiettivo è stimare, entro specifiche latenze, la probabilità di flare ad alta intensità, riducendo il rischio per le reti delle telecomunicazioni, sistemi di navigazione e infrastrutture elettriche esposte a condizioni di **Space Weather** estreme. La piattaforma è pensata per integrazione a livello nazionale ed europeo.

Obiettivi

Tra gli obiettivi del progetto ci sono: l'abilitazione di previsioni robuste e verificabili nell'ambito dello Space Weather, con la possibilità di scalarle su grandi volumi di dati; il supporto al trasferimento tecnologico della soluzione tramite un portale web con API e microservizi per fruizione e integrazione dei modelli.

Problemi e necessità

I flare solari nascono da riconfigurazioni magnetiche complesse e richiedono dataset ampi e accuratamente etichettati. I metodi tradizionali non colgono a sufficienza la dinamica spazio-temporale delle regioni solari attive. Servono quindi pipeline AI per classificazione delle caratteristiche delle aree interessate, una validazione rigorosa del metodo e una corrispettiva gestione adeguata delle risorse HPC necessarie.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha portato allo sviluppo di: modelli di predizione grazie all'utilizzo di una pipeline open-source (FLARECAST); metodi di Machine Learning per migliorare l'interpretazione dei dati; metodi per classificazione delle caratteristiche (feature ranking); metodi di validazione dei risultati.

Impatti

I risultati consentiranno di aumentare la sicurezza dei sistemi di comunicazioni, delle grid elettriche e dei sistemi avionici, fornendo una piattaforma riutilizzabile per ricerca, industria e per i servizi previsionali nazionali interoperabili a livello UE. La parte tecnologica è trasferibile anche a domini ad alta intensità di dati, come quello medico, con analoghe esigenze di predizione su immagini e serie temporali.

Settori di applicazione

Le applicazioni principali riguardano lo **Space Weather**, e il settore per **la Sicurezza delle telecomunicazioni, delle reti energetiche e dei sistemi di navigazione**, nonché gli ambiti dell'**AI per la Scienza** con esigenze di feature ranking, validazione metrica e piattaforme web per l'erogazione di modelli.

RISCV4ASTRO – RISC-V pilot for Astrophysical use cases

Settore di applicazione: Space, Fundamental Research, Future HPC

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Porting e ottimizzazione di simulazioni dell'evoluzione delle dinamiche di un sistema a più corpi (N-body) su acceleratori RISC-V

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Partner: E4 Computer Engineering S.p.A.

Sintesi del progetto

RISCV4ASTRO esplora piattaforme RISC-V a basso consumo come alternativa sostenibile a CPU/GPU per workflow computazionali dispendiosi in astrofisica, con focus sui codici per le simulazioni N-body, fondamentali per ammassi stellari e sorgenti di onde gravitazionali, oggi limitati da costi energetici e di calcolo. L'obiettivo è coniugare prestazioni ed efficienza per abilitare simulazioni più grandi e frequenti, in linea con le esigenze di esperimenti e missioni come Einstein Telescope, LISA e Cosmic Explorer.

Obiettivi

Il progetto mira a valutare la fattibilità tecnica dell'utilizzo di RISC-V per workload scientifici intensivi, confrontando tempo di calcolo, scalabilità ed energia rispetto a versioni CPU, a definire metriche e strategie di parallelizzazione per costruire piattaforme HPC più green e sostenibili.

Problemi e necessità

Le simulazioni direct N-body crescono esponenzialmente di complessità all'aumento del numero dei corpi che fanno parte del sistema, richiedendo una spesa computazionale eccessiva in termini di tempo ed energia. Servono perciò piattaforme capaci di garantire potenza di calcolo sostenibile nell'ordine dell'esascale per permettere esplorazioni sistematiche di modelli e scenari fisici.

Soluzioni sviluppate

RISCV4ASTRO ha effettuato con successo il porting delle simulazioni direct N-Body su RISC-V, dimostrando il risparmio energetico e fornendo valutazioni di performance del workflow attraverso un confronto con l'implementazione su CPU di riferimento.

Impatti

L'approccio sviluppato consente simulazioni su sistemi a più corpi grandi accurate e riduce i costi energetici e l'impronta ambientale del calcolo, offrendo indicazioni per piattaforme **esascale** ad alta **performance per Watt**. Il codice è reso disponibile **pubblicamente** per favorire replica e adozione da parte della comunità.

Settori di applicazione

Oltre all'**Astrofisica**, il metodo è trasferibile a domini contraddistinti da data-intensive che richiedono esecuzioni massicce e sostenibili, come **Modellazione Climatica**, **Bioinformatica** e **Ingegneria**, nonché altri ambiti nel campo Future HPC che puntano a piattaforme emergenti efficienti dal punto di vista energetico.

SDEGNO – Stochastic Differential Equations on GPU for Optimization

Settore di applicazione: Space, Future HPC, Artificial Intelligence, Software

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Simulatori e modelli per architetture GPU standard (CUDA) per la parametrizzazione automatica di modelli fisici basati su equazioni differenziali e metodi Monte Carlo

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Partner: Università di Venezia “Ca’ Foscari”, INFN

Sintesi del progetto

SDEGNO sviluppa e ottimizza codici GPU per la previsione dell'irraggiamento da raggi cosmici, con modelli stocastici (SDE) e algoritmi Monte Carlo. L'obiettivo è ottenere simulazioni accurate e molto più rapide per supportare pianificazione e protezione delle missioni spaziali, dove l'attività solare modula il flusso di particelle e incide su sicurezza, payload e costi.

Obiettivi

Il progetto si propone di ridurre drasticamente il tempo di esecuzione dei modelli tramite HPC (CUDA, multi-GPU), di automatizzare la parametrizzazione e la calibrazione dei modelli, di abilitare analisi su larga scala e studi di sensibilità per comprendere il ruolo dei parametri e la stabilità del modello e predisporre strumenti semi-automatizzati per la pianificazione delle missioni spaziali.

Problemi e necessità

La pianificazione delle missioni deve considerare l'evoluzione dell'attività solare e il modo in cui essa influisce sulla modulazione dei raggi cosmici. I modelli tradizionali risultano onerosi. Senza risorse HPC è infatti difficile eseguire calibrazioni complesse e analisi estese in tempi compatibili con i cicli progettuali. Servono quindi simulatori profilati e parallelizzati in grado di scalare su GPU.

Soluzioni sviluppate

SDEGNO ha realizzato un simulatore GPU unendo modellizzazione stocastica, profiling e tecniche di Intelligenza Artificiale decentrata per l'ottimizzazione, che si è dimostrato più veloce delle alternative a parità di accuratezza. L'intero progetto gira su infrastrutture HPC, con accesso a hardware non disponibile altrove e possibilità di scaling del calcolo. Codice, dati e script di replica sono open source.

Impatti

Il progetto ha sviluppato strumenti predittivi per la misura di irraggiamento da raggi cosmici e per la pianificazione delle missioni spaziali, abilitando inoltre studi più complessi e dettagliati sui processi responsabili dell'emissione dei raggi cosmici grazie al supporto HPC e il riuso della metodologia (in altri contesti data-intensivi della fisica e dell'ingegneria).

Settori di applicazione

I domini principalmente coinvolti sono l'**Ingegneria Spaziale**, l'**HPC scientifico**, l'**AI per la Scienza** e in generali quelli in cui servono simulazioni Monte Carlo accelerate e riproducibili su GPU.

SPECTRA – Estrazione di schemi spettrali per la classificazione di radiazioni transitorie in astronomia con l'IA

Settore di applicazione: Space, Fundamental Research, Artificial Intelligence, Software, Future HPC

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Pipeline completa per l'**anomaly detection** su dati del telescopio spaziale Fermi-LAT

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Partner: Università degli Studi Guglielmo Marconi, INFN

Sintesi del progetto

SPECTRA affronta il problema relativo alla rilevazione di eventi transitori e di anomalie nei dati gamma di Fermi-LAT, dove l'alta variabilità e i volumi crescenti rendono critico il riconoscimento automatico di nuove sorgenti o cambiamenti improvvisi. Il progetto fornisce una pipeline completa, dall'acquisizione alla classificazione dei dati.

Obiettivi

Il progetto intende automatizzare la ricerca di anomalie e fenomeni astrofisici transitori ad alta variabilità, abilitare sperimentazione controllata attraverso una pipeline di simulazione Fermi-LAT; ottimizzare tempi di training e inferenza su dataset estesi facendo leva su risorse HPC.

Problemi e necessità

La scoperta di nuove sorgenti o stati transitori richiede metodi capaci di cogliere dipendenze spazio-temporali e di scalare su archivi di grandi dimensioni. A tale scopo servono strumenti che riducano i costi computazionali e migliorino la sensibilità rispetto a workflow tradizionali.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha sviluppato: una Pipeline completa di detection basata su tecniche di Deep Learning per sequenze di immagini e proprietà dell'universo gamma acquisite da Fermi-LAT e

una simulazione dell'universo osservato dal telescopio per addestramento, validazione e l'inserimento automatico (Intelligent injection) di anomalie, così da testare sensibilità e tassi d'errore in scenari realistici. Il progetto ha fatto ricorso a risorse HPC per il training di reti profonde su dataset estesi, risparmiando tempo rispetto a risorse convenzionali.

Impatti

SPECTRA abilita un monitoraggio più rapido e sistematico del cielo gamma, con potenziale aumento del tasso di scoperta di sorgenti transitorie. La pipeline sviluppata è riusabile anche in contesti non astronomici che richiedono analisi di sequenze d'immagini.

Settori di applicazione

Gli impatti del progetto riguardano principalmente l'**Astrofisica delle alte energie**, il **Future HPC** e l'**AI** per **big data contraddistinti da parametri spazio-temporali**, come la **diagnostica per immagini** il **controllo qualità** visivo e, più in generale, domini che necessitano di anomaly detection su flussi di immagini.

SPARTAN – SPace pARTicle trAcking with Neural-networks

Settore di applicazione: Space, Fundamental Reserach, Artificial Intelligence, Software, Future HPC

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Tracciamento particellare con reti neurali e implementazione schede di calcolo integrate e programmabili (FPGA) per inferenza a bassa potenza

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Partner: Nuclear Instruments S.r.l., INFN, GSSI, INAF, Politecnico di Milano

Soluzioni sviluppate

Nell'ambito di SPARTAN, sono stati creati dataset simulati realistici per il tracking; sono stati progettati e testati algoritmi di Machine Learning per la ricostruzione delle traiettorie, è stata avviata l'ottimizzazione delle reti neurali su FPGA delle reti neurali; e sono state definite procedure di validazione con confronto contro ricostruzioni tradizionali. L'uso di HPC ha consentito la generazione dati, il training di reti profonde e test sistematici di configurazioni in tempi ragionevoli.

Impatti

I risultati ottenuti sono applicabili in missioni spaziali per lo studio e caratterizzazione dei raggi gamma, futuri esperimenti di fisica delle alte energie, imaging medico (PET di nuova generazione), radioprotezione e in acceleratori per AI compatti per elettronica integrata.

Settori di applicazione

Il progetto ha impatti nei domini dell'**Astrofisica delle particelle e dei raggi cosmici, della Diagnostica Medica** e del **Monitoraggio Radiologico**, interessando anche l'**Industria**, per quanto concerne il controllo qualità, grazie a metodologie, framework di simulazione e approcci trasferibili a diversi sistemi rivelatori e domini applicativi.

Sintesi del progetto

SPARTAN affronta la ricostruzione accurata delle traiettorie di particelle in ambienti ad alta densità come le missioni spaziali, dove algoritmi tradizionali vanno in crisi quando più tracce attraversano simultaneamente il rivelatore e i vincoli energetici sono stringenti. Il progetto combina simulazioni realistiche, modelli di AI per il tracking e accelerazione su FPGA per abilitare elaborazione in tempo reale affidabile in condizioni estreme.

Obiettivi

Il progetto mira a progettare pipeline compatte e a bassa potenza in grado di processare grandi volumi di dati in tempo reale; migliorare precisione e robustezza della ricostruzione di tracce per raggi cosmici, antimateria e fenomeni fondamentali e preparare il trasferimento su payload spaziali e rivelatori sperimentali di nuova generazione.

Problemi e necessità

I sistemi di bordo delle missioni spaziali elevati stream dati deve fare i conti con spazio e potenza limitati. Inoltre, la simultaneità di eventi e i tassi elevati dei segnali rivelati degradano l'efficacia dei metodi classici di elaborazione. Servono quindi modelli più rapidi e precisi, ma anche energeticamente efficienti e tolleranti alle radiazioni, integrabili in elettroniche riconfigurabili.

TECLA – Tecniche non Convenzionali per l'analisi di immagini Astrofisiche

Settore di applicazione: Space, Fundamental Reserach, Artificial Intelligence, Software

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Metodi di Fisica Statistica e Deep Learning per rilevare, riconoscere e classificare strutture coerenti e separare segnale e rumore in immagini e curve di luce astrofisiche

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Partner: Università di Palermo, Università di Roma "Tor Vergata"

di dati rispetto ad altri strumenti attraverso l'adozione di di Deep Learning e Fisica Statistica su infrastrutture HPC/GPU.

Impatti

I risultati prodotti consentono una maggiore sensibilità nelle analisi di SNR e nelle osservazioni variabili, incrementando il ritorno scientifico e possibilità di scoperte grazie a una migliore conservazione del dato utile. I metodi sviluppati sono riutilizzabili nella **ricerca quotidiana** della comunità astrofisica.

Sintesi del progetto

TECLA sviluppa tecniche non convenzionali per l'analisi di immagini e serie temporali astrofisiche, con l'obiettivo di migliorare la classificazione morfologica di sorgenti estese e la pulizia dei dati affetti da contaminazioni strumentali o ambientali.

Settori di applicazione

Gli impatti principali riguardano l'**Astrofisica osservativa** e in generale domini con serie temporali e segnali rumorosi, come le **Neuroscienze**, la **Sismologia** e la **Criminologia**, dove possono essere trasferite tecniche di cleaning e classificazione.

Obiettivi

Nello specifico, il progetto di è concentrato sul miglioramento della classificazione dei dati relativi alle emissioni di resti di supernova (SNR) attraverso metriche data-driven e sulla ottimizzazione delle curve di luce, preservando il segnale scientifico e la coerenza spettrale e riducendo la perdita di dati rispetto ai workflow standard.

Problemi e necessità

Gli attuali strumenti per la caratterizzazione dei dati astrofisici spesso sacrificano ampie porzioni di osservazione per rimuovere contaminazioni, con impatto su statistica e spettroscopia. Allo stesso tempo, la classificazione morfologica dei SNR è sensibile a rumore e bias di metodo. Servono quindi algoritmi robusti, scalabili e adatti all'implementazione su GPU.

Soluzioni sviluppate

Le metodologie sviluppate da TECLA consentono di ripulire le curve di luce prodotte da oggetti astrofisici mantenendo porzioni più ampie

VIRTUOSO – Virtual Reality Tools for Understanding Scientific Observation

Settore di applicazione: Space, Fundamental Reserach, Artificial Intelligence, Software, Education and Training

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Pipeline per lo sviluppo di Realtà Visuale (VR) per la visualizzazione immersiva e collaborativa di big data astrofisici e geofisici

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Partner: Università degli Studi “Niccolò Cusano”, Università di Roma “Tor Vergata”

parametri su geometrie 3D dinamiche. È stato quindi prodotto un prototipo di ambiente VR immersivo validato che pone le basi per future estensioni basate su Machine Learning e per lo sviluppo di piattaforme educative.

Impatti

Il risultato ha ricadute dirette nella la ricerca, in cui strumenti immersivi facilitano l'esplorazione Big Data scientifici e la formulazione di ipotesi, e per la formazione, attraverso la realizzazione di esperienze VR in musei, planetari, università per rendere accessibile la scienza dei dati.

Sintesi del progetto

VIRTUOSO risponde all'esigenza di interpretare dataset multidimensionali difficili da leggere in 2D, sviluppando strumenti di realtà virtuale che rendono l'esplorazione dei dati più intuitiva, interattiva e condivisibile tra ricercatori, studenti e pubblico.

Obiettivi

Il progetto intende abilitare ambienti 3D immersivi per analisi scientifica, accelerare l'insight su strutture e correlazioni nascoste, migliorare la comunicazione dei fenomeni complessi e creare piattaforme collaborative per la ricerca distribuita e la didattica avanzata.

Problemi e necessità

I grandi volumi e la complessità dei dati nei campi dell'astrofisica e della geofisica rendono insufficienti i metodi di visualizzazione tradizionali. C'è bisogno di strumenti interattivi, 3D e multitutente. L'elaborazione in tempo reale di queste immagini richiede tuttavia risorse HPC e Big Data per normalizzare, filtrare e visualizzare milioni di record senza ritardo.

Soluzioni sviluppate

VIRTUOSO ha sviluppato una pipeline integrata e funzionante per la Realtà Virtuale che consente di passare dal dato reale alla geometria interattiva. A tal fine sono state tecniche di normalizzazione di cataloghi e mappatura di

Settori di applicazione

Gli impatti principali riguardano l'**Astrofisica e la Geofisica** e l'**Education e Training** e, per estensione, e i campi della **Climate Analytics**, dell'**Engineering Simulations** e dell'**Imaging Medico**, grazie a script e workflow replicabili e a un percorso di disseminazione open-source previsto dal progetto.

AI-Visio-Lab – Strumenti avanzati di AI e visualizzazione immersiva per i Big Data astrofisici e geofisici

Settore di applicazione: Space, Fundamental Reserach, Artificial Intelligence, Software

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Workflow scalabile per trasferimento, analisi e visualizzazione immersiva di dati iperspettrali e multimodali

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Partner: Università degli Studi di Perugia

Sintesi del progetto

AI-Visio-Lab risponde a una difficoltà crescente nella ricerca astrofisica e geofisica: la gestione, integrazione e interpretazione di dataset estremamente estesi ed eterogenei, prodotti da strumenti avanzati ma spesso non confrontabili tra loro con gli strumenti tradizionali. Il progetto mira a superare questo limite sviluppando nuove soluzioni per analizzare e visualizzare, anche in modo immersivo, grandi quantità di dati scientifici, rendendo più accessibile l'esplorazione di fenomeni complessi e accelerando il processo di scoperta.

Obiettivi

L'obiettivo centrale è costruire un sistema scalabile e user friendly che permetta ai ricercatori di combinare dataset eterogenei, individuare pattern nascosti attraverso metodi di Intelligenza Artificiale e ottenere mappe e visualizzazioni intuitive, anche in 3D immersivo, grazie alle quali migliorare attività come la correlazione di segnali acquisiti con strumento differenti, gli studi di transienti e l'analisi di superfici planetarie tramite mappatura automatica della composizione e del terreno.

Problemi e necessità

La mole di dati scientifici generata da sensori astrofisici e geofisici moderni cresce a ritmi elevati, spesso fino a raggiungere scala peta o exascale. I formati eterogenei e la difficoltà di integrarli rendono tortuoso il processo di analisi, rallentando la ricerca e limitando la capacità di sfruttare appieno le informazioni raccolte.

Sono quindi necessari nuovi strumenti capaci di gestire dataset enormi, uniformarli e renderli esplorabili in maniera interattiva.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha già realizzato un workflow scalabile che copre tutte le fasi dalla raccolta del dato all'analisi e alla visualizzazione. È stato allestito un ambiente prototipale di ricerca e sono stati sviluppati strumenti software funzionanti per il trattamento dei dati iperspettrali e per la generazione automatica di mappe. La pipeline integra metodi AI per il riconoscimento di pattern e produce risultati esplorabili sia in 2D sia in 3D immersivo, facilitando l'interpretazione scientifica attraverso visualizzazioni intuitive.

Impatti

Le ricadute principali del progetto riguardano l'attività scientifica, offrendo strumenti più rapidi e scalabili per l'analisi di dataset enormi in grado di migliorare la capacità di individuare correlazioni, strutture e fenomeni altrimenti difficili da isolare. L'approccio riduce tempi e complessità operative, abilita nuovi flussi di ricerca e sostiene la progettazione di missioni astrofisiche e campagne geofisiche basate su dataset multimodali. In prospettiva, la piattaforma migliora la qualità della comunicazione scientifica grazie a visualizzazioni immersive più chiare e comprensibili.

Settori di applicazione

I vantaggi possono estendersi a domini che utilizzano dati multidimensionali complessi, come **Earth Observation**, **Analisi Ambientale**, **Esplorazione Planetaria** e sistemi di supporto alle missioni spaziali. Le tecnologie di visualizzazione immersiva e i metodi AI trovano applicazione anche nell'industria per l'analisi di dati iperspettrali e nella formazione avanzata.

NEBULA – Visione neuromorfica ed eventbased per la Space Situational Awareness

Settore di applicazione: Space, Artificial Intelligence

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Dispositivo integrato dotato di camera e processore neuromorfico per rilevamento e tracking in tempo reale degli oggetti in orbita

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Partner: Nurjana Tech

Sintesi del progetto

NEBULA intende garantire la sicurezza delle operazioni satellitari in un ambiente sempre più congestionato da costellazioni in rapida espansione e detriti orbitali. Le tecnologie tradizionali basate su camere e architetture GPU non sono progettate per operare efficacemente entro i vincoli energetici, dimensionali e di latenza imposti dai satelliti. Il progetto introduce una nuova generazione di sistemi di visione autonomi basati su camere e processori neuromorfici, capaci di eseguire localmente e in tempo reale il rilevamento e il tracciamento degli oggetti in orbita.

Obiettivi

Il progetto punta a consentire ai satelliti di operare in maniera più autonoma e sicura, riducendo la dipendenza dalla Terra e fornendo una risposta immediata ai rischi di collisione. NEBULA intende dimostrare che un payload ottico neuromorfico può soddisfare i requisiti di bassa potenza, rapidità di elaborazione e affidabilità necessari per la Space Situational Awareness in orbita, contribuendo a una gestione più sostenibile e resiliente dell'ambiente spaziale.

Problemi e necessità

L'aumento di satelliti e detriti rende essenziale disporre di sistemi che operino con latenza minima e autonomia elevata. Le camere tradizionali producono grandi quantità di dati e richiedono hardware pesante e dispendioso, impossibile da scalare su satelliti piccoli o costellazioni distribuite. È quindi urgente adottare soluzioni capaci di percezione continua, basso consumo e capacità di elaborazione onboard.

Sistemi di visione basati sull'individuazione di eventi specifici (event-based) e neuromorphic computing sono tecnologie emergenti che consentono di superare questi limiti.

Soluzioni sviluppate

NEBULA ha dimostrato l'integrazione completa di una camera event-based con un processore neuromorfico all'interno di un banco ottico, validando la fattibilità del sistema per applicazioni spaziali. I test in ambienti simulati hanno mostrato capacità elevate di tracking e rilevamento autonomo con latenza ridotta e grande efficienza energetica. È stato inoltre sviluppato un framework per testare il sistema che consente la simulazione, l'integrazione e il benchmarking di algoritmi di Intelligenza Artificiale con cui perfezionare la pipeline e che renderà possibile verificare l'utilizzo di nuovi sensori, dataset in scenari complessi.

Impatti

NEBULA è in grado di migliorare sicurezza e affidabilità dei servizi spaziali da cui dipendono comunicazioni, navigazione e osservazione scientifica. La tecnologia contribuisce alla sostenibilità delle missioni riducendo consumi energetici, necessità di trasmissione dati e interventi da Terra. Al di fuori dello spazio, le tecniche sviluppate possono alimentare innovazioni in robotica autonoma, droni, sistemi industriali e monitoraggio intelligente, dove latenza ridotta e basso consumo sono fattori critici.

Settori di applicazione

Le applicazioni principali del sistema sviluppato riguardano la Space Situational Awareness, l'autonomia dei satelliti e la gestione delle costellazioni a bassa orbita, con particolare interesse per CubeSat e piattaforme compatte. Le architetture neuromorfiche e le camere event-based possono inoltre essere trasferite a robotica e sorveglianza industriale.

NeuroStarMap – Intelligenza artificiale per la previsione delle parallassi stellari

Settore di applicazione: Fundamental research, Space, Artificial Intelligence

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Rete neurale profonda con architettura modulare e riutilizzabile per la predizione delle parallassi di variabili pulsanti e sistemi binari

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Partner: ALTEN, INAF

Sintesi del progetto

NeuroStarMap nasce dall'esigenza di migliorare la stima delle distanze stellari, uno dei problemi più centrali e delicati dell'astrofisica moderna. Pur essendo la missione Gaia il riferimento per le misure astrometriche, persistono incertezze su categorie di stelle, su periodi non osservabili o su livelli di precisione non sempre sufficienti per gli studi più avanzati. Il progetto sviluppa un modello intelligente capace di prevedere la parallasse a partire da parametri osservativi di stelle Cepheidi, RR Lyrae e sistemi binari a eclisse, offrendo un metodo complementare alle misure dirette e in grado di estendere la portata delle attuali catalogazioni.

Obiettivi

L'obiettivo intende fornire un sistema predittivo affidabile che migliori la qualità dei modelli galattici, supporti la calibrazione delle candele standard, contribuisca alla costruzione di mappe 3D più precise della Via Lattea e sia riusabile anche al di fuori dell'astrofisica.

Problemi e necessità

La stima delle parallassi è cruciale per ogni studio di struttura galattica, cinematica stellare ed evoluzione. Tuttavia, le misure dirette possono essere limitate da distanza, luminosità, condizioni di osservazione o errori sistematici. Per questo è sempre più importante disporre di metodi predittivi complementari che possano integrare o affinare i risultati astrometrici. NeuroStarMap affronta esattamente questa

necessità, sfruttando correlazioni fisiche nei dati osservativi che i modelli tradizionali non riescono a cogliere con la stessa efficienza.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha sviluppato e addestrato una rete neurale profonda in grado di prevedere la parallasse con accuratezza paragonabile o superiore ai modelli regressivi tradizionali. La rete ha mostrato eccellenti capacità di generalizzazione sul campione di test, e grazie alla struttura modulare può essere riconfigurata per predire altri parametri astrofisici o affrontare regressioni complesse in domini diversi.

Impatti

Il sistema NeuroStarMap contribuisce a migliorare la precisione dei modelli galattici e delle distanze stellari, facilitando misure fondamentali per comprendere l'evoluzione dell'Universo. I benefici non si limitano all'astrofisica. La metodologia sviluppata può essere infatti applicata a campi come la diagnostica medica, il monitoraggio ambientale o l'ingegneria predittiva, dove occorre modellare correlazioni complesse e non lineari. Il progetto ha inoltre rafforzato competenze interdisciplinari all'intersezione tra ingegneria, data science e astrofisica.

Settori di applicazione

I risultati sono replicabili da **Università, Enti di Ricerca e Industrie** interessate a modelli predittivi basati su grandi dataset. Nel dominio astronomico la rete può essere integrata nelle pipeline di analisi delle grandi campagne osservative, migliorare cataloghi di parallassi incerte e supportare future missioni spaziali. Al di fuori dell'astronomia, la stessa architettura si presta a problemi di regressione complessa in ambito industriale, scientifico e tecnologico, dimostrando l'ampia versatilità del modello.

ADELE4RAIN – A DEep Learning-based framework for RAINfall estimation and forecasting

Settore di applicazione: Climate, Environment, Artificial Intelligence

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Framework di Deep Learning di modelli di AI leggeri per stima e previsione delle precipitazioni a partire dai dati acquisiti da pluviometri, radar e satelliti

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 4

Partner: Revelis S.r.L.

Sintesi del progetto

ADELE4RAIN sviluppa un sistema scalabile di AI per migliorare stima e previsione delle piogge, integrando reti pluviometriche, radar meteorologici e sensori geostazionari. L'obiettivo è supportare la gestione del rischio di eventi estremi con modelli più accurati, tempi di calcolo ridotti e sostenibilità economica grazie all'ottimizzazione delle risorse.

Obiettivi

Il progetto si propone di costruire modelli affidabili e disponibili in tempo reale per nowcasting e forecasting, di definire protocolli e metriche di valutazione, di progettare moduli di integrazione dati eterogenei (stazioni, radar, satellite) garantendo qualità, coerenza e interoperabilità del flusso informativo.

Problemi e necessità

Le reti di pluviometri, pur dense, faticano a ricostruire i campi di pioggia durante eventi convettivi a forte variabilità spazio-temporale. Servono perciò metodi di data fusion automatici e robusti per sistemi di allerta affidabili.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha condotto un'analisi dello stato dell'arte e benchmark dei metodi esistenti e definito un protocollo di valutazione. È stato inoltre progettato un modulo di estrazione e integrazione di dati multi-sorgente, con l'adozione di modelli di Deep Learning leggeri e si Convolutional Neural Network (CNN) e Recurrent

Neural Network (RNN) per dati spaziotemporali, con supporto di risorse HPC e Big Data per training e inferenza.

Impatti

La metodologia ADELE4RAIN migliora la **capacità previsiva** e la gestione di: rischio idrogeologico, applicazioni per l'**early warning**, agricoltura di precisione, gestione idrica, drenaggio urbano, assicurazioni e reti energetiche. I potenziali impatti si estendono inoltre potenziale verso sistemi integrati e servizi operativi a scala nazionale.

Settori di applicazione

Gli attori e settori che possono trarre maggiore vantaggio dai risultati sono la **Protezione civile**, il **Water Management**, l'**agritech**, la gestione degli **Urban Stormwater**, dell'**Energia Rinnovabile**, delle **Assicurazioni** e degli **Aiuti Umanitari**. La pipeline che integra AI e Big Data è inoltre replicabile in domini affini e favorisce formazione e trasferimento tecnologico.

CTA – Climate Threat Assessment: Integrated Risk Mapping Platform for Critical Infrastructure

Settore di applicazione: Climate, Environment, Future HPC

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Piattaforma GIS (Geographic Information System) avanzata che integra proiezioni climatiche, modellazione di vulnerabilità e computazione per mappe di rischio multi-scenario

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 4

Partner: Università IUAV Venezia, TITAN4, CMCC,

Sintesi del progetto

CTA si concentra sul superamento dei metodi tradizionali di risk assessment basati su dati storici e sull'assunzione di stazionarietà climatica, ormai invalidata dal cambiamento globale. La piattaforma sviluppa un'analisi integrata di pericolosità climatica, vulnerabilità territoriale ed esposizione infrastrutturale, consentendo una transizione dai modelli reattivi verso una pianificazione proattiva e anticipatoria delle infrastrutture critiche.

Obiettivi

Il progetto si propone di supportare operatori energetici, di trasporto e idrici nel definire piani di adattamento basati sulle evidenze e di fornire proiezioni multi-orizzonte fino al 2100, abilitando valutazioni scalabili dal livello locale alla copertura nazionale.

Problemi e necessità

L'Italia, e in particolare il Mediterraneo, è un climate hotspot soggetto agli effetti del Global Warming. Reti elettriche, trasporti e infrastrutture essenziali richiedono strumenti robusti per valutare rischi futuri, non più desumibili dai soli dati storici, che integrino scenari climatici ad alta risoluzione.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha introdotto una metodologia che integra un modello di suscettibilità a rischio

delle infrastrutture e un livello integrato per la previsione di vulnerabilità basato su logica Fuzzy Sistema, insieme a un sistema classificazione del rischio a 6 livelli conforme a ISO 14091. È stato inoltre avviato un programma pilota su parte della rete elettrica comprensiva di 45 km linee in territorio di 500 km², che ha portato a un proiezioni di rischio crescente nell'orizzonte temporale considerato.

Impatti

CTA è in grado di abilitare una pianificazione infrastrutturale e degli investimenti pubblici più sicura e resiliente, una riduzione dei danni da eventi estremi tramite interventi preventivi. Il progetto fornisce inoltre un contributo diretto al Piano Nazionale di Adattamento ai cambiamenti Climatici (PNACC), consentendo replicabilità nazionale grazie a una metodologia aperta e standardizzata.

Settori di applicazione

I benefici del progetto si estendono ai settori **Energetico**, dei **Trasporti**, delle **Reti Idriche**, delle **Telecomunicazioni**, **Assicurativo**, fornendo uno strumento a supporto della pianificazione degli interventi delle amministrazioni regionali. La metodologia è applicabile anche ad alluvioni, ondate di calore, incendi, subsidenza e replicabile in altri Paesi mediterranei o a scala europea.

DASSTER – DataSpace for System Earth

Settore di applicazione: Climate, Environment, Software, Future HPC

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Piattaforma Cloud per integrazione, analisi e modellazione di dati del Sistema Terra (atmosfera, oceani, biosfera, suolo)

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 4

Partner: MEEQ, CMCC, CINECA, CNR

Sintesi del progetto

DASSTER affronta il bisogno crescente di un ambiente integrato in grado di orchestrare sorgenti dati eterogenee e supportare analisi avanzate dei dati relativi al Sistema Terra. La piattaforma combina federazione dati, interfacce user-friendly e capacità HPC per supportare ricerca, monitoraggio ambientale e servizi decisionali basati su evidenze scientifiche.

Obiettivi

Il Garante vuole garantire accesso interoperabile ai dati climatici e ambientali, semplificare lo sviluppo di algoritmi e modelli e offrire strumenti per visualizzazione, analisi e simulazione e abilitare use case multi-settore che supportino resilienza climatica, pianificazione territoriale e gestione delle emergenze.

Problemi e necessità

Dati massivi, eterogenei e distribuiti rendono complessa la costruzione di pipeline riproducibili per Earth System Science. L'assenza di interfacce comuni e di infrastrutture scalabili limita l'impatto operativo delle analisi ambientali, mentre i modelli predittivi richiedono potenza computazionale che supera la capacità dei sistemi tradizionali.

Soluzioni sviluppate

DASSTER ha avviato il design preliminare della piattaforma e delle sue componenti, che saranno principi cloud-native e open standard adottando principi di modularità, interoperabilità, scalabilità, discoverability, sicurezza e privacy.

Ha inoltre preso il via la realizzazione delle interfacce e delle dashboard analitiche per analisi e visualizzazione su tre casi d'uso dimostrativi: air quality monitoring, pollutant control room, wildfire monitoring.

Impatti

Gli strumenti realizzati forniranno supporto operativo al monitoraggio ambientale, alla gestione delle risorse e alla risposta ai disastri e alla pianificazione urbana, potendo essere sfruttati anche per iniziative di salute pubblica. La piattaforma favorisce trasferimento tecnologico, consapevolezza ambientale e partecipazione civica, migliorando resilienza e sostenibilità.

Settori di applicazione

Gli impatti prodotti riguardo principalmente la **Ricerca climatica**, portando vantaggi alla **Protezione Civile**, alla **Pianificazione Urbana** e alle iniziative per la **Salute Pubblica**, la **Gestione delle Risorse Naturali**, il **Monitoraggio degli Incendi** e per la **Qualità dell'Aria**, con massima replicabilità in domini data-intensive (energia, trasporti, agricoltura, ecosistemi) e potenziale integrazione con digital twin ambientali.

ENGAGEMENT – Enhancing climate change information for infrastructure risks and land suitability in Italy

Settore di applicazione: Climate, Environment, Agriculture, Artificial Intelligence

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Dataset climatici ad alta risoluzione (2.2 km), indicatori di rischio infrastrutturale e agricolo e piattaforma interattiva per accesso ai servizi sviluppati

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 4

Partner: Inside Climate Service, CMCC, CNR, FBK

Sintesi del progetto

ENGAGEMENT sviluppa un sistema avanzato di informazione climatica per supportare la gestione del rischio infrastrutturale e la pianificazione agricola in Italia. Colma il divario tra dataset climatici globali, spesso affetti da bias e da scarsa risoluzione, e le necessità di analisi locali richieste da enti pubblici, gestori di rete e filiere agroalimentari. Il progetto contribuisce alla transizione verso un Paese più resiliente, in linea con Green Deal europeo e Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici.

Obiettivi

Il progetto si propone di fornire dati climatici affidabili, interoperabili e ad alta risoluzione, creare indicatori di vulnerabilità per infrastrutture e agricoltura, abilitare strumenti decisionali operativi e avvicinare comunità scientifica e utenti finali in logiche di co-design.

Problemi e necessità

I modelli climatici regionali non risolvono correttamente fenomeni locali, limitando la capacità di pianificare interventi di resilienza. Pianificatori e gestori richiedono oggi informazione e modelli pronti all'uso facilmente consultabile, e strumenti per quantificare esposizione e vulnerabilità sotto scenari futuri.

Soluzioni sviluppate

ENGAGEMENT ha prodotto dataset climatici con correzione di errori, indicatori di rischio per infrastrutture e in agricoltura per il Nord Italia.

Il progetto ha inoltre sviluppato la piattaforma **Teal Tool** per visualizzazione a scala provinciale, costituendo reti collaborative con istituzioni scientifiche e operatori industriali.

Impatti

Il progetto favorirà decisioni più consapevoli nella gestione delle infrastrutture di trasporto e nei settori agricoli, consentendo maggiore sicurezza, una riduzione di danni economici, l'ottimizzazione degli investimenti pubblici e una maggiore competitività delle filiere. Strumenti e dati prodotti favoriscono una società più consapevole del clima e dei suoi cambiamenti, supportando adattamento e prevenzione.

Settori di applicazione

Gli impatti diretti prodotti si estendono alla gestione di **Infrastrutture (ferrovie, autostrade, aeroporti)**, alla pianificazione in **Agricoltura** e alle attività di **Protezioni Civili, Pianificazione Territoriale, Assicurazioni** e **PA locali**. Più in generale, le ricadute si estenderanno a tutte le realtà che necessitano di dati climatici robusti per risk assessment e adattamento strategico.

GLOWPP – Global Weather model

Prototype now and Production in the future

Settore di applicazione: Climate, Environment, Future HPC, Software

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Ottimizzazione e parallelizzazione avanzata del modello numerico per la previsione meteorologica globale GLOBO

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 4

Partner: Università degli Studi di Napoli "Parthenope", FIDES S.r.l., ITDM S.r.l.

Sintesi del progetto

GLOWPP migliora il modello meteorologico globale GLOBO, intervenendo non sulla fisica ma sulla sostenibilità e scalabilità del codice. L'iniziativa nasce per superare i colli di bottiglia di un software longevo scritto e per adeguarne il parallelismo alle architetture HPC moderne, favorendo diffusione operativa e utilizzi educativi tramite immagini container e integrazione in workflow scientifici.

Obiettivi

L'obiettivo del progetto è rendere GLOBO più sostenibile dal punto di vista dello sviluppo, più efficiente sulle architetture multi e many-core, e più semplice da distribuire e integrare in catene operative e dimostrative, mantenendo al contempo un'unica base sorgente per preservare compatibilità e manutenibilità.

Problemi e necessità

Le previsioni meteorologiche numeriche richiedono parallelismo efficiente su memoria distribuita e acceleratori, oltre a input e output e orchestrazione riproducibili. Le competenze Fortran sono meno diffuse e ciò rende critico evolvere un codice nato decenni fa senza spezzarne la coerenza o moltiplicare i rami di sviluppo.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha introdotto una nuova strategia di parallelizzazione su memoria distribuita, ha abilitato l'uso di GPU e ha containerizzato

la distribuzione per test, demo e didattica, includendo l'integrazione con le tecnologie di workflow sviluppate dai progetti DAGonStar e DAGonCAPIO.

Impatti

La versione GLOWPP di GLOBO rende più accessibile l'esecuzione su un ampio spettro di infrastrutture, dai cluster locali alle risorse nazionali, aprendo prospettive per usi operativi in studi climatici, sistemi globali e nidificazioni locali ad alta risoluzione, con potenziale impatto indiretto sulla qualità delle previsioni in eventi intensi ed estremi.

Settori di applicazione

Il modello ottimizzato potrà essere sfruttato da **Centri di Previsione Numerica, Gruppi Accademici di Scienze dell'Atmosfera e del Clima e da enti operativi** che necessitano di modelli globali integrabili in workflow esistenti, nonché da istituzioni interessate a strumenti containerizzati per la didattica e il training su HPC e acceleratori.

IT-WATER – High-performing computing of future drought & water resources scenarios in Italy

Settore di applicazione: Climate, Environment, Future HPC

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Integrazione su HPC di scenari climatici corretti da errori con modelli idrologici nazionali per proiezioni future della disponibilità idrica

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 4

Partner: CIMA Research Foundation, Agenzia ItaliaMeteo, FadeOut Software S.r.l.

Sintesi del progetto

IT-WATER nasce per migliorare la capacità delle catene modellistiche italiane di descrivere l'impatto dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche. Il progetto produce per la prima volta scenari ad alta risoluzione dell'evoluzione della siccità sull'intero territorio nazionale, integrando proiezioni climatiche dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) con modelli operativi già impiegati dal Sistema di Protezione Civile per la previsione di piene, siccità e risorse nivali.

Obiettivi

Il progetto mira a mettere a disposizione dell'Italia una base informativa coerente, dettagliata e riproducibile sulle future disponibilità idriche, fornendo dati utili alla pianificazione dell'adattamento, alla gestione dei bacini e alla definizione di politiche di mitigazione del rischio idrico. Ciò avviene attraverso modelli distribuiti e omogenei di tutto il territorio nazionale, capaci di cogliere la complessità dei bacini primari e secondari, con particolare focus sulla siccità.

Problemi e necessità

Il Piano Nazionale di Adattamento al Cambiamento Climatico riconosce la crescente frequenza e durata dei periodi di scarsità d'acqua, aggravati dalla variabilità indotta dal riscaldamento globale. Le reti idriche e i gestori pubblici necessitano di modelli spazialmente consistenti che combinino osservazioni e proiezioni

climatiche, mentre l'esecuzione di simulazioni decennali o secolari richiede un'architettura HPC che garantisca tempi sostenibili e risorse adeguate.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha già prodotto scenari climatici IPCC corretti da errori e costruito un'infrastruttura dedicata all'esecuzione su cluster HPC CINECA. I modelli S3M e Continuum, operativi su scala nazionale, sono stati resi eseguibili tramite un sistema in grado di lanciare numerose istanze in parallelo su grandi periodi temporali. Le simulazioni sono in corso e un gruppo di stakeholder sta contribuendo alla validazione e definizione dei prodotti finali.

Impatti

La piattaforma sviluppata fornirà la prima valutazione aperta, omogenea e ad alta risoluzione dell'evoluzione futura delle risorse idriche italiane, con benefici concreti per enti pubblici, pianificatori territoriali e operatori di settore. Questo patrimonio informativo sosterrà l'elaborazione di politiche di adattamento più efficaci, facilitando una gestione proattiva della siccità e una maggiore consapevolezza pubblica sui rischi idrici.

Settori di applicazione

I risultati rappresenteranno una risorsa per Protezione civile, gestione delle risorse idriche, pianificazione territoriale, agricoltura, energia idroelettrica e per tutti gli attori che necessitano di conoscenza affidabile sulla disponibilità d'acqua nel medio-lungo termine. L'infrastruttura e il codice, completamente open-source, sono riutilizzabili per valutazioni analoghe in altri macrosettori ambientali.

AI-LAND – Landscape Digital Twin per l'analisi e la mitigazione dei rischi naturali in Puglia

Settore di applicazione: Climate, Environment, Future HPC, Artificial Intelligence, Education and Training

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Digital Twin territoriale con geo-analitica e visualizzazione 3D in tempo reale per supporto a prevenzione, risposta e formazione operativa

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 5

Partner: Planetek Italia, Sfera Informatica S.r.l.

Sintesi del progetto

AI-LAND realizza un gemello digitale territoriale per individuare con priorità le aree a maggior livello di attenzione per frane e incendi, fornendo al contempo un ambiente 3D immersivo per addestrare operatori di protezione civile in scenari basati su dati geospaziali reali. Il sistema integra telerilevamento satellitare, dati LiDAR e indicatori tematici in un'unica piattaforma pensata per monitoraggio, decisione e training.

Obiettivi

Scopo del progetto è migliorare gestione del rischio, conservazione ambientale, sicurezza delle comunità e capacità di risposta ai disastri, abilitando un ciclo operativo che va dal rilevamento precoce alla pianificazione degli interventi, fino alla formazione del personale in condizioni simil operative.

Problemi e necessità

La gestione dei rischi naturali richiede integrazione di fonti eterogenee e analisi scalabili. La sola cartografia storica non è sufficiente e la complessità dei fenomeni impone strumenti che riescano a combinare AI, risorse Big Data e HPC per estrarre rapidamente priorità d'ispezione e contesto territoriale.

Soluzioni sviluppate

AI-LAND ha progettato un servizio che evidenzia automaticamente le aree più critiche tramite valori di riferimento (Inspection Priority

Score), calcolati fondendo pesi da osservazioni satellitari SAR e fattori di amplificazione come frane, pericolosità idraulica, aree percorse dal fuoco e pendenza del suolo indicati dai Piani di Assetto Idrogeologico (PAI). La piattaforma 3D realizzata consente inoltre visualizzazione e interazione in tempo reale con scene territoriali complesse.

Impatti

Il progetto supporta le autorità territoriali e i soggetti operativi, fornendo strumenti per mappare, comprendere e gestire i fenomeni idrogeologici con maggiore tempestività e rigore, riducendo costi e impatti e incrementando la resilienza locale. La componente formativa aumenta consapevolezza e prontezza, trasferendo competenze attraverso scenari realistici.

Settori di applicazione

La piattaforma sviluppata potrà essere utilizzata da **Protezione Civile, Enti di Gestione del Territorio**, aiutando la **Pianificazione Urbanistica** e la **Tutela Ambientale**. Essendo basata su *open data* e architetture scalabili, è inoltre replicabile su scala regionale e nazionale e può essere estesa ad altri rischi e contesti operativi.

APCRED – Analisi della Percezione del Rischio e della Capacità di Resilienza dei Cittadini

Settore di applicazione: Climate, Environment, Society and Smart Cities, Education and Training

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Indagine psicometrica campionaria nazionale su percezione del rischio ambientale, resilienza e fiducia istituzionale

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 5

Partner: SWG

metodologia stratificata per area geografica, genere ed età, utilizzando modalità online per garantire copertura adeguata e controlli sugli errori campionari e non campionari. Sono stati raccolti 15.000 questionari completi, anonimizzati secondo normativa privacy, e predisposti protocolli per analisi, stima, errori e reporting. Le prime attività hanno portato alla caratterizzazione della popolazione obiettivo e alla strutturazione finale del questionario.

Sintesi del progetto

APCRED studia in modo sistematico come i cittadini italiani percepiscono i rischi ambientali e quanto risultano preparati ad affrontarli, con l'obiettivo di supportare politiche pubbliche, progettazione infrastrutturale e strategie di comunicazione basate su evidenze. L'indagine si fonda su un questionario psicometrico strutturato e su un disegno campionario rigoroso, concepito per essere rappresentativo della popolazione italiana adulta.

Obiettivi

Il progetto mira a comprendere in profondità la relazione tra percezione del rischio, conoscenza dei fenomeni, fiducia nelle istituzioni e comportamenti individuali e collettivi, così da orientare strategie di gestione del rischio più efficaci, iniziative di informazione e interventi infrastrutturali coerenti con le vulnerabilità identificate.

Problemi e necessità

Le amministrazioni e gli enti di protezione civile necessitano di informazioni affidabili su come la popolazione interpreta rischi quali frane, incendi, alluvioni o eventi climatici estremi. L'assenza di dati strutturati ostacola la costruzione di campagne di prevenzione efficaci, la valutazione della resilienza locale e la definizione di comportamenti virtuosi durante le emergenze.

Soluzioni sviluppate

La ricerca ha definito il target, selezionato i temi e costruito un questionario somministrato con

Impatti

APCRED consente, per la prima volta in Italia, una lettura comparata della percezione dei diversi rischi ambientali, offrendo ai policy maker strumenti per intervenire con azioni mirate, migliorare l'informazione pubblica, aumentare la consapevolezza diffusa e favorire comportamenti più resilienti.

Settori di applicazione

Il progetto è utile per **Protezione Civile, Amministrazioni Locali** e per settori quali **Urbanistica e Educazione, Media e Organizzazioni Impegnate** nella comunicazione del rischio, oltre che per enti di ricerca e istituzioni interessate a misurare opinioni e atteggiamenti del pubblico in contesti complessi o emergenziali.

APPLE – Approccio innovativo per la mitigazione sostenibile del rischio da frana

Settore di applicazione: Environment

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Metodologia validata per la valutazione rapida della vulnerabilità e dei danni da frana su scala urbana

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 5

Partner: GEP S.r.l.

Sintesi del progetto

APPLE è dedicato al tema della mitigazione del rischio da frana attraverso una metodologia innovativa in grado di valutare rapidamente la vulnerabilità degli edifici nei centri abitati e di supportare la pianificazione di interventi di retrofit e messa in sicurezza. Il progetto si basa sull'analisi del costruito in due casi studio e sulla definizione di strumenti validati che permettono di interpretare in modo coerente forme di danno, intensità dei movimenti franosi e risposte strutturali.

Obiettivi

L'obiettivo principale del progetto è fornire un sistema pratico e riproducibile per identificare gli edifici più vulnerabili, così da orientare le strategie di mitigazione e rendere più efficiente la gestione territoriale da parte di enti e amministrazioni, favorendo un uso più sostenibile delle risorse in aree soggette a dissesto.

Problemi e necessità

Nelle aree urbane esposte a movimenti franosi mancano che consentano valutazioni omogenee della vulnerabilità in maniera rapida. La definizione di metodologie sistematiche è perciò fondamentale sia per comprendere il comportamento strutturale degli edifici sia per indirizzare interventi di prevenzione e misure di protezione economica come coperture assicurative.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha portato alla realizzazione di strumenti validati per la valutazione del danno da frana su scala urbana, strettamente legati alle forme di danno rilevate e alle carte

geotecniche dei due comuni analizzati. È stata definita una procedura che consente una rapida classificazione del grado di vulnerabilità degli edifici, utilizzabile da ricercatori, amministrazioni e professionisti. L'utilizzo di risorse HPC e Big Data supporta sia la fase di raccolta sia quella di post elaborazione dei dati. L'approccio è già stato applicato con successo nei due casi studio selezionati.

Impatti

La metodologia sviluppata consente di aumentare la consapevolezza del rischio nelle comunità urbane, fornendo alle amministrazioni un supporto operativo nella definizione delle priorità di intervento e nella riduzione dei tempi e dei costi legati alla gestione del rischio. Le procedure elaborate possono contribuire alla pianificazione di misure di mitigazione più efficaci e sostenibili, migliorando la sicurezza delle aree esposte.

Settori di applicazione

I risultati forniranno una risorsa per **Enti Pubblici, Protezione Civile, Università e Compagnie Assicurative**, che possono replicare il metodo per valutazioni territoriali. In generale l'approccio è trasferibile anche ad altri ambiti dell'**Ingegneria Civile**, come l'analisi della vulnerabilità sismica.

FABRICH – Fragility Assessment of existing BRIdges through Computer-aided techniques to different Hazards

Settore di applicazione: Mobility, Engineering and Multiscale Modelling, Artificial Intelligence, Software

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Sistema ingegneristico per la valutazione automatica della fragilità dei ponti esistenti, basato su analisi dei dati, modelli statistici e tecniche di analisi strutturale

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 5

Partner: Università degli Studi di Camerino

Sintesi del progetto

FABRICH nasce dall'urgenza di valutare in modo rapido e coerente lo stato di migliaia di ponti italiani, spesso caratterizzati da livelli di conoscenza incompleti e da risorse limitate per ispezioni e analisi. Il progetto sviluppa un ambiente digitale in grado di classificare le tipologie più ricorrenti, identificare difetti tipici e costruire una tassonomia strutturale che consenta di supportare amministrazioni e gestori nell'individuazione delle situazioni più critiche, contribuendo all'evoluzione dei processi di gestione del rischio infrastrutturale.

Obiettivi

Il progetto mira a disporre di strumenti automatici che riducano tempi, costi e fabbisogni di personale specializzato, pur mantenendo coerenza con le linee guida italiane su ispezione e priorità di intervento. Ciò permette di ottimizzare la manutenzione programmata, aumentare la resilienza della rete di trasporto e sostenere decisioni basate su evidenze.

Problemi e necessità

Il vasto patrimonio infrastrutturale italiano richiede valutazioni rapide, ma l'attuale approccio manuale è oneroso e difficilmente scalabile. La sicurezza dei cittadini e la continuità dei servizi dipendono dall'efficienza della rete stradale, ma fondi e risorse tecniche sono limitati. È quindi essenziale disporre di strumenti in grado di trattare informazioni incomplete e fornire stime preliminari affidabili.

Soluzioni sviluppate

FABRICH ha definito una tassonomia delle tipologie più comuni di ponti e ha selezionato un set di difetti ricorrenti su cui costruire modelli di valutazione. L'approccio combina analisi dei dati, metodi statistici e tecniche di analisi non lineare per stimare fragilità e priorità di intervento. L'avanzamento del lavoro ha già portato alla progettazione di un prototipo di strumento utile per gestire priorità di indagine e manutenzione su ampi portafogli di opere.

Impatti

Il progetto contribuisce a migliorare la sicurezza del sistema dei trasporti e, più in generale, la resilienza delle comunità, ottimizzando le risorse economiche e umane dedicate alla manutenzione. L'utilizzo di metodi automatici permette una gestione più efficace dei casi critici e una maggiore affidabilità nelle diagnosi preliminari, con benefici per amministrazioni, tecnici e cittadini.

Settori di applicazione

La metodologia sviluppata è replicabile in contesti legati alla **Gestione di Infrastrutture viarie e ferroviarie**, nell'ambito delle amministrazioni pubbliche, delle concessionarie, dei centri di ricerca e delle università. L'approccio può essere esteso ad altri ambiti dell'**Ingegneria Strutturale** che richiedono valutazioni rapide su larga scala.

He-StrHeMo – Gestione smart dello Structural Health Monitoring del Heritage Italiano: il caso Brunelleschi

Settore di applicazione: Society and Smart Cities

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Sistema integrato di monitoraggio sincronizzato per la tutela del patrimonio architettonico

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 5

Partner: Nowtech Solutions S.r.l., IP Ingegneria S.r.l.

Sintesi del progetto

He-StrHeMo affronta il tema della conservazione del patrimonio storico architettonico attraverso un approccio avanzato di Structural Health Monitoring, applicato alla Cupola del Brunelleschi. Il progetto dimostra come il monitoraggio continuo, basato su sensori di nuova generazione e tecniche di sincronizzazione, consenta di ricostruire in modo preciso le condizioni strutturali attuali, offrendo uno strumento decisivo per la tutela preventiva dei beni culturali.

Obiettivi

L'iniziativa punta a sviluppare tecnologie innovative per il controllo, la conservazione e la manutenzione programmata dei manufatti architettonici, sostituendo interventi reattivi con pratiche basate su diagnosi oggettive e misurabili. Lo scopo è rendere possibile una conoscenza più approfondita dei comportamenti strutturali, funzionale a strategie di restauro mirato e prevenzione dei danni.

Problemi e necessità

Il patrimonio storico italiano presenta criticità legate al degrado e all'assenza di monitoraggi sistematici. Le tecniche tradizionali soffrono di limiti temporali e strumentali che impediscono una visione dinamica del comportamento strutturale. È quindi necessario adottare sistemi intelligenti, affidabili e costantemente operativi, in grado di sincronizzare e integrare misure provenienti da sensori diversi.

Soluzioni sviluppate

La soluzione proposta combina accelerometri, inclinometri, aste di misura e sensori termici su un'unica infrastruttura fisica con comunicazione sincronizzata, permettendo l'allineamento temporale delle misure con ritardi inferiori ai 500 nanosecondi. L'uso di algoritmi e buffer integrati consente una raccolta dati precisa, che costituisce un archivio indispensabile per sviluppare futuri modelli predittivi basati su AI e machine learning. Il sistema è replicabile su qualunque bene architettonico, dimostrando la trasferibilità della metodologia.

Impatti

Il progetto favorisce la conservazione dei beni culturali e ne garantisce la fruibilità alle generazioni future. La disponibilità di un database continuo di misure offre alle autorità strumenti per piani di manutenzione più efficaci e sostenibili, riducendo i rischi di degrado e migliorando la conoscenza dei materiali e delle tecniche costruttive storiche. La capacità di monitorare in tempo reale gli edifici storici aumenta la consapevolezza del rischio e contribuisce alla salvaguardia dell'identità culturale del Paese.

Settori di applicazione

La metodologia sviluppata si rivolge a **Musei, Soprintendenze, Enti locali, Università, Centri di restauro e Soggetti pubblici e privati impegnati nella tutela del patrimonio**. Il modello è applicabile su scala globale, ovunque siano presenti edifici storici che necessitano di monitoraggi avanzati per prevenirne il deterioramento.

MANSAR-HPC – Monitoraggio Ambientale di aree Naturali tramite tecnologia SAR e sistemi HPC

Settore di applicazione: Environment, Climate, Future HPC, Artificial Intelligence

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Algoritmi per elaborazione dati SAR ad alte prestazioni (vulcani) e ricostruzione 3D basata su Intelligenza Artificiale (foreste)

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 5

Partner: Università degli Studi di Napoli "Parthenope"

Sintesi del progetto

MANSAR-HPC risponde all'esigenza di un monitoraggio ambientale continuo, efficiente e accurato, combinando dati da radar ad apertura sintetica (SAR) con capacità di calcolo ad alte prestazioni. L'obiettivo è ridurre drasticamente i tempi di processamento dei dati di telerilevamento, così da abilitare un controllo costante di aree vulcaniche e forestali con prodotti informativi a maggiore tempestività e valore operativo.

Obiettivi

Il progetto punta a dimostrare come l'uso congiunto di algoritmi innovativi e HPC può accorciare i tempi tra acquisizione e informazione fruibile dei dati SAR, rendendo possibile un monitoraggio rapido e accurato di aree critiche, trasferibile a differenti scenari territoriali.

Problemi e necessità

Il volume e la complessità dei dati SAR rendono onerosa l'elaborazione su infrastrutture tradizionali. Senza risorse HPC i tempi di risposta non sono compatibili con le esigenze di sorveglianza continua e gestione del rischio in ambito vulcanico e forestale.

Soluzioni sviluppate

MANSAR-HPC ha introdotto algoritmi focalizzati sulla scala temporale e ottimizzati per l'esecuzione parallela per il monitoraggio dei

vulcani. In ambito forestale, sono stati adottati modelli di ricostruzione 3D basati su Intelligenza Artificiale. L'accoppiata tra tali metodi e le risorse e le infrastrutture HPC consentono significativi risparmi di tempo computazionale, producendo pipeline pensate per essere testate su dati reali e generalizzate a nuovi teatri applicativi.

Impatti

Le metodologie sviluppate dal progetto abilitano il ricorso a informazioni relative alle emergenze vulcaniche in tempi rapidi, supportando decisioni tempestive per la protezione civile. Inoltre, grazie a una identificazione precoce delle aree forestali a rischio, è possibile pianificare misure preventive e una migliore tutela degli ecosistemi. In prospettiva, l'approccio migliora la resilienza delle comunità attraverso servizi di osservazione della Terra più reattivi.

Settori di applicazione

Ad avvantaggiarsi direttamente delle nuove metodologie saranno **Protezione civile, Enti parco, Autorità ambientali e Comunità scientifiche** che operano nel campo del rischio vulcanico e della gestione forestale, con estensioni possibili ad altri domini del telerilevamento SAR che richiedono analisi veloci e affidabili su larga scala.

MULTI-TWIN – Intelligenza artificiale a supporto di analisi multirischio mediante digital twin

Settore di applicazione: Environment, Artificial Intelligence

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Piattaforma web modulare per analisi multirischio integrata con modelli di Intelligenza Artificiale, sensori in tempo reale e Aigital Twin territoriali

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 5

Partner: Università "G. d'Annunzio" di Chieti-Pescara

Sintesi del progetto

MULTI-TWIN nasce dall'esigenza di sviluppare una piattaforma unificata capace di analizzare e monitorare rischi diversi, come quelli sismici, idraulici e idrogeologici, utilizzando modelli di Intelligenza Artificiale e simulazioni Digital Twin ad alta risoluzione. Il progetto punta a creare un ambiente operativo avanzato in grado di integrare dati geospaziali, informazioni sensoriali e modelli previsionali in un unico sistema, supportando valutazioni coerenti del rischio e pianificazione strategica in contesti urbani e territoriali complessi.

Obiettivi

Il progetto intende rispondere alla crescente domanda di strumenti integrati per la gestione del rischio, offrendo soluzioni che migliorino prevenzione, monitoraggio e capacità di risposta, mettendo a disposizione un sistema dinamico per la valutazione multi-hazard, utile sia per la protezione civile che per il governo del territorio, che contribuisca alla sicurezza delle comunità e alla resilienza delle infrastrutture.

Problemi e necessità

Le minacce naturali - dai terremoti alle alluvioni fino alle frane - richiedono strumenti capaci di analisi trasversale. Dati eterogenei e incompleti rendono infatti difficile ottenere valutazioni accurate. Sono quindi necessari sistemi intelligenti che sappiano integrare grandi volumi di

informazioni, simulare scenari realistici e supportare decisioni operative e politiche in tempo quasi reale.

Soluzioni sviluppate

MULTI-TWIN ha definito requisiti tecnici e funzionali della piattaforma, strutturando un'architettura scalabile con moduli dedicati ai diversi rischi e avviando la realizzazione del backend. È stato creato un catalogo dati centralizzato come unico riferimento informativo per le analisi e sono state sviluppate le prime pagine modello per l'interfaccia finale. L'approccio combina reti di sensori, modelli AI, simulazioni Digital Twin e tecniche per la gestione delle informazioni relative alle costruzioni (BIM) per elaborare analisi multi-scala, offrendo uno strumento interattivo per valutazioni integrate del rischio.

Impatti

La piattaforma realizzata dal progetto permetterà una gestione più efficace delle emergenze, riducendo l'impatto socioeconomico dei disastri e accelerando la ripresa delle funzioni urbane. Le autorità potranno basare decisioni e interventi su mappe di pericolosità aggiornate, modelli previsionali e sistemi di allerta potenziati. Il progetto rafforzerà quindi la resilienza delle comunità e contribuirà alla protezione del patrimonio storico e delle infrastrutture critiche.

Settori di applicazione

La piattaforma sarà a disposizione di **Protezione Civile, Amministrazioni Pubbliche, Gestori di infrastrutture, Università e Centri di Ricerca**, che potranno replicarla in contesti nazionali e internazionali. La modularità del sistema permette estensioni a nuovi rischi, tra cui incendi e pericoli industriali.

PAPERS – Piattaforma Analisi Pericolosità e Rischio Sismico

Settore di applicazione: Environment, Computing and Storage Infrastructure

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Strumenti open-source e database avanzati per analisi probabilistiche e deterministiche della pericolosità e del rischio sismico su edifici, infrastrutture critiche e reti

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 5

Partner: Global Earthquake Model Foundation

Sintesi del progetto

PAPERS sviluppa una piattaforma open-source destinata a rendere più accessibili e avanzate le analisi di pericolosità e rischio sismico in Italia. Il progetto punta a colmare una lacuna metodologica e infrastrutturale: oggi la conoscenza del rischio è spesso frammentata, eterogenea per regioni, incompleta sul piano dei fenomeni secondari e non sempre basata sulle più recenti tecniche probabilistiche. PAPERS intende invece rendere disponibili strumenti e dataset che permettano valutazioni più robuste, riproducibili e aggiornate, applicabili tanto ai singoli edifici quanto all'intero territorio nazionale.

Obiettivi

L'obiettivo principale del progetto è rafforzare la capacità del Paese di comprendere e mitigare il rischio sismico, fornendo una base informativa e computazionale uniforme. Ciò passa per metodologie che stimano l'intensità attesa del moto sismico e i suoi impatti su infrastrutture e reti, integrando anche pericolosità secondarie quali frane attivate da sisma e fenomeni di liquefazione.

Problemi e necessità

La pianificazione della mitigazione sismica richiede valutazioni affidabili, ma l'elaborazione dei modelli sismici è computazionalmente complessa. Senza strumenti condivisi e

dataset open-source, la comunità scientifica cresce in modo disomogeneo e gli enti tecnici faticano a operare con metodologie coerenti e aggiornate. PAPERS risponde a questa necessità costruendo un'infrastruttura scalabile, aperta e interoperabile.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha avviato contatti per definire requisiti, sinergie e standard metodologici. La piattaforma in fase di sviluppo farà uso di modelli probabilistici e deterministici di hazard e risk, insieme a capacità HPC e calcolo distribuito per generare scenari su diverse scale geografiche. L'apertura del codice e dei dataset permetterà un'adozione ampia da parte della comunità scientifica e degli enti gestori.

Impatti

Papers consentirà valutazioni del rischio sismico più informate e trasparenti, con ricadute dirette sulla Protezione Civile, sulla pianificazione territoriale e sulla consapevolezza dei cittadini. L'accesso facilitato a strumenti avanzati accelererà la ricerca e renderà più efficaci le politiche di mitigazione, offrendo una base conoscitiva solida per interventi su edifici e infrastrutture strategiche.

Settori di applicazione

Gli strumenti sviluppati supporteranno la **Pianificazione Urbana**, la **Gestione delle Infrastrutture Critiche**, la **Protezione Civile**, la **Ricerca Accademica**. Gli Enti Pubblici potrà inoltre utilizzare la piattaforma per studi di rischio su scala locale, regionale o nazionale. L'approccio open-source favorirà inoltre l'estensione a contesti internazionali e ad altri domini del rischio naturale.

SWISMOD - Innovazione e sicurezza nel monitoraggio dei pendii con inclinometri smart e sensori in fibra ottica

Settore di applicazione: Environment

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Dispositivi intelligenti per la rilevazione di deformazione e temperatura dei pendii tramite fibra ottica

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 5

Partner: Apogeo Space, Università di Bari

Sintesi del progetto

SWISMOD è rivolto al monitoraggio dei pendii soggetti a rischio franoso attraverso una tecnologia innovativa basata su sensori in fibra ottica integrati in sensori (inclinometri) smart. Il progetto mira a migliorare la capacità di rilevare in anticipo movimenti del terreno, individuare nuove superfici di scorrimento e interpretare i cinematismi dei fenomeni franosi.

Obiettivi

Il progetto intende potenziare le attività di manutenzione straordinaria e la sicurezza delle opere esistenti, fornendo informazioni tempestive che consentano interventi mirati e prevenzione dei dissesti. L'obiettivo finale è dotare territori e infrastrutture di sistemi affidabili di allerta precoce, riducendo l'impatto dei fenomeni franosi su popolazione, edifici e reti strategiche.

Problemi e necessità

Le frane rappresentano una minaccia diretta per comunità e infrastrutture e comportano danni economici e sociali di lungo periodo. Le tecniche tradizionali di monitoraggio non sempre permettono una diagnosi tempestiva e continua. È quindi necessario disporre di sistemi avanzati in grado di raccogliere grandi quantità di dati e analizzarli con precisione per anticipare le fasi di attivazione del dissesto.

Soluzioni sviluppate

SWISMOD utilizza sensori in fibra ottica, collegati a una centralina dedicata, per rilevare microspostamenti del terreno con elevata sensibilità, fornendo misure continue di deformazione e temperatura. L'integrazione con

risorse HPC e Big Data consente di elaborare rapidamente enormi volumi di informazioni, migliorando l'interpretazione del fenomeno e riducendo i tempi di risposta. L'approccio è già operativo e sarà progressivamente esteso alla gestione remota del sistema.

Impatti

L'infrastruttura realizzata dal progetto aumenterà la capacità di rilevare precocemente instabilità del pendio permette di ridurre drasticamente rischi per la pubblica incolumità, migliorare la stabilità economica delle aree esposte e preservare il patrimonio culturale e infrastrutturale. Il sistema offre un contributo diretto alla mitigazione dei disastri naturali e rafforza la resilienza dei territori.

[https://supercomputingxc-my.sharepoint.com/personal/matteo_massicci_supercomputing-ic-sc_it/Documents/File chat di Microsoft Copilot/BAC_Spoke 5_SWISMOD_Vito Moramarco.pdf](https://supercomputingxc-my.sharepoint.com/personal/matteo_massicci_supercomputing-ic-sc_it/Documents/File%20chat%20di%20Microsoft%20Copilot/BAC_Spoke%205_SWISMOD_Vito%20Moramarco.pdf)

Settori di applicazione

Il sistema sviluppato può essere applicato al **Monitoraggio Strutturale** di ponti, gallerie e fabbricati, oltre che ai pendii naturali. La scalabilità e l'uso di tecnologie open-data lo rendono replicabile da enti pubblici, aziende, università e operatori privati in ambito **Geotecnico**, **Infrastrutturale** e di **Protezione Civile**.

VTWIN – Piattaforma digitale per la realizzazione del Virtual Twin del territorio

Settore di applicazione: Environment, Computing and Storage Infrastructure

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Piattaforma digitale integrata per la modellazione territoriale in 3D, con dati geologici, geolocalizzati (GIS) e informazioni su edifici e infrastrutture

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 5

Partner: Idecum S.r.l., Università di Bari

Sintesi del progetto

VTWIN sviluppa un gemello digitale del territorio di Bovino, in provincia di Foggia, integrando in un ambiente unico dati geologici, modelli tridimensionali, informazioni GIS e caratterizzazioni del costruito. Il sistema consente di monitorare il territorio e simulare l'evoluzione dei movimenti franosi nel tempo, offrendo una piattaforma dinamica dove consultare dati aggiornati e analizzare scenari previsionali. Il progetto ha già portato alla creazione del primo Virtual Twin, alla raccolta delle informazioni GIS disponibili e all'integrazione dei dati geognostici provenienti dai sondaggi.

Obiettivi

L'obiettivo del progetto è offrire un ambiente digitale unificato in cui ricercatori, tecnici e decisori possano accedere rapidamente alle informazioni territoriali, riducendo frammentazione dei dati e tempi di ricerca. Il progetto mira, inoltre, a potenziare la capacità di simulazione, così da migliorare le strategie di prevenzione, gestione del rischio e pianificazione territoriale.

Problemi e necessità

Le amministrazioni e gli operatori affrontano la difficoltà di reperire dati eterogenei, spesso distribuiti tra diverse fonti e aggiornati in modo non uniforme. Per valutare rischi come frane e instabilità dei versanti è indispensabile disporre di modelli 3D coerenti, aggiornati e integrati, che permettano analisi affidabili e simulazioni realistiche basate su dati certi.

Soluzioni sviluppate

La piattaforma di VTWIN acquisisce dati da fonti pubbliche e li integra con quelli generati dai partner di progetto, costruendo un modello tridimensionale completo del terreno. L'architettura è pensata per ospitare grandi quantità di dati e processi di simulazione, con un approccio progressivo che combina ricerca, sviluppo e collaborazione scientifica. Il Virtual Twin rappresenta un ambiente collaborativo dove inserire e aggiornare le informazioni in modo coerente, facilitando analisi ingegneristiche e scenari a supporto delle decisioni.

Impatti

Il progetto consente di migliorare la prevenzione del rischio, ridurre la costruzione in aree vulnerabili e pianificare interventi di mitigazione più efficaci. L'accesso a un modello aggiornato del territorio facilita valutazioni ingegneristiche, supporta simulazioni predittive e promuove un uso sostenibile del suolo. La visione a lungo termine punta alla creazione di un Virtual Twin globale, capace di migliorare il mondo reale attraverso simulazioni accurate.

Settori di applicazione

Il gemello digitale realizzato può essere utilizzato nella **Progettazione Edilizia**, nella **Prevenzione Territoriale**, nella **Gestione del Rischio Geomorfologico** e come strumento collaborativo tra enti pubblici, accademia e operatori tecnici. La replicabilità del sistema lo rende applicabile a diversi territori, contesti urbani e infrastrutturali, con benefici per amministrazioni, imprese e comunità.

Fairy Magic – FAIR data management per la scienza dei materiali computazionale

Settore di applicazione: Material Science, Software

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Strumenti open source e plugin per migliorare la FAIRness dei dati da calcoli condotti con metodi quanto-meccanici (ab-initio) e simulazioni di dinamica molecolare

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 7

Partner: eXact Lab, CNR

Sintesi del progetto

Fairy Magic mira a rendere i dati realmente trovabili, accessibili, interoperabili e riutilizzabili (principi FAIR) in un contesto in cui riproducibilità e trasparenza sono spesso ostacolate dalla dipendenza da versioni software e architetture hardware diverse. Il progetto concentra il proprio lavoro sulla definizione di schemi di metadatazione per discipline chiave come Risonanza Paramagnetica Elettronica (EPR) e Risonanza Magnetica Nucleare (NMR), contribuendo alla loro futura integrazione all'interno di un'unica infrastruttura.

Obiettivi

L'obiettivo del progetto è facilitare riuso, condivisione e affidabilità dei dataset scientifici generati da simulazioni ad alto costo computazionale, promuovendo un ecosistema di ricerca più democratico, aperto e collaborativo. FAIRness significa ridurre le barriere all'accesso, garantire tracciabilità delle informazioni e permettere che risultati pubblicati possano essere confermati, verificati e ampliati dalla comunità scientifica internazionale.

Problemi e necessità

La riproducibilità nel calcolo scientifico richiede attenzione rigorosa ai metadati, perché differenze minime di software o hardware possono modificare i risultati. Senza procedure standardizzate e strumenti condivisi, i dataset rischiano di essere inutilizzabili o difficilmente confrontabili, limitando l'impatto della ricerca. Fairy Magic risponde a questa necessità

progettando soluzioni che migliorano coerenza, qualità e interoperabilità dei dati.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha contribuito alla definizione dello schema di metadatazione per i dati EPR e al perfezionamento del supporto per i dati NMR generati da Quantum Espresso e dai relativi al post processamento. È stato creato un gruppo di lavoro per coordinare l'evoluzione degli standard. La metodologia centrale adottata è il test-driven programming, scelta strategica per assicurare robustezza, coerenza e validità degli strumenti software prodotti. I risultati saranno distribuiti come plugin open source installabili sull'applicazione Nomad Oasis, con già una prima istanza disponibile ai referenti scientifici.

Impatti

Il lavoro svolto consentirà maggiore FAIRness dei dati nell'ambito delle Scienze computazionali dei materiali, favorendo la diffusione di nuove conoscenze e accelerando l'adozione di tecnologie innovative. Un migliore accesso a dataset verificabili permette infatti a ricerca pubblica e privata di sviluppare nuovi materiali e applicazioni in modo più rapido, aperto e collaborativo, stimolando un ecosistema scientifico più equo e trasparente.

Settori di applicazione

I risultati prodotti sono direttamente applicabili alla **Scienza computazionale dei materiali**, alla **Chimica Teorica**, alle **Nanosciienze**, alla **Fluidodinamica computazionale** e, in generale, alla comunità dell'open science. Le ricadute possono estendersi anche a industrie che utilizzano simulazioni avanzate per progettare materiali innovativi, ampliando l'impatto dei risultati ben oltre il dominio accademico.

[https://supercomputingxc-my.sharepoint.com/personal/matteo_massicci_supercomputing-icsc_it/Documents/File chat di Microsoft Copilot/BAC_Spoke 7_Fairy Magic_Giuseppe Piero Brandino.pdf](https://supercomputingxc-my.sharepoint.com/personal/matteo_massicci_supercomputing-icsc_it/Documents/File%20chat%20di%20Microsoft%20Copilot/BAC_Spoke_7_Fairy_Magic_Giuseppe_Piero_Brandino.pdf)

HPCC – High Performance Computing in Cloud

Settore di applicazione: Future HPC, Software

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Architettura Cloud per rendere l'HPC più accessibile, flessibile e orientato all'utente

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 7

Partner: Sysman Progetti & Servizi S.r.l.

Sintesi del progetto

HPCC è rivolto a semplificare la complessità che caratterizza gli ambienti HPC tradizionali, spesso accessibili solo a specialisti e legati a infrastrutture difficili da gestire. Il progetto propone una transizione verso un modello ispirato al paradigma Cloud, capace di astrarre l'hardware e rendere più semplice la gestione dei workflow computazionali. L'obiettivo è democratizzare l'HPC, rendendo possibile l'utilizzo di risorse di calcolo avanzate anche a ricercatori, studenti e istituzioni prive di competenze tecniche approfondite.

Obiettivi

La finalità del progetto è garantire un accesso più intuitivo e sostenibile all'HPC, riducendo il carico operativo sugli amministratori e favorendo metodologie di lavoro riproducibili, modulari e scalabili. Il progetto mira quindi a creare un ecosistema in cui l'utente possa concentrarsi sulla ricerca, mentre l'infrastruttura gestisce automaticamente orchestrazione, containerizzazione e ottimizzazione delle risorse.

Problemi e necessità

La crescente domanda di calcolo scientifico incontra limiti pratici: hardware eterogeneo, gestione complessa, scarsa disponibilità di personale specializzato. Molte realtà accademiche e industriali faticano ad accedere a sistemi HPC pur avendone bisogno. Rendere l'HPC più semplice e inclusivo significa aumentare produttività, favorire innovazione e ridurre il gap tra chi dispone di competenze specialistiche e chi ne è privo.

Soluzioni sviluppate

HPCC ha già prodotto una revisione scientifica del panorama HPC italiano attraverso un'analisi tecnica della migrazione ENEA verso infrastrutture containerizzate e un report sui requisiti raccolti attraverso interviste a utenti e amministratori HPC. Sono stati adottati approcci di sviluppo iterativo del codice (Agile), microservizi, design iterativo e tecniche di containerizzazione, con l'obiettivo di creare un prototipo di orchestrazione a misura di utente.

Impatti

Il progetto renderà il calcolo avanzato più inclusivo, aumentando la partecipazione alla ricerca e migliorando la qualità dei workflow scientifici. Un HPC accessibile significa tempi più rapidi per le scoperte, maggiore riproducibilità, riduzione dei costi operativi e nuove opportunità professionali nei territori meno serviti dalle grandi infrastrutture. Per la società, ciò si traduce in un ecosistema più competitivo e innovativo.

Settori di applicazione

I risultati potranno essere adottati dal **Università, Centri di Ricerca, Amministrazioni Pubbliche, Laboratori Industriali** e realtà commerciali che necessitano di calcolo intensivo possono adottare il modello HPCC. La natura modulare, aperta e replicabile dell'architettura consente l'estensione a domini come materiali avanzati, **Intelligenza Artificiale, Simulazioni Fisiche, Data Science e Applicazioni Industriali**.

HPCvsCO₂ – HPC, Machine Learning e Chimica Quantistica per la scoperta di catalizzatori per la cattura e conversione della CO₂

Settore di applicazione: Climate, Environment, Materials Science, Artificial Intelligence, Future HPC

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Workflow computazionale integrato che combina tecniche di simulazione di quanto-meccanica (ab-initio), modelli di Machine Learning (ML) predittivi e Intelligenza Artificiale Generativa per accelerare la progettazione di materiali per la catalisi della CO₂

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 7

Partner: NTT Data Italia S.p.A., Università “Magna Graecia” di Catanzaro, Università degli Studi di Palermo

Sintesi del progetto

HPCvsCO₂ intende fornire risposte all'esigenza globale di ridurre le emissioni di CO₂ sviluppando tecnologie avanzate per la cattura e la conversione del principale gas serra. Il progetto combina calcolo ad alte prestazioni, chimica quantistica e machine learning per accelerare la scoperta di materiali catalitici ad alte prestazioni. Questa integrazione permette di superare i limiti dei metodi tradizionali, troppo lenti e costosi per esplorare in modo efficiente il vasto spazio chimico dei potenziali catalizzatori.

Obiettivi

L'obiettivo del progetto è ridurre i tempi di sviluppo dei materiali per la conversione catalitica della CO₂, rendendo possibile un ciclo di scoperta più rapido, sostenibile e replicabile. La combinazione di dataset generati da chimica quantistica e modelli di Machine Learning predittivi consente di identificare con maggiore rapidità molecole promettenti, mentre l'AI generativa apre la strada alla creazione di strutture completamente nuove.

Problemi e necessità

La mitigazione del cambiamento climatico richiede tecnologie di cattura e conversione della CO₂ altamente efficienti, ma la ricerca di

nuovi catalizzatori è ostacolata dall'enorme costo computazionale delle simulazioni molecolari. Inoltre, la riproducibilità e la scalabilità delle soluzioni dipendono dalla capacità di integrare correttamente HPC, gestione dei dati e algoritmi di apprendimento automatico.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha prodotto un nuovo dataset di composti con proprietà catalitiche (metal-salen) generato tramite metodi di chimica quantistica, colmando un vuoto nella letteratura e abilitando la costruzione di modelli ML in grado di prevedere rapidamente proprietà chimiche rilevanti. Parallelamente è stato avviato lo sviluppo di modelli generativi per esplorare nuove molecole con possibili caratteristiche catalitiche.

Impatti

I metodi sviluppati consentono di accelerare il ciclo di scoperta dei materiali, contribuendo allo sviluppo di processi industriali più puliti e meno energivori. Le tecnologie derivate possono aprire nuove vie per la neutralità carbonica, facilitare la ricerca di materiali avanzati e mettere a disposizione della comunità scientifica workflow documentati e riutilizzabili.

Settori di applicazione

I risultati prodotti sono direttamente applicabili a **Industria energetica, Chimica e Scienza dei materiali**, aziende che sviluppano tecnologie green e laboratori che adottano AI per la progettazione di nuovi materiali. Il workflow è replicabile anche in ambiti non correlati alla CO₂, come la ricerca di materiali funzionali, batterie avanzate e catalizzatori multiscope.

IMPULSO – Potenziamento della piattaforma MolBook per la predizione ecotossicologica tramite AI

Settore di applicazione: Environment, Artificial Intelligence, Software

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Nuove architetture AI, moduli di processamento dati avanzati, Interfacce grafiche per mobile (GUI), sistemi di validazione e domini di applicabilità per modelli ecotossicologici

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 7

Partner: KODE S.r.l.

Sintesi del progetto

IMPULSO nasce dall'esigenza di trasformare MolBook, strumento sviluppato dall'Università di Pisa per la gestione e l'analisi di composti chimici, da prototipo accademico a piattaforma scalabile, robusta e pronta per contesti industriali e regolatori. Il progetto affronta criticità strutturali del software e limita le barriere d'accesso agli strumenti di tossicologia computazionale, integrando modelli avanzati di Machine Learning, nuovi moduli di importazione e estrazione strutturale, e un'interfaccia mobile progettata misura di utente.

Obiettivi

L'obiettivo del progetto è creare un ecosistema in-silico affidabile, interpretabile e conforme agli standard europei, capace di accelerare la valutazione del rischio dei composti chimici riducendo costi, tempi e necessità di test in vivo o in vitro. La piattaforma punta a democratizzare l'uso dell'AI in ambito ecotossicologico, rendendo strumenti complessi accessibili a ricercatori, tecnici ambientali, clinici e autorità sanitarie.

Problemi e necessità

Le metodologie predittive esistenti spesso soffrono di scarsa validazione esterna, limitata applicabilità a nuove strutture e scarsa trasparenza. Inoltre, piattaforme operative sono poco usabili da non esperti, non interoperabili. IMPULSO risponde a esigenze reali di industria,

accademia e autorità regolatorie, integrando dati eterogenei e modelli AI più robusti e spiegabili.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha ottimizzato l'intero codice sorgente di MolBook e quasi completato due moduli chiave: il convertitore per tradurre automaticamente i nomi dei composti in rappresentazioni interpretabili dalle macchine e il sistema per la ricostruzione delle strutture a partire da immagini. È inoltre in sviluppo la l'interfaccia grafica per estendere l'uso della piattaforma a smartphone e tablet.

Impatti

IMPULSO offre strumenti più rapidi e affidabili per stimare la tossicità di composti chimici, riducendo rischi per salute pubblica e ambiente e favorendo uno sviluppo più sicuro di farmaci, materiali e prodotti industriali. L'adozione di metodi in-silico accurati sostiene la riduzione dei test animali e promuove pratiche scientifiche etiche, replicabili e trasparenti

Settori di applicazione

Le soluzioni sviluppate hanno ricadute per **Industria chimica e farmaceutica, Enti regolatori, Laboratori ambientali, Centri di ricerca e Università**, che possono utilizzare la piattaforma per screening tossicologici rapidi, valutazioni regolatorie, progettazione di molecole più sicure e formazione su metodi avanzati di chimica computazionale. La modularità del sistema rende possibile estendere l'approccio anche a **Medicina di Precisione, Agritech** ed altre applicazioni basate su modelli predittivi.

JANAS-QMLMS – Quantum Machine Learning Methods for Material Science

Settore di applicazione: Material Science, Quantum Computing, Artificial Intelligence

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Prototipi di algoritmi ibridi classico-quantistici applicati alla simulazione di proprietà molecolari

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 7

Partner: eXact lab S.r.l.

Sintesi del progetto

JANAS-QMLMS si propone di esplorare come sfruttare le tecnologie quantistiche disponibili per accelerare calcoli complessi della scienza dei materiali. Il progetto nasce dalla necessità di valutare potenziali vantaggi computazionali rispetto agli algoritmi classici, sviluppando un proof of concept per la simulazione delle proprietà fondamentali di piccole molecole su computer quantistici, con particolare attenzione alle piattaforme ad atomi neutri.

Obiettivi

Il progetto punta a comprendere come integrare il calcolo quantistico nei flussi di lavoro della Scienza dei Materiali, anticipando scenari futuri in cui quantum e machine learning collaborano per ridurre tempi e costi computazionali. JANAS-QMLMS si propone di costruire un percorso realistico verso modelli ibridi in cui solo alcune delle parti dei problemi più onerose dal punto di vista quantomeccanico vengano indirizzate e risolte dai dispositivi quantistici.

Problemi e necessità

Le simulazioni quantomeccaniche per la scienza dei materiali richiedono potenze di calcolo spesso fuori scala per approcci classici. Le tecnologie quantistiche attuali non sono tuttavia ancora tolleranti agli errori e hanno capacità limitate, ma rappresentano comunque un possibile acceleratore per casi specifici. È quindi cruciale capire se e come possano fornire benefici concreti già oggi, nonostante la maturità ancora precoce dell'hardware.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha prodotto un primo proof of concept capace di simulare proprietà di molecole composte da pochi atomi, utilizzando sia approcci quantistici che di simulazione classica, con enfasi su quest'ultimi per la loro maggiore stabilità nel breve periodo. Le tecniche sviluppate sono sufficientemente generiche da essere applicate anche in altri settori scientifici.

Impatti

Nel breve termine l'impatto è principalmente scientifico e riguarda il miglioramento delle conoscenze su come sfruttare hardware quantistico reale. Nel lungo termine, l'approccio potrà contribuire ad accelerare la scoperta e l'ottimizzazione di materiali e farmaci, riducendo anche i costi energetici delle simulazioni computazionali. Anche la sola comprensione dei limiti attuali fornisce valore alla comunità, guidando investimenti e strategie di sviluppo.

Settori di applicazione

La metodologia sviluppata trova applicazioni nella **Scienza dei Materiali**, nella **Chimica Computazionale**, nella **Farmaceutica** e più in generale nelle discipline che necessitano di simulazioni quantomeccaniche. Le tecnologie esplorate nel progetto sono applicabili anche in domini diversi, grazie alla natura generica dei protocolli sviluppati.

POHGCA – Porting dell'MD engine ORAC su architetture HPC eterogenee GPU-CPU

Settore di applicazione: Future HPC, Software, Health/Medicine

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Accelerazione di codice per la dinamica molecolare atomistica su multiplatforma e architetture di standard (CUDA)

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 7

Partner: Università degli Studi di Genova

Sintesi del progetto

POHGCA si propone di trasferire su architetture GPU-CPU un motore di dinamica molecolare esistente, **ORAC**, composto da circa 80.000 linee di codice. L'iniziativa nasce dall'esigenza di ridurre i tempi di simulazione per sistemi biologici complessi, rendendo più rapidi gli studi in cui la dinamica molecolare è un tassello fondamentale dei flussi di drug discovery e di biofisica computazionale.

Obiettivi

Il progetto mira a ottenere accelerazioni significative sulle istruzioni per processori (Kernel) più onerose, preservando al contempo la scalabilità ibrida del codice su nodi multicore e cluster multiplatforma (MPI). L'intento è fornire una versione di ORAC più veloce e affidabile, riutilizzabile in pipeline esistenti di ricerca biomedica e pronta a ricevere ulteriori estensioni metodologiche.

Problemi e necessità

La dinamica molecolare richiede milioni di passi di integrazione e un trattamento accurato delle interazioni, con costi computazionali non sostenibili su sistemi general-purpose. Senza un adattamento mirato del codice sui nodi delle piattaforme di calcolo, il tempo di risoluzione resta incompatibile con progetti che necessitano di screening rapidi o campionamento esteso degli stati conformazionali.

Soluzioni sviluppate

Nell'ambito del progetto è stata eseguita la profilazione e la riscrittura delle principali parti codice per l'esecuzione su architettura CUDA. Le prossime fasi prevedono l'estensione dell'accelerazione ad altri moduli e l'aumento delle metodiche di analisi direttamente disponibili nel codice.

Impatti

Grazie all'attività svolta in POHGCA, ORAC consente simulazioni più lunghe o più numerose a parità di risorse, favorendo esplorazioni di configurazione delle molecole più ampie e stime più robuste delle proprietà termodinamiche e cinetiche. In ambito biomedico ciò si traduce in iterazioni più rapide nei cicli di progettazione di farmaci e in una maggiore affidabilità delle analisi che supportano decisioni sperimentali.

Settori di applicazione

A trarre beneficio dei risultati ottenuti sono la **Comunità della Dinamica Molecolare** in ambito accademico e industriale, e i **Gruppi di Chimica Computazionale e Biofisica**. I laboratori di design di ligandi e di simulazione di biosistemi complessi potranno sfruttare il codice accelerato, con applicazioni che spaziano dalla ricerca di base alla pipeline preclinica. L'impostazione modulare del porting permette inoltre di riusare le soluzioni adottate in altri motori HPC per la modellazione molecolare.

WBGMS@AS – Wide Band Gap Materials Simulation @ Atomic Scale

Settore di applicazione: Material Science, Future HPC, Quantum Computing

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Dimostratore software integrato per la simulazione atomistica di materiali semiconduttori performanti (Wide Band Gap - WBG) con interfaccia unificata multi-simulatore

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 7

Partner: Xenia Progetti

Sintesi del progetto

WBGMS@AS sviluppa un ambiente di simulazione atomistica dedicato ai materiali Wide Band Gap, fondamentali per dispositivi di potenza e tecnologie quantistiche di nuova generazione. Il progetto mira a colmare il divario tra strumenti complessi di modellazione e le necessità degli utenti scientifici, offrendo un dimostratore facilmente utilizzabile capace di connettere differenti simulatori tramite un'unica interfaccia interattiva.

Obiettivi

L'obiettivo del progetto è fornire alla comunità scientifica e industriale un ambiente integrato che renda le simulazioni più accessibili e scalabili e che supporti ricerca e sperimentazioni in settori emergenti come lo sviluppo di dispositivi di potenza e i sistemi quantistici a stato solido. La piattaforma è pensata come risorsa per analizzare materiali complessi con strumenti avanzati ma semplificati nell'uso.

Problemi e necessità

La progettazione di nuovi materiali richiede strumenti ad alta fedeltà fisica, grande potenza di calcolo e capacità di gestire dataset voluminosi. L'assenza di un ambiente unificato rende difficoltoso combinare diversi codici di simulazione, rallentando la ricerca. Inoltre, la modellazione atomistica dei materiali WBG è spesso fuori portata per l'industria, rendendo

necessarie tecniche in grado di catturare fenomeni cinetici a livello atomico.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha definito tutte le funzionalità della dell'interfaccia grafica prevista per il dimostratore e ha stabilito un metodo per integrare più simulatori all'interno di un'unica piattaforma. L'approccio utilizza più metodologie per le simulazioni, integrando inoltre API che consentono la compatibilità con strumenti industriali. L'uso congiunto di HPC, Big Data e Quantum computing permette infine simulazioni più precise, gestione efficiente dei dati e modellazione potenziata dei comportamenti complessi dei materiali.

Impatti

Il progetto offre un ambiente di simulazione unico per lo studio dei materiali WBG, con impatti diretti sulla ricerca di nuovi dispositivi per elettronica di potenza e tecnologie quantistiche. I ricercatori potranno accedere a strumenti avanzati per preparazione di campioni con specifiche riproducibili, mentre l'industria potrà beneficiare di metodologie solide per l'analisi e la progettazione di materiali in ambienti simulativi. Il progetto contribuisce così alla competitività nazionale nei settori strategici dell'elettronica avanzata.

Settori di applicazione

Il dimostratore sviluppato potrà trovare applicazioni dirette all'interno **dell'Industria dei Semiconduttori, della Ricerca Accademica in fisica e chimica dei materiali**, e delle **Comunità del Calcolo Quantistico** e degli **Sviluppatori di dispositivi**, con possibili estensioni anche in altri contesti scientifici e industriali, supportando lo sviluppo di tecnologie con elevate prestazioni e affidabilità.

LDRscreen – Multiomic Drug Response Profiling per la leucemia ad alto rischio

Settore di applicazione: Health and Medicine, Future HPC

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Piattaforma multi omica e HPC per la profilazione della risposta dei farmaci (Drug Response Profiling - DRP) e Digital Twin del paziente e modelli predittivi basati su Intelligenza Artificiale

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 8

Partner: Università di Parma

Sintesi del progetto

LDRscreen affronta uno dei problemi più critici dell'oncologia moderna: la mancanza di terapie efficaci per leucemie acute ad alto rischio e refrattarie. Le strategie terapeutiche attuali si basano su approcci genetici "binari", utili solo per una piccola quota di pazienti, e non considerano la reale eterogeneità e dinamicità del tumore. Il progetto propone un cambio di paradigma grazie a un modello che identifica per primo la sensibilità farmacologica delle cellule leucemiche del paziente e poi utilizza dati multi omici per spiegare le basi biologiche della risposta.

Obiettivi

Il progetto mira a costruire una piattaforma clinico-computazionale in grado di selezionare rapidamente il farmaco più efficace per le leucemie acute tra migliaia di molecole approvate, integrando dati genomici, trascrittomici, proteomici e metabolomici con analisi fenotipiche e cliniche. La creazione di un Digital Twin per ogni paziente consente di simulare gli effetti terapeutici in-silico e di guidare trattamenti personalizzati in contesti di forte urgenza clinica.

Problemi e necessità

Molti pazienti ad alto rischio non rispondono alle terapie standard per via della resistenza intrinseca o acquisita, mentre molte alterazioni biologiche non sono associate a farmaci disponibili. I modelli attuali non considerano la

variabilità individuale né le caratteristiche delle forme rare di leucemia, spesso trattate come varianti di tumori più comuni. La spesa sanitaria per trattamenti inefficaci è elevata e le analisi tradizionali non consentono una selezione rapida e mirata delle terapie.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha implementato un'infrastruttura per l'analisi multi omica articolata in tre work package dedicati a caratterizzazione genomica e trascrittomica, screening funzionale ex vivo su librerie di farmaci approvati e analisi dei meccanismi di resistenza tramite studi metabolici e immunologici. L'uso combinato di risorse HPC, modelli di Deep Learning, database internazionali e sequenze di RNA di singole cellule abilita ricostruzioni molecolari di alta precisione e predizioni di risposta farmacologica. È stato avviato inoltre lo sviluppo di Digital Twin paziente-specifici capaci di integrare caratteristiche cliniche e multiomiche in modelli predittivi complessi.

Impatti

LDRscreen ha il potenziale di trasformare il trattamento delle leucemie refrattarie aumentando la sopravvivenza libera da progressione e riducendo costi e tempi dei trial clinici. La piattaforma potrà diventare un'infrastruttura nazionale per il drug testing ex vivo, favorendo la selezione precoce del trattamento ottimale e abilitando trial personalizzati. Il progetto contribuisce a migliorare l'accesso dei pazienti a terapie personalizzate e a sostenere la ricerca su farmaci riposizionabili per tumori rari e resistenti.

Settori di applicazione

Le soluzioni sviluppate apporteranno benefici in **Oncologia Clinica, Ematologia, Ricerca Traslationale e Industrie Farmaceutiche** orientate al riposizionamento di farmaci. Sono previste inoltre applicazioni per servizi commerciali basati su DRP e integrazione della piattaforma in trial clinici prospettici.

AIDA – Artificial Intelligence for Drug Repositioning Automation

Settore di applicazione: Health and Medicine, Future HPC, Artificial Intelligence

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Piattaforma AI-HPC per integrazione multiomica, predizione di interazioni farmacomalattia e validazione sperimentale in vitro

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 8

Partner: Vera Salus Ricerca

Sintesi del progetto

AIDA risponde all'esigenza di accelerare la scoperta di nuove opportunità terapeutiche in oncologia, riducendo tempi, costi e rischi tipici dello sviluppo di nuovi farmaci. L'approccio si fonda sulla rianalisi intelligente di migliaia di molecole già approvate, ma poco esplorate in contesti oncologici, integrando dati multi omici ad altissima dimensionalità con modelli predittivi basati su Deep Learning ottimizzati per architetture HPC. Il progetto costruisce un ciclo iterativo tra predizione computazionale e validazione biologica, con l'obiettivo di individuare rapidamente candidati promettenti e confermarne l'efficacia attraverso test in vitro.

Obiettivi

Il progetto intende realizzare una piattaforma scalabile in grado di integrare grandi dataset genomici, trascrittomici e farmacologici, generando modelli predittivi robusti per identificare composti riposizionabili contro tumori specifici. L'obiettivo finale è ridurre la distanza tra data driven drug discovery e applicazione clinica, offrendo uno strumento affidabile, riproducibile e pronto per essere inserito in workflow di medicina di precisione.

Problemi e necessità

La pipeline attuale della ricerca farmacologica è lenta, costosa e caratterizzata da un altissimo tasso di fallimento clinico, mentre una grande quantità di farmaci già approvati rimane inesplorata per potenziali applicazioni oncologiche. La complessità dei dataset multi omici supera le capacità dei metodi computazionali tradizionali e richiede soluzioni avanzate basate su HPC e machine learning. Inoltre, l'assenza di un'integrazione stretta tra algoritmi predittivi e validazione sperimentale limita l'affidabilità dei modelli. AIDA risolve tali criticità grazie a un'infrastruttura

ottimizzata e a un workflow che combina analisi computazionale, test in vitro e raffinamento iterativo del modello.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha sviluppato un framework di Deep Learning ottimizzato per HPC, in grado di integrare dati multiomici e farmacogenomici con performance predittiva elevata. Il sistema è stato applicato allo screening di migliaia di farmaci approvati. Le predizioni computazionali sono state validate sperimentalmente in modelli cellulari di tumore mammario, identificando una molecola già in uso clinico capace di inibire la proliferazione tumorale e modulare in vitro pathway oncogenici estrogeno-dipendenti. Questo risultato rappresenta un lead candidato per un potenziale riposizionamento terapeutico. Il workflow è riutilizzabile e scalabile, fondato su un'integrazione continua tra dati, algoritmi e sperimentazione biologica.

Impatti

AIDA accelera l'identificazione di nuove opzioni terapeutiche, riducendo il ricorso allo sviluppo di nuove molecole e favorendo strategie più rapide, sostenibili ed economicamente accessibili. Permette una maggiore sostenibilità dei sistemi sanitari riducendo fallimenti clinici e sprechi economici, e democratizza il processo di innovazione permettendo anche a centri con risorse limitate di contribuire alla scoperta scientifica grazie all'integrazione di open data, computazione avanzata e modelli sperimentali standardizzati. Sul piano sociale, la piattaforma può ampliare le opportunità terapeutiche per pazienti con tumori refrattari o rari.

Settori di applicazione

Il sistema sviluppato può essere adottato da **Ospedali e Centri Oncologici, Laboratori di Farmacologia, Industrie Farmaceutiche**, Gruppi di Medicina Traslazionale, Enti Regolatori e Startup Specializzate in medicina di precisione, abilitando screening mirati, studi preclinici, ottimizzazione di candidati e supporto decisionale clinico. Il framework è estensibile ad altre patologie complesse e può evolvere verso applicazioni personalizzate basate sui dati multi omici dei singoli pazienti.

HDT-MS – Digital Twin per la Sclerosi Multipla basato su dati neuro-imaging e neurodegenerazione

Settore di applicazione: Health and Medicine, Future HPC, Artificial Intelligence

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Framework di Human Digital Twin (HDT) per simulazioni in-silico di trial clinici e predizione della traiettoria individuale della malattia

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 8

Partner: IRCCS Neuromed

Sintesi del progetto

HDT-MS intende fornire soluzioni alle difficoltà strutturali dello sviluppo di nuovi trattamenti per la sclerosi multipla, una patologia caratterizzata da elevata eterogeneità clinica e grande variabilità individuale. Le sperimentazioni cliniche richiedono tempi lunghi, costi elevati e l'impiego di gruppi placebo eticamente problematici. Il progetto propone la costruzione di Digital Twin basati su imaging e dati biologici per generare coorti virtuali clinicamente rappresentative, utili alla simulazione di trial randomizzati in-silico con esiti rilevanti per enti regolatori.

Obiettivi

Il progetto mira a supportare la progettazione di nuovi studi clinici attraverso l'utilizzo della metodologia per trial clinici toExternal Control Arms virtuali, riducendo la necessità di placebo e accelerando l'arrivo di terapie innovative sul mercato. Parallelamente, punta a potenziare la medicina personalizzata fornendo strumenti in grado di prevedere l'evoluzione individuale della malattia e migliorare l'adattamento terapeutico caso per caso.

Problemi e necessità

La Sclerosi Multipla presenta traiettorie evolutive molto diverse tra pazienti. Ciò rende complesso progettare trial efficaci e valutare nuovi trattamenti. Inoltre, la disponibilità di dati multi omici e neuro-imaging richiede metodologie computazionali avanzate capaci di integrarli e generare modelli predittivi robusti. Vi è anche una crescente necessità regolatoria di strumenti che rendano i trial più rapidi e inclusivi, offrendo alternative ai gruppi placebo tradizionali.

Soluzioni sviluppate

HDT-MS ha sviluppato Digital Twin costruiti attraverso Intelligenza Artificiale Generativa e modelli statistici bayesiani, in grado di replicare accuratamente caratteristiche cliniche di pazienti reali. Le coorti virtuali ottenute vengono usate in trial simulati che integrano modellistica farmacologica e analisi statistiche conformi agli standard degli enti regolatori del farmaco. I primi risultati mostrano che tali Digital Twin rispecchiano in modo coerente le popolazioni cliniche reali e sono capaci di predire variabili associate alle variabilità dei pazienti reali cruciali per ottimizzare i protocolli sperimentali, aumentando l'affidabilità delle simulazioni.

Impatti

I gemelli digitali sviluppati possono migliorare in modo significativo l'efficienza dello sviluppo di nuovi farmaci, riducendo tempi e costi dei trial e velocizzando l'accesso alle terapie per i pazienti con maggiore bisogno. La possibilità di personalizzare le decisioni terapeutiche favorisce percorsi di cura più mirati ed efficaci, mentre le simulazioni in-silico permettono una maggiore inclusività di soggetti altrimenti difficili da arruolare. Inoltre, gli strumenti generati possono supportare la pianificazione sanitaria regionale grazie all'uso di dati sintetici per modellare la distribuzione e l'evoluzione della malattia.

Settori di applicazione

I risultati ottenuti hanno ricadute dirette nelle attività di **Ospedali Neurologici, Centri di Ricerca Clinica, Aziende Farmaceutiche, Autorità Regolatorie e Sistemi Sanitari Regionali**, che possono integrare questo framework per potenziare la progettazione di trial, sviluppare nuovi strumenti di supporto alle strategie terapeutiche e migliorare la gestione della Sclerosi Multipla. Il metodo è replicabile anche in altre malattie neurodegenerative, ampliando ulteriormente il suo impatto.

MAPPING-PDAC – Multi omics ad alta risoluzione per nuovi target terapeutici nel carcinoma pancreatico

Settore di applicazione: Health and Medicine, Future HPC

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Piattaforma multi omica ad alta risoluzione integrata con analisi spaziali del microambiente tumorale (TME)

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 8

Partner: Fondazione Telethon ETS, Scuola Superiore Meridionale, Fondazione Policlinico Gemelli

Sintesi del progetto

MAPPING-PDAC affronta una delle sfide più critiche dell'oncologia di precisione: individuare nuovi target terapeutici per il carcinoma duttale pancreatico (PDAC), un tumore altamente aggressivo e chemio resistente. Il progetto utilizza un approccio multi omico ad alta dimensionalità, integrando dati genomici, proteomici e spaziali per ottenere una mappa dettagliata della composizione cellulare, dello stato funzionale e della distribuzione del microambiente tumorale. Questa visione ad alta risoluzione rappresenta un prerequisito fondamentale per identificare vulnerabilità biologiche e definire nuove strategie terapeutiche.

Obiettivi

Il progetto punta a verificare se il trattamento dei pazienti con PDAC possa essere personalizzato sulla base di una caratterizzazione multi omica completa. L'obiettivo è generare un profilo molecolare inedito che permetta di collegare variazioni cellulari e funzionali agli esiti clinici dei pazienti, ponendo le basi per farmaci mirati, biomarcatori diagnostici e strumenti prognostici.

Problemi e necessità

Il PDAC presenta una grande eterogeneità biologica e un microambiente tumorale estremamente complesso, rendendo difficili sia la diagnosi precoce sia la selezione della terapia. Le tecniche tradizionali non sono in grado di catturare pienamente questa complessità. Inoltre, la disponibilità di dati multi omici ad alta

dimensione richiede metodologie HPC avanzate e algoritmi di intelligenza artificiale per integrare, analizzare e interpretare dataset molecolari e clinici di grandi dimensioni.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha già ottenuto un profilo multi omico ad alta risoluzione su ampie coorti di pazienti PDAC, che include la composizione totale delle cellule, il loro stato funzionale, la loro localizzazione spaziale e la classificazione delle sottopopolazioni del microambiente tumorale. L'integrazione di genomica, proteomica e analisi spaziali permette di correlare questi aspetti con gli outcome clinici, offrendo una base solida per la scoperta di nuovi target e indicatori prognostici. L'utilizzo congiunto di HPC, Big Data e tecnologie multidimensionali consente di costruire un paesaggio molecolare dettagliato capace di guidare la medicina di precisione nel PDAC.

Impatti

Le scoperte derivanti da MAPPING-PDAC potranno migliorare radicalmente la comprensione della patobiologia del PDAC, favorire diagnosi più accurate e consentire la progettazione di nuove terapie più mirate ed efficaci. La disponibilità di biomarcatori prognostici e predittivi sosterrà sia la personalizzazione delle cure sia la selezione dei pazienti per studi clinici avanzati. L'approccio multi omico potrà inoltre ridurre tempi e costi dei trial grazie a simulazioni avanzate e all'integrazione con piattaforme di analisi basate su AI.

Settori di applicazione

La piattaforma potrà supportare l'**Oncologia traslazionale**, la **Diagnosi Molecolare**, la **Ricerca Preclinica**, l'**Industria Farmaceutica** focalizzata sulla terapia personalizzata e i **Laboratori di Bioinformatica**, che potranno utilizzare i risultati del progetto per sviluppare nuovi farmaci, biomarcatori e migliorare le strategie terapeutiche. Il metodo è replicabile anche in altri tumori solidi caratterizzati da elevata eterogeneità biologica.

PELICAN – AI e modelli preclinici per identificare e colpire le Polyploid Giant Cancer Cells nel carcinoma ovarico

Settore di applicazione: Health and Medicine, Artificial intelligence

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Piattaforma basata su Intelligenza Artificiale per il riconoscimento delle cellule tumorali giganti poliploidi (Polyploid Giant Cancer Cells - PGCCs)

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 8

Partner: Università di Milano

Sintesi del progetto

PELICAN è dedicato a un aspetto critico dell'oncologia ginecologica: l'insorgenza di PGCCs nel carcinoma ovarico sieroso di alto grado (HGSOC), una delle principali cause di ricaduta e resistenza ai trattamenti. La chemioterapia standard può infatti indurre la formazione di PGCCs, cellule altamente plastiche e capaci di rigenerare il tumore. Il progetto sviluppa modelli preclinici e strumenti di intelligenza artificiale per identificare, quantificare e caratterizzare queste cellule, ponendo le basi per nuove terapie mirate e nuove strategie prognostiche.

Obiettivi

L'obiettivo principale è creare un sistema integrato che permetta di riconoscere le PGCCs nei modelli tumorali, comprenderne i meccanismi molecolari e individuare trattamenti in grado di colpirle selettivamente. Combinando approcci di patologia digitale, biologia cellulare e Machine Learning, PELICAN mira a trasformare la gestione del carcinoma ovarico chemio resistente.

Problemi e necessità

Il carcinoma ovarico ad alto grado è caratterizzato da diagnosi tardiva e frequenti recidive dovute alla resistenza farmacologica. Le PGCCs rappresentano una popolazione cellulare chiave nel processo di rilancio tumorale, ma sono difficili da identificare con metodi tradizionali. Servono tecnologie capaci di rilevarle precocemente, di definirne la biologia e di guidare trattamenti più efficaci.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha già prodotto diversi risultati significativi: la caratterizzazione e quantificazione delle PGCCs indotte da chemioterapia in modelli preclinici; una piattaforma in vitro affidabile per generarle in condizioni controllate; l'identificazione di marcatori trascrittomici e pathway alterati; lo sviluppo di codice AI per distinguere e quantificare la serie di cromosomi contraddistintivi delle cellule tumorali e rilevare automaticamente PGCCs nei tessuti. Questo approccio integra istologia, immunoistochimica, analisi digitali, omiche e screening farmacologici, offrendo un sistema completo per lo studio di queste cellule.

Impatti

Le ricadute potenziali sono rilevanti e riguardano la possibilità di realizzare strumenti diagnostici e prognostici più accurati per identificare pazienti a maggior rischio di recidiva, di identificare nuovi biomarcatori per la medicina personalizzata, di sviluppare piattaforme pre-cliniche per testare farmaci mirati e sviluppo di terapie in grado di colpire le PGCCs, riducendo mortalità e migliorando la qualità della vita delle pazienti con carcinoma ovarico resistente.

Settori di applicazione

Le metodologie introdotte potranno trovare applicazione all'interno di **Centri oncologici, Laboratori di Patologia, gruppi di Ricerca Traslationale, Industrie Farmaceutiche** impegnate nello sviluppo di farmaci mirati, **Istituti Accademici e Startup Biotech**. Le metodologie sono inoltre replicabili anche per lo studio e trattamento di altri tumori solidi in cui le PGCCs giocano un ruolo nella recidiva e nella resistenza terapeutica.

SECUREMED – Security & GDPR Compliance Framework per la piattaforma cloud ICSC

Settore di applicazione: Health and Medicine, Computing and storage infrastructure

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Framework integrato di sicurezza, valutazione del rischio (risk assessment), data protection e compliance rispetto al General Data Protection Regulation (GDPR) per piattaforme cloud ad alta intensità di dati scientifici

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 8

Partner: Sogetel S.r.l., DI.GI. Academy S.r.l.

Sintesi del progetto

SECUREMED nasce per rafforzare la sicurezza informatica e la conformità al GDPR dell'infrastruttura Cloud del Centro Nazionale ICSC, un ambiente complesso che gestisce anche grandi volumi di dati biomedicali, omici e clinici destinati allo sviluppo di soluzioni di medicina in-silico. Il progetto ha sviluppato linee guida, requisiti minimi di sicurezza, metodologie di gestione del rischio e Proof of Concept tecnici validati in contesti reali, con l'obiettivo di garantire la protezione del dato sensibile lungo tutto il ciclo di vita e consentire un utilizzo sicuro delle risorse computazionali nazionali da parte della comunità scientifica.

Obiettivi

L'iniziativa mira a definire un modello di sicurezza e compliance applicabile a piattaforme Cloud che trattano dati ad alta sensibilità, integrando protezione, governance e regolamentazione. L'obiettivo finale è abilitare lo sviluppo e la distribuzione sicura di servizi per analisi genomiche, modelli predittivi di medicina di precisione, trial computazionali e piattaforme AI, costruendo fiducia negli utenti e ampliando il bacino di dati disponibili per la ricerca.

Problemi e necessità

La piattaforma Cloud del Centro Nazionale ICSC gestisce dati clinici, omici e biomedicali che comportano elevati rischi di sicurezza e una forte esposizione regolatoria. L'aumento dell'accesso ai servizi HPC da parte di terze parti amplia il perimetro di rischio e richiede metodologie integrate di autenticazione, autorizzazione e protezione dei dati. È inoltre

essenziale garantire che future soluzioni di medicina computazionale possano essere sviluppate, testate e distribuite in ambienti conformi al GDPR, evitando blocchi regolatori, vulnerabilità tecniche e rischi di privacy.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha definito un corpus strutturato di linee guida e requisiti minimi di sicurezza applicabili a sistemi legacy e a moderne architetture e microservizi, insieme a un modello completo di analisi del rischio basato sugli standard ISO/IEC 27000, ISO 27005 e sul Framework Nazionale di Cybersecurity. Ha inoltre identificato vulnerabilità specifiche della piattaforma, proposto metodologie scalabili di autenticazione e controllo accessi, sviluppato raccomandazioni GDPR conformi per il trattamento di dati ad alta sensibilità (inclusi quelli omici), e implementato Proof of Concept validati in casi d'uso reali.

Impatti

SECUREMED contribuisce a rendere l'ecosistema ICSC un'infrastruttura affidabile per la ricerca biomedica nazionale, aumentando la fiducia degli utenti e incoraggiando la condivisione di dati altamente sensibili con garanzie di protezione, trasparenza e controllo. I benefici per la società derivano dall'accelerazione della ricerca clinica e computazionale, da una maggiore sostenibilità dei costi grazie alla riduzione di incidenti e inefficienze, e dal rafforzamento della sovranità digitale europea in ambito sanitario. Una piattaforma sicura favorisce trial computazionali più rapidi, applicazioni AI affidabili e un migliore accesso ai servizi sanitari basati su dati.

Settori di applicazione

L'iniziativa contribuirà a favorire le attività di **Ospedali, Istituti di Ricerca, Centri di Genomica, Industrie Farmaceutiche, Pubbliche Amministrazioni e Infrastrutture di Supercalcolo**, che potranno adottare linee guida e Proof of Concept sviluppati da SECUREMED per proteggere sistemi analoghi. Il modello è replicabile in qualsiasi contesto che gestisce grandi quantità di dati sensibili e richiede conformità regolatoria.

WAVES – Wastewater Virome Analysis for Environmental Surveillance at Hospital Level

Settore di applicazione: Health and Medicine, Future HPC

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Piattaforma metagenomica e bioinformatica con capacità predittive e applicazioni di sorveglianza sanitaria per la caratterizzazione del viroma umano nelle acque reflue

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 8

Partner: INMI "Lazzaro Spallanzani", Dompé Farmaceutici, Università della Tuscia, Università di Perugia

Sintesi del progetto

WAVES nasce dalla necessità di dotarsi di strumenti innovativi per la sorveglianza sanitaria, emersa con urgenza durante la pandemia da COVID-19. Il progetto utilizza l'analisi del viroma nelle acque reflue come sistema complementare alla sorveglianza clinica, in grado di intercettare precocemente segnali di circolazione virale in popolazioni definite. WAVES caratterizza la ricchezza, la diversità e la dinamica del viroma umano in campioni provenienti da ospedali, campus universitari e impianti di depurazione, evidenziando differenze strutturali rilevanti tra comunità virali associate a popolazioni con diversi profili di salute.

Obiettivi

Il progetto mira a sviluppare un quadro metodologico e computazionale per la sorveglianza ambientale del viroma, capace di sostenere strategie di prevenzione personalizzata e migliorare la capacità di risposta a minacce emergenti. La finalità è introdurre un sistema di monitoraggio non invasivo, replicabile e a basso costo che possa integrare le analisi cliniche tradizionali, supportando la gestione mirata della sanità pubblica e contribuendo all'identificazione precoce di patogeni emergenti.

Problemi e necessità

La gestione delle epidemie richiede sistemi in grado di intercettare variazioni nella circolazione virale anche quando i dati clinici non sono disponibili o sono incompleti. Le tecnologie tradizionali non permettono di osservare la complessità del viroma umano a livello di popolazione. La metagenomica su acque reflue supera questo limite ma richiede potenza computazionale elevata, tecniche bioinformatiche avanzate e un'infrastruttura analitica che consenta di gestire milioni di sequenze per campione. WAVES risponde a questa esigenza

integrando competenze virologiche, ambientali, cliniche e computazionali.

Soluzioni sviluppate

Nell'ambito del progetto sono stati raccolti 36 campioni nell'arco di sei mesi da tre contesti differenti: ospedale, campus universitario e impianto di depurazione. Le analisi mostrano che ospedale e impianto fognario presentano maggiore ricchezza tassonomica rispetto al campus, riflettendo l'eterogeneità delle popolazioni e i differenti profili clinici coinvolti. Diversi indicatori di presenza di viroma risultano significativamente più elevati nelle acque ospedaliere, mentre le comunità universitarie mostrano minor complessità, coerente con un campione giovane e generalmente sano. Dal punto di vista tecnico, il progetto ha implementato protocolli combinati di amplificazione per massimizzare la rilevazione di virus RNA e DNA, oltre a pipeline bioinformatiche personalizzate per normalizzazione, clustering, mappe visive (heatmap) e classificazione tassonomica su tre livelli.

Impatti

WAVES può migliorare la sorveglianza sanitaria intercettando precocemente segnali epidemiologici e fornendo indicatori utili per prevenire focolai in ambienti vulnerabili. La possibilità di associare dati di viroma a fattori ambientali e clinici consente politiche di prevenzione più tempestive e strategie di monitoraggio non invasive per popolazioni fragili o affette da patologie croniche. A livello di sistema sanitario, l'infrastruttura bioinformatica e i protocolli standardizzati costituiscono una base replicabile per reti regionali o nazionali di sorveglianza viromica. L'approccio ha valore anche per lo sviluppo di strumenti predittivi, biomarcatori ambientali, e tecnologie digital health con potenziali ricadute su farmaceutica, biotecnologie e risposta sanitaria alle epidemie.

Settori di applicazione

Le metodologie sviluppate potranno essere adottate da **Ospedali, Autorità Sanitarie Locali e Nazionali, Enti di Depurazione, Istituti di Ricerca, Università, Aziende Biotech e Startup Digital Health**. L'approccio è trasferibile anche ad altri virus e contesti geografici, con applicazioni in ambito One Health, monitoraggio ambientale, controllo delle infezioni ospedaliere, predizione epidemiologica e supporto alla pianificazione sanitaria.

AI-PLAYING – Intelligenza Artificiale per misurare e migliorare la qualità della guida nel Trasporto Pubblico

Settore di applicazione: Mobility, Society and Smart Cities, Artificial Intelligence

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Piattaforma di Internet of Things (IoT) e Intelligenza Artificiale per l'analisi dello stile di guida dal punto di vista del passeggero

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 9

Partner: Abinsula, Netservice

Sintesi del progetto

AI-PLAYING risponde a un'esigenza concreta del trasporto pubblico locale: misurare in modo oggettivo come lo stile di guida impatta su comfort e sicurezza dei passeggeri, due variabili fondamentali per ridurre incidenti, aumentare la soddisfazione degli utenti e rendere il servizio più competitivo rispetto alla mobilità privata. L'innovazione del progetto sta nello spostare il punto di osservazione dal mezzo al passeggero, rilevando in tempo reale forze, manovre e sbandamenti che i conducenti non percepiscono a causa dei sedili ergonomici ma che incidono fortemente sull'esperienza degli utenti.

Obiettivi

L'iniziativa intende creare un ecosistema che permetta di individuare manovre pericolose o poco confortevoli, fornendo un feedback puntuale ai conducenti, supportare la formazione mirata e garantire agli operatori un sistema di registrazione degli eventi certificato utile per audit, incidenti o contestazioni. La piattaforma genera indicatori di riferimento basati anche su parametri di comfort e non solo su metriche del veicolo, ampliando così la visione tradizionale dei sistemi di monitoraggio per il Trasporto Pubblico Locale (TPL).

Problemi e necessità

Il conducente, grazie alla protezione del posto guida, percepisce solo in parte le vibrazioni e le forze laterali che possono causare o disagio ai passeggeri, in particolare se in piedi o con mobilità ridotta. Gli operatori del TPL dispongono di strumenti centrati su consumi, emissioni o usura del mezzo, ma mancano indicatori relativi alla qualità dell'esperienza passeggeri (QoE).

Inoltre, le aziende necessitano di sistemi anti-frode e certificati per ridurre contenziosi e costi assicurativi, uno dei principali capitoli di spesa nel trasporto pubblico.

Soluzioni sviluppate

AI-PLAYING integra un dispositivo IoT di bordo, modelli di Intelligenza Artificiale e un sistema blockchain per certificare gli eventi critici. Sono state definite pipeline di AI per estrarre parametri significativi, analizzare stili di guida e avvisare gli operatori su comportamenti a rischio. Il prototipo è stato installato e testato su mezzi della ATP Sassari, con raccolta continua dei dati e una dashboard dedicata alla QoE dei passeggeri. L'addestramento dei modelli è supportato da risorse HPC, mentre l'inferenza avviene in Edge direttamente sul mezzo per garantire tempestività delle analisi.

Impatti

Il progetto promette un miglioramento significativo delle condizioni di viaggio, riducendo la probabilità di cadute o infortuni e rendendo le tratte più confortevoli per tutti gli utenti. Per i conducenti offre un sistema di feedback chiaro, non punitivo ma orientato alla crescita professionale. Per gli operatori significa riduzione dei costi assicurativi, maggiore trasparenza, miglior rotazione del personale e un servizio più competitivo. Sul piano ambientale, un trasporto pubblico più confortevole incentiva il passaggio dall'auto privata al bus, con benefici concreti per la riduzione di emissioni e congestione urbana.

Settori di applicazione

L'approccio sviluppato è replicabile in qualsiasi contesto che richieda analisi comportamentali affidabili e certificabili: **Aziende TPL, Smart City, Assicurazioni, Enti Pubblici, Flotte Commerciali, Istituti di Ricerca sulla Mobilità e operatori Mobility as a Service (MaaS)**. L'integrazione AI + IoT + blockchain rappresenta un modello trasferibile a diversi scenari dove sono necessari monitoraggio continuo, sicurezza, trasparenza dei dati e valutazione dell'esperienza utente.

CrowdIT – Simulazione e gestione intelligente dei flussi di persone in grandi spazi

Settore di applicazione: Mobility, Society and Smart Cities, Artificial Intelligence, Future HC

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Piattaforma di simulazione agentica, app mobile con gamification e sistema di analisi in tempo reale dei flussi di persone attraverso data fusion da sensori e telecamere

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 9

Partner: Aton IT

Sintesi del progetto

CrowdIT nasce per affrontare una sfida sempre più urgente relativa alla gestione delle grandi strutture pubbliche, come stadi ed eventi ad alta affluenza, ovvero garantire la sicurezza efficiente dei movimenti di migliaia di persone in spazi complessi. Il progetto sviluppa un sistema intelligente in grado di identificare in tempo reale le aree di sovraffollamento e di simulare scenari di evacuazione o instradamento ottimale, utilizzando sensori, telecamere e modelli avanzati di simulazione comportamentale. Questo approccio consente di prevenire situazioni di rischio e di migliorare l'esperienza complessiva degli utenti.

Obiettivi

L'obiettivo del progetto è realizzare un'infrastruttura digitale capace di supportare organizzatori e gestori di grandi eventi nella previsione e nel controllo dei flussi attraverso algoritmi di ottimizzazione e sistemi di allerta basati su scenari simulati. Il progetto punta inoltre a introdurre una componente di gamification tramite app, pensata per distribuire in modo più uniforme entrate e uscite dei visitatori, migliorando sicurezza e qualità dell'esperienza.

Problemi e necessità

La gestione dei flussi in contesti sovraffollati è uno dei punti più critici per la sicurezza pubblica. Gli operatori necessitano di strumenti che individuino rapidamente anomalie, congestioni o rischi, poiché interventi tardivi possono sfociare in incidenti gravi. Le tecnologie tradizionali non consentono simulazioni dinamiche su larga scala né l'ottimizzazione delle azioni in

base a dati in tempo reale. CrowdIT affronta direttamente questa esigenza attraverso modelli multi-variabili che simulano decine di migliaia di agenti in movimento.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha realizzato una piattaforma completa per simulare e monitorare il movimento delle folle, integrando raccolta dati e visualizzazione avanzata. È stato sviluppato un sistema di modellazione AI, un motore di analisi in tempo reale per la fusione dei dati provenienti da sensori e sistemi di sorveglianza (CCTV) e un app mobile che favorisce comportamenti più ordinati tramite meccaniche di gamification. L'infrastruttura utilizza tecnologie Big Data per la gestione dei flussi informativi e risorse HPC per eseguire simulazioni complesse e rapidissime, necessarie per l'analisi preventiva degli scenari.

Impatti

CrowdIT può migliorare in maniera significativa la sicurezza durante eventi pubblici, riducendo rischi, congestioni e tempi di attesa. L'esperienza dei partecipanti diventa più fluida, meno stressante e più piacevole. A livello sociale, il sistema offre vantaggi tangibili per enti pubblici, organizzatori di eventi e gestori di infrastrutture critiche, contribuendo a una cultura della prevenzione e della sicurezza urbana. Le metodologie sviluppate sono potenzialmente utili anche per la gestione di emergenze in grandi edifici, la pianificazione del traffico urbano e l'ottimizzazione dei percorsi in contesti sanitari come ospedali.

Settori di applicazione

Il sistema trova applicazione diretta in Eventi Sportivi e Culturali, supportando **Smart City e Pubbliche Amministrazioni** nella gestione di infrastrutture critiche, ospedali, sistemi di trasporto urbano, e le aziende che si occupano di **Monitoraggio del Rischio**. Le tecnologie AI e di analisi in tempo reale delle folle sono inoltre trasferibili alla gestione del traffico veicolare e alle strategie di evacuazione in emergenze complesse.

EcoGeoDATAPULSE (EGDP) – Digital Twin urbani e dati ambientali per città più resilienti

Settore di applicazione: Society and Smart Cities, Environment

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Piattaforma Data-Driven ispirata ai Digital Twin urbani con integrazione di open data, Internet of Things (IoT) e geoservizi per supportare la gestione del verde e il contrasto a isole di calore e allagamenti

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 9

Partner: Naica S.C.

Sintesi del progetto

EcoGeoDATAPULSE intende rispondere alla crescente esigenza di adattamento agli effetti del cambiamento climatico, con particolare riferimento alle ondate di calore estremo, al peggioramento della qualità dell'aria e al rischio di allagamenti delle città. Il progetto sviluppa un Decision Support System per le amministrazioni locali basato su un modello di Urban Digital Twin che integra dati territoriali, ambientali e informazioni sul patrimonio verde. La piattaforma fornisce insight utili per pianificare, monitorare e mantenere le aree verdi urbane, considerare i principali elementi per la mitigazione di stress termici e la gestione di eventi meteorologici intensi.

Obiettivi

Il progetto punta a supportare i comuni, soprattutto piccoli e medi, nella digitalizzazione dei processi ambientali e nella gestione intelligente degli spazi verdi, garantendo informazioni aggiornate e affidabili per decisioni operative e strategiche. L'obiettivo è migliorare la capacità delle città di mitigare rischi climatici, ottimizzare le infrastrutture verdi e promuovere collaborazioni tra istituzioni, cittadini e imprese, rendendo più trasparente e data-driven la governance urbana.

Problemi e necessità

Il cambiamento climatico sta imponendo nuove sfide ai centri urbani, tra cui l'aumento delle isole di calore, la diminuzione della permeabilità del suolo e l'intensificazione delle precipitazioni. Le amministrazioni necessitano di strumenti per monitorare e prevedere fenomeni

come allagamenti e surriscaldamento urbano, oltre a gestire in modo più scientifico il verde pubblico. Molte attività sono ancora basate su rilevazioni manuali, con processi frammentati e non digitalizzati. EGDP risponde alla necessità di integrare dati eterogenei, migliorare la pianificazione e rendere efficiente la gestione del patrimonio arboreo.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha definito e prototipato un sistema decisionale ispirato ai Digital Twin urbani, sostenibile per municipalità di piccole e medie dimensioni. Attraverso architetture orientate all'interoperabilità, EGDP integra open data, dati IoT e geodati in un unico ecosistema digitale comprensivo di dashboard, geoportali e servizi di gestione territoriali. Il modello permette di analizzare il ruolo delle aree verdi nel mitigare le isole di calore, valutare la permeabilità urbana e informare piani di manutenzione più efficaci.

Impatti

EGDP contribuisce a città più sicure e vivibili, migliorando il comfort termico in aree vulnerabili e aumentando la resilienza agli allagamenti. La piattaforma sostiene politiche di adattamento climatico basate su dati, riduce inefficienze nella gestione del verde e favorisce interventi mirati dove il rischio ambientale è maggiore. Per le comunità urbane significa più sicurezza, benessere e spazi pubblici meglio gestiti. A livello nazionale, la replicabilità del sistema consente di diffondere modelli di governance territoriale innovativi e omogenei.

Settori di applicazione

La piattaforma sviluppata si rivolge direttamente a Pubbliche Amministrazioni, Enti Territoriali, Aziende che sviluppano soluzioni IoT e Smart City, e Centri di Ricerca impegnati nella progettazione di città più resilienti. La metodologia è replicabile su tutto il territorio nazionale e può essere estesa a domini come la qualità dell'aria, la gestione del rischio idrogeologico e la pianificazione climatica integrata

INSILICOFFEE – Digital Twin e AI per la personalizzazione scientifica del caffè espresso

Settore di applicazione: Artificial Intelligence

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Digital Twin per la percolazione del caffè con un modello di Deep Learning per l'ottimizzazione dei parametri di estrazione e app integrate per consumatori e baristi

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 9

Partner: Simonelli Group SpA, Gambilongo Caffè S.r.l., Spici S.r.l.

Sintesi del progetto

INSILICOFFEE affronta un tema centrale nel settore del caffè: la personalizzazione dell'espresso, oggi quasi interamente affidata all'esperienza del barista. Il progetto introduce un approccio scientifico basato su Digital Twin e Intelligenza Artificiale per modellare, comprendere e controllare i processi complessi della tostatura e della preparazione, consentendo di ottenere una tazza con caratteristiche organolettiche e nutrizionali precise, calibrate sulle preferenze e necessità del consumatore. L'innovazione si traduce in strumenti digitali che collegano direttamente le scelte del cliente con la regolazione ottimale della macchina da caffè.

Obiettivi

L'obiettivo del progetto è rendere accessibili tecnologie avanzate che permettano un controllo riproducibile e scientifico della percolazione del caffè, superando la variabilità derivante da competenza individuale, contesto geografico o metodologie tradizionali. A livello industriale, INSILICOFFEE punta a sostenere produttori di macchine professionali e torrefattori nell'offrire un servizio più preciso, innovativo e orientato al consumatore. A livello sociale, promuove un consumo del caffè più informato, capace di valorizzarne gli aspetti nutrizionali.

Problemi e necessità

Ottenere un espresso personalizzato richiede un controllo complesso su variabili fisico-chimiche difficili da gestire manualmente, come pressione e temperatura dell'acqua, granulometria e miscele di caffè. La percolazione del caffè è un problema matematico complesso descritto da sistemi estesi di equazioni differenziali, che rende arduo identificare i parametri ottimali senza

strumenti computazionali. L'industria chiede soluzioni integrate per supportare baristi e utenti nel conseguire risultati costanti e accurati.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha costruito un Digital Twin della percolazione del caffè capace di generare ampie tabelle di dati sull'estrazione, con input relativi a temperatura, pressione, granulometria e proporzioni di quattro caffè selezionati, e output relativi alla concentrazione di otto sostanze chiave nella tazza. Su questi dati è stato addestrato un Deep Neural Network inverso, in grado di partire dalla composizione desiderata del caffè e restituire automaticamente i parametri ottimali di estrazione. I risultati sono stati implementati in due applicazioni intercomunicanti: una versione consumer per ordinare un caffè in base a gusto e profilo nutrizionale desiderato, e una versione barista che suggerisce in tempo reale i settaggi ideali della macchina professionale.

Impatti

INSILICOFFEE può avere un impatto significativo sulle abitudini di consumo di un prodotto diffuso su scala globale come il caffè. Il sistema permette di massimizzare la qualità della bevanda, migliorare la soddisfazione del cliente e valorizzare il ruolo nutraceutico del caffè, che contiene minerali, antiossidanti e altre molecole bioattive. L'approccio è estendibile anche ad altre bevande estratte per infusione, con potenziali ricadute per l'industria alimentare e per nuove applicazioni dietetiche e di benessere. Sul piano economico offre vantaggi per torrefattori, produttori di macchine e catene di somministrazione, introducendo nuovi servizi digitali e una maggiore standardizzazione dei processi.

Settori di applicazione

La piattaforma potrà essere adottata da Operatori del Settore Caffè, Torrefattori, Produttori di Macchinari Professionali, Catene di Bar, aziende FoodTech e realtà interessate. Le conoscenze generate sono riproducibili in altri contesti, come infusioni, mixology o persino tecniche di percolazione per applicazioni ambientali e industriali, a seconda delle decisioni sul fronte della proprietà intellettuale attualmente in discussione.

PROAIR – Digital Twin e Data Lake per il monitoraggio avanzato della qualità dell'aria

Settore di applicazione: Digital Society and Smart Cities, Artificial Intelligence, Environment

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Piattaforma basata su Digital Twin ambientali, Data Lake multidati e modelli di Machine Learning per la simulazione e previsione degli inquinanti atmosferici

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 9

Partner: ITSvil S.r.l., Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale

Sintesi del progetto

PROAIR si propone di trasformare il monitoraggio della qualità dell'aria in un sistema predittivo, attraverso un'infrastruttura basata su Digital Twin ambientali e analisi avanzata dei dati. Il progetto nasce dalla crescente esigenza di monitorare in modo continuo e ad alta risoluzione la distribuzione degli inquinanti atmosferici, superando i limiti delle reti di rilevamento attuali, spesso insufficienti per attivare misure di tutela della salute in tempi rapidi. Il sistema integrato progettato combina dati eterogenei—sensoristici, meteorologici, territoriali e storici—per alimentare modelli predittivi in grado di anticipare picchi di inquinamento e supportare politiche ambientali più informate.

Obiettivi

Il progetto punta a creare una piattaforma decisionale per enti pubblici e stakeholder privati, capace di prevedere la diffusione degli inquinanti, valutare scenari di mitigazione e fornire alert precoci sui rischi per la salute. La visione è creare città più resilienti e sostenibili, supportando la pianificazione urbana, la gestione delle emergenze e le strategie di riduzione delle emissioni attraverso strumenti data driven e facilmente integrabili nei processi operativi delle amministrazioni.

Problemi e necessità

La qualità dell'aria rappresenta una delle principali minacce per la salute pubblica e l'attuale infrastruttura di monitoraggio non consente una copertura adeguata né la capacità di prevedere eventi critici. Le amministrazioni necessitano di strumenti scalabili, continui e integrati

che combinino dati in tempo reale con modelli predittivi avanzati. La varietà dei dati ambientali richiede soluzioni ad alte prestazioni, in grado di eseguire simulazioni multiparametriche su Digital Twin urbani e di gestire dataset ad alta dimensionalità.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha prodotto un'analisi avanzata dello stato dell'arte sui Digital Twin ambientali, definito l'architettura complessiva della piattaforma, individuato i parametri ambientali rilevanti e progettato il Data Lake e i modelli di AI per simulazioni predittive. La pipeline prevede il trasferimento automatizzato dei dati, armonizzazione in cloud, simulazione tramite Digital Twin e modelli di Machine Learning continuamente validati. La piattaforma può stimare la distribuzione degli inquinanti, supportare valutazioni di correlazione tra salute e qualità dell'aria, e permettere a enti locali di simulare l'efficacia di politiche per la diminuzione delle emissioni e piani traffico.

Impatti

L'adozione di PROAIR potrà ridurre l'esposizione della popolazione a sostanze nocive, diminuire l'incidenza di malattie respiratorie e cardiovascolari e migliorare la sicurezza ambientale. La capacità predittiva della piattaforma rafforza la resilienza delle città, riduce costi sanitari e consente pianificazioni urbane più sostenibili. Le funzionalità di simulazione migliorano la trasparenza decisionale e favoriscono la progettazione di strategie efficaci, aumentando l'attrattività territoriale e la qualità della vita di cittadini e visitatori.

Settori di applicazione

La piattaforma incrementerà la capacità di Pubbliche Amministrazioni, Agenzie Ambientali, Utility energetiche e idriche, Aziende di Trasporto, Centri di Ricerca e Organizzazioni di elaborare strategie e iniziative a tutela della salute. L'approccio è replicabile in altri ambiti ambientali, come monitoraggio della qualità delle acque, del rumore e dei rifiuti, espandendo ulteriormente l'impatto dei risultati.

RECOGNISE – Early Warning predittivo per la sicurezza delle folle con AI e Digital Twin

Settore di applicazione: Digital Society and Smart Cities, Mobility, Artificial Intelligence, Future HPC

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Piattaforma Cloud di gestione degli assembramenti (Crowd Management) con sistemi basati su Intelligenza Artificiale di Computer Vision per rilevazione di anomalie, simulazione di scenari e supporto decisionale in tempo reale

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 9

Partner: HSPI S.p.a., Università degli Studi di Napoli "Federico II"

Sintesi del progetto

RECOGNISE nasce per fornire strumenti di gestione proattiva degli eventi critici in contesti ad alta densità in grado di individuare precursori di rischio, come segnali di panico o assembramenti pericolosi, e di attivare interventi anticipati. La piattaforma integra Intelligenza Artificiale per analizzare flussi video e dati Internet of Things (IoT) in tempo quasi reale e un sistema di allerta precoce (Early Warning System) che riduce i tempi di risposta di Control Room e operatori, trasformando la sicurezza degli spazi pubblici da risposta all'evento a mitigazione preventiva.

Obiettivi

Il progetto punta a garantire sicurezza e continuità operativa in stazioni, aeroporti, grandi eventi e aree urbane affollate, supportando le decisioni con analisi predittive e scenari simulati. La piattaforma si propone di potenziare l'efficacia delle forze dell'ordine e dei servizi di emergenza grazie a una valutazione dinamica dei rischi e alla possibilità di confrontare in pochi istanti diverse strategie d'intervento.

Problemi e necessità

L'aumento di eventi e della densità in aree pubbliche espone a incidenti gravi come schiacciamenti e fughe incontrollate. I sistemi tradizionali basati su allarmi reattivi non consentono di agire in anticipo. Le Control Room devono poter infatti interpretare in modo affidabile flussi massivi di video ad alta

risoluzione e sensori eterogenei con latenza minima, e necessitano di strumenti che traducano i segnali deboli in azioni operative, prima che l'evento si manifesti.

Soluzioni sviluppate

Il progetto realizza una nuova piattaforma Cloud per il Crowd Management, con un Early Warning predittivo che integra AI di Computer Vision per l'individuazione di comportamenti anomali, un motore di simulazione per valutare scenari e una console che supporta la decisione in tempo reale. La pipeline sfrutta Big Data per la storicizzazione e l'analisi di pattern ricorrenti e impiega risorse HPC e GPU per l'addestramento e, quando necessario, per l'inferenza a bassa latenza su grandi stream video, obiettivo non gestibile con sistemi standard.

Impatti

RECOGNISE incrementa in modo tangibile la sicurezza personale in ambienti ad alta densità, riducendo il rischio di incidenti gravi e migliorando l'esperienza degli utenti grazie a flussi pedonali più scorrevoli e tempi di attesa inferiori. Per gli asset critici e i servizi d'emergenza significa maggiore efficienza operativa, capacità di intervento mirata e resilienza; per le città, un passo verso una gestione più intelligente e sostenibile dello spazio pubblico, con benefici economici e sociali legati alla fruibilità e alla fiducia dei cittadini.

Settori di applicazione

La soluzione è applicabile a **Infrastrutture di trasporto, Aree Urbane ad alta frequentazione, grandi Eventi sportivi e culturali**. Il suo utilizzo può inoltre estendersi al settore dedicato all'ottimizzazione dei flussi, alla sicurezza sul lavoro in cantieri e stabilimenti e alla pianificazione urbana per valutare l'impatto di nuove opere sulla mobilità pedonale. La natura modulare e cloudnative ne facilita la replica in contesti pubblici e privati, dalla pianificazione di emergenza alla ricerca avanzata sulla dinamica delle folle.

WaterTales – Generative AI e Data Storytelling per rendere comprensibili i dati idrologici complessi

Settore di applicazione: Digital Society and Smart Cities, Environment, Artificial Intelligence

Tipo di Progetto: Bandi a Cascata

Tecnologia sviluppata: Piattaforma di generazione automatica di contenuti multimodali (testo, grafica, audio) basata su Large Language Model (LLM), ontologie semantiche e pipeline di Intelligenza Artificiale per tradurre dati idrologici in narrazioni

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 9

Partner: EHT

Sintesi del progetto

WaterTales nasce dalla necessità di superare la difficoltà nel comunicare dati idrologici e ambientali complessi a utenti con competenze molto diverse tra loro. Il progetto sviluppa una piattaforma innovativa di 'automated data storytelling' capace di trasformare dataset tecnici provenienti da sensori urbani ed extra urbani in contenuti narrativi, grafici e sonori completamente personalizzati. La soluzione integra ontologie formali, analisi semantica e AI generativa per produrre automaticamente informazioni mirate sia per i decisori pubblici sia per i cittadini, rendendo accessibili temi cruciali come consumo idrico, rischio alluvioni e sostenibilità.

Obiettivi

Il progetto mira a democratizzare l'accesso alle informazioni ambientali, offrendo strumenti che facilitino decisioni informate, gestione responsabile delle risorse e consapevolezza civica. WaterTales intende colmare il divario tra complessità dei dati e capacità di comprensione degli utenti, utilizzando un sistema multimodale che supporta allo stesso tempo la governance e il coinvolgimento pubblico. In questo modo contribuisce alla resilienza urbana e alla transizione digitale, favorendo un ecosistema di comunicazione ambientale più efficace e inclusivo.

Problemi e necessità

I dati idrologici derivati da reti sensoristiche urbane ed extra urbane sono spesso tecnici, frammentati e difficili da interpretare. Le amministrazioni pubbliche hanno bisogno di strumenti predittivi per la gestione delle risorse e dei rischi

idrogeologici, mentre i cittadini necessitano di contenuti chiari per comprendere consumi, anomalie o fenomeni climatici locali. L'attuale modalità di divulgazione è inefficiente e non personalizzata, ostacolando consapevolezza e partecipazione.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha completato tutte le fasi previste, producendo diversi risultati tecnici e realizzando una piattaforma operativa. È stata formalizzata un'ontologia e sviluppata una pipeline AI integrata che utilizza LLM avanzati per la sintesi vocale. La piattaforma genera contenuti narrativi, grafici e audio per monitoraggio, descrizione e previsione di dati idrologici urbani ed extra urbani, migliorando del 60-70% i tempi di caricamento e di accesso alle dashboard rispetto ai prototipi iniziali. Sono state validate con successo le funzionalità multimodali in contesti reali.

Impatti

WaterTales produce impatti diretti sulla vita dei cittadini, migliorando la comprensione dei consumi idrici, favorendo comportamenti sostenibili e offrendo strumenti per interpretare fenomeni ambientali locali. I decisori pubblici possono usufruire di contenuti analitici e predittivi utili alla pianificazione delle risorse, alla prevenzione del rischio idrologico e alla gestione delle concessioni idriche. L'approccio multimodale aumenta l'accessibilità delle informazioni, mentre la personalizzazione del linguaggio permette una comunicazione efficace sia a profili tecnici sia divulgativi. La piattaforma supporta inoltre il rilevamento di anomalie, contribuendo alla sicurezza operativa e alla gestione delle emergenze idriche.

Settori di applicazione

La piattaforma trova ampio spazio all'interno di **Amministrazioni Pubbliche, Utility, Enti di Protezione Civile, aziende del settore cleantech, Scuole e Università**, ed è replicabile e trasferibile in altri settori ambientali come quelli impegnati nel controllo della qualità dell'acqua, dell'umidità del suolo, dell'inquinamento, dell'aria e in ambito energetico.



Schede Progetti Innovation Fund

Weather4Energy & Infrastructure (W4E)

Aree Tematiche: Energy, Climate, Infrastruttura, Mobility, Society/Smart Cities, Artificial Intelligence, Software

Tipo di Progetto: Innovation Fund

Tecnologia sviluppata: Datalake meteo-climatico, modelli di previsione meteo e idrogeologica, tecniche di machine learning e AI per il supercalcolo

Main Spoke: Spoke 0,

Coordinatore: IFAB

Partner: CNR, Cineca, ENEA Autostrade per l'Italia SPA, ENI SPA, Engineering Ingegneria Informatica Spa, Politecnico di Bari, Terna Rete Italia SPA, Università di Firenze

Sintesi del progetto

Il progetto W4E nasce per migliorare il modo in cui le previsioni meteo vengono utilizzate nei settori dell'energia e delle infrastrutture. Produzione eolica e fotovoltaica dipendono dal tempo atmosferico, mentre eventi estremi possono creare problemi a reti elettriche, strade e autostrade. L'obiettivo è trasformare i dati meteo in strumenti operativi utili, anticipando criticità e rendendo più sicuri e stabili sistemi essenziali per cittadini e imprese.

Obiettivi

Il progetto mira a rendere più affidabili le previsioni nel breve e medio periodo, così da permettere ai gestori della rete elettrica di programmare meglio la produzione rinnovabile. Allo stesso tempo, intende offrire strumenti che aiutino a identificare i rischi idrogeologici e gli impatti del maltempo sulle infrastrutture. L'obiettivo finale è aumentare la stabilità energetica e rendere più sicuri territori e collegamenti.

Problemi e necessità

Il cambiamento climatico rende più frequenti fenomeni intensi e difficili da prevedere. Le reti elettriche risentono delle oscillazioni improvvise della produzione rinnovabile, mentre frane, alluvioni e precipitazioni estreme minacciano

continuamente strade e servizi. I sistemi attuali non sempre riescono a trasformare rapidamente i dati meteo in informazioni utili per prevenire problemi. W4E affronta proprio questa mancanza.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha creato un grande datalake con 14 terabyte di dati meteo storici e in tempo reale, utilizzato per sviluppare modelli di previsione più accurati. È stato realizzato un modello meteorologico che combina diverse fonti, mentre algoritmi di intelligenza artificiale sono stati applicati per stimare la produzione da eolico e fotovoltaico con risultati incoraggianti. Relativamente alle infrastrutture energetiche, sono stati generati scenari di rischio per frane in aree pilota del Sud Italia ed è stata sviluppata una dashboard che permette di visualizzare i livelli di pericolosità lungo le autostrade. Questi strumenti aiutano a pianificare interventi preventivi e a ridurre l'esposizione ai rischi.

Impatti

Grazie a migliori previsioni energetiche, il progetto permette di stabilizzare la rete, ridurre sprechi e contenere i costi. Le analisi dei rischi aiutano invece a evitare incidenti e interruzioni, aumentando la sicurezza dei cittadini e limitando i danni economici. Nel complesso, W4E contribuisce a costruire città e territori più resilienti agli effetti del clima.

Settori di applicazione

Il progetto punta a rendere disponibili i modelli in modalità open-source e ad applicarli in contesti reali, così che aziende energetiche e gestori infrastrutturali possano utilizzarli ogni giorno. Le tecnologie sviluppate potranno essere adattate anche ad altri settori sensibili al meteo, come agricoltura, logistica e assicurazioni.

HAIR

Aree Tematiche: Software, Artificial Intelligence, Computing and storage infrastructure.

Tipo di Progetto: Innovation Fund

Tecnologia sviluppata: modello linguistico europeo multilingue addestrato su supercalcolo HPC.

Spoke ICSC coinvolti Spoke O.

Coordinatore Autostrade per l'Italia SPA

Partner: Cineca, ENI SPA, Engineering Ingegneria Informatica Spa, Leonardo SPA, Terna SPA

Sintesi del progetto

HAIR sviluppa un modello linguistico avanzato pensato per lingue europee, con particolare attenzione all'italiano. Nasce per garantire sistemi di AI affidabili, trasparenti e conformi alle norme europee, sfruttando il supercalcolo per gestire grandi quantità di dati. Il progetto dimostra come un'infrastruttura nazionale possa sostenere la creazione di tecnologie linguistiche avanzate.

Obiettivi

L'obiettivo del progetto è costruire un modello affidabile, regolamentato e in grado di supportare enti pubblici e aziende con strumenti linguistici più accurati. Avere un modello "sovrano" significa poter controllare i dati usati per l'addestramento, garantire standard elevati di sicurezza e assicurarsi che i risultati siano coerenti con i valori europei. Questo permette di sviluppare applicazioni più rispettose delle normative e più vicine alle esigenze linguistiche del continente.

Problemi e necessità

Le istituzioni e le imprese europee chiedono sistemi di IA affidabili, trasparenti e conformi alla normativa. La maggior parte dei modelli attuali privilegia l'inglese e non è stata sviluppata tenendo conto delle regole europee sulla privacy e sull'uso dei dati. Serve quindi un modello in grado di comprendere bene le lingue europee e capace di funzionare su infrastrutture HPC del continente, garantendo pieno controllo e indipendenza tecnologica.

Soluzioni sviluppate

HAIR ha portato alla creazione di un modello linguistico da 16 miliardi di parametri, addestrato da zero su circa 2,5 trilioni di parole utilizzando il supercomputer Leonardo. Il modello ha dimostrato ottime capacità di ragionamento e risultati competitivi su benchmark internazionali, con performance particolarmente forti nell'italiano. È stato inoltre validato un processo di addestramento distribuito su larga scala, ripetibile e ottimizzato per le infrastrutture HPC europee.

Impatti

Il progetto può migliorare la qualità dei servizi digitali offerti da enti pubblici e aziende, rendendoli più vicini alla realtà linguistica dei cittadini. L'IA potrà supportare attività come analisi documentale, assistenza conversazionale, gestione delle informazioni e sistemi di supporto decisionale in settori come industria, amministrazione, ricerca e formazione. Al tempo stesso, HAIR rafforza la sovranità tecnologica europea e promuove lo sviluppo di IA etica e responsabile.

Settori di applicazione

Il modello potrà essere specializzato per ambiti differenti (legale, tecnico, sanitario e industriale). Sarà integrabile in piattaforme aziendali e servizi pubblici, aiutando a sviluppare strumenti conversazionali sicuri, sistemi di automazione e applicazioni multilingue coerenti con la normativa europea. La metodologia potrà essere replicata da università e centri di ricerca per nuovi modelli dedicati a domini scientifici e professionali.

Osservatorio su Trend e Applicazioni del Supercalcolo

Aree Tematiche: Education and Training, Software, Artificial Intelligence, Computing and storage infrastructure, Society and Smart Cities.

Tipo di Progetto: Innovation fund

Tecnologia sviluppata: piattaforma di osservazione dedicata a supercalcolo, dati e AI.

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 0.

Coordinatore IFAB

Partner: Politecnico di Milano.

Sintesi del progetto

L'Osservatorio ICSC nasce dall'esigenza crescente di comprendere come tecnologie come supercalcolo, intelligenza artificiale, big data e quantum computing stiano trasformando la società. Questi cambiamenti procedono velocemente e influenzano lavoro, economia e vita quotidiana. L'obiettivo del progetto è offrire strumenti semplici e accessibili per permettere a cittadini, professionisti e imprese di orientarsi in questa evoluzione e sviluppare competenze digitali adeguate.

Obiettivi

Il progetto vuole anticipare le tendenze tecnologiche, raccontare esempi concreti di applicazione e avvicinare le imprese - soprattutto PMI - ai vantaggi dell'innovazione. L'Osservatorio si pone come ponte tra ricerca e società, facilitando la comprensione e l'adozione delle tecnologie emergenti e sostenendo lo sviluppo di competenze utili per affrontare il cambiamento digitale.

Problemi e necessità

Le tecnologie avanzate non sono sempre facilmente comprensibili, e la distanza tra innovazione e pubblico può diventare un ostacolo alla crescita. Molte persone e organizzazioni non dispongono delle conoscenze necessarie per sfruttare opportunità come il supercalcolo o l'IA. C'è quindi bisogno di iniziative capaci di raccogliere e rendere accessibili informazioni, trend e casi d'uso in modo chiaro e trasparente.

Soluzioni sviluppate

Nell'ambito del progetto, grazie all'utilizzo di metodologie tipiche delle scienze sociali, come studi Delphi, analisi dei megatrend, grounded theory e thematic analysis, sono stati prodotti oltre dieci report che analizzano trend e applicazioni di tecnologie come HPC, Big Data e Quantum Computing. Più di centocinquanta organizzazioni hanno partecipato alle attività dell'Osservatorio, che ha organizzato oltre quindici eventi e webinar per diffondere conoscenza e stimolare il confronto. È stato inoltre avviato un lavoro di comunità nel campo dell'HPC education, contribuendo anche ad appuntamenti scientifici come PIPSqueak. Il progetto ha inoltre raccolto informazioni sui fabbisogni formativi di professionisti informatici e non, con particolare attenzione a supercalcolo, gestione dei dati e uso di digital twin.

Impatti

L'Osservatorio contribuisce a rendere più comprensibili tecnologie complesse e ad avvicinare il pubblico alle opportunità offerte dall'innovazione. Favorisce la diffusione di competenze digitali e può stimolare nuovi percorsi professionali tra i più giovani. Per imprese e istituzioni, rappresenta un modello utile per coinvolgere stakeholder e facilitare l'adozione di soluzioni digitali.

Applicazioni

Il modello dell'Osservatorio può essere replicato in altri programmi dedicati all'innovazione, come AI Factory o i Competence Center. Le attività proseguiranno ampliando la raccolta di casi d'uso, osservando i trend emergenti e rafforzando la collaborazione con realtà impegnate negli studi sul futuro tecnologico.

Weather4Energy2 – Monitoraggio continuo delle infrastrutture autostradali

Aree Tematiche: Infrastructure, Mobility, Environment, Artificial Intelligence, Computing and storage infrastructure.

Tipo di Progetto: Innovation fund

Tecnologia sviluppata: piattaforma digitale basata su Data Lake, modelli geotecnici e flussi automatici di raccolta dati.

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 0.

Partner: Autostrade per l'Italia, Engineering Ingegneria Informatica, Politecnico di Bari.

Sintesi del progetto

Weather4Energy nasce per garantire un controllo costante dei versanti a rischio frana lungo tratte autostradali. Un'architettura dati unificata raccoglie informazioni geologiche, sensori di movimento e pressioni idriche, trasformandoli in mappe intuitive utili alla gestione operativa. L'obiettivo è migliorare la sicurezza stradale e supportare decisioni basate su evidenze.

Obiettivi

L'obiettivo è supportare la manutenzione predittiva della rete autostradale, permettendo di individuare in anticipo segnali di instabilità del terreno e intervenire prima che si verifichino eventi critici. Per un'infrastruttura strategica come un'autostrada, questo significa evitare interruzioni improvvise, ridurre rischi per gli utenti e contenere i costi delle riparazioni d'emergenza.

Problemi e necessità

Le frane rappresentano una delle maggiori minacce per la mobilità nazionale. Le informazioni necessarie per monitorarle – sensori, rilievi geotecnici, dati storici, misure ambientali – sono numerose e spesso frammentate. Senza un sistema capace di integrarli in tempo reale, diventa complesso garantire una valutazione affidabile del rischio. Il progetto mira a colmare proprio questa lacuna.

Soluzioni sviluppate

È stata realizzata una piattaforma operativa basata su un Data Lake, capace di raccogliere e organizzare dati eterogenei. Per un tratto rappresentativo dell'autostrada A16 sono stati standardizzati i dati geotecnici e creati flussi automatici che, tramite la piattaforma di programmazione visuale Node-RED, gestiscono l'ingestione e il controllo qualità in tempo reale. La piattaforma offre inoltre mappe e cruscotti interattivi che permettono agli operatori di visualizzare immediatamente il livello di rischio e le condizioni del territorio. In prospettiva saranno integrati sistemi di allerta precoce basati su analisi storiche e modelli predittivi.

Impatti

La piattaforma contribuisce alla sicurezza di milioni di automobilisti riducendo i rischi di incidenti legati a cedimenti o movimenti improvvisi del terreno. Consente anche di evitare chiusure improvvise e interventi d'urgenza, migliorando la continuità del servizio e riducendo costi e disagi per cittadini e imprese. Nel complesso, il progetto favorisce una gestione più sostenibile e consapevole del territorio.

Applicazioni

Il sistema è già in fase di integrazione con i processi operativi di Autostrade per l'Italia. L'obiettivo è estendere la piattaforma all'intera rete nazionale e potenziare i modelli di analisi attraverso algoritmi avanzati di intelligenza artificiale. Grazie alla sua struttura scalabile e interoperabile, il modello può essere replicato anche per altre infrastrutture come ferrovie, strade statali e reti di protezione civile.

Cross-Platform Full Waveform Inversion (CPFWI)

Aree Tematiche: Fundamental research, Software, Artificial Intelligence, Computing and storage infrastructure, Engineering (applications).

Tipo di Progetto: Innovation fund

Tecnologia sviluppata: workflow distribuito basato su linguaggi descrittivi e orchestratori generici per problemi di imaging complessi.

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 1.

Coordinatore: Eni

Partner: Università di Torino

Sintesi del progetto

Il progetto nasce dall'esigenza di affrontare problemi di imaging particolarmente complessi, tipici del mondo dell'elaborazione del segnale e dell'inversione numerica. In questi casi, la soluzione non è un singolo programma, ma una sequenza di operazioni che devono essere orchestrate in modo affidabile. Lo scopo del progetto è verificare se linguaggi e strumenti generici per descrivere workflow possano essere utilizzati anche per applicazioni scientifiche avanzate, rendendo più semplice e flessibile l'esecuzione su infrastrutture distribuite.

Obiettivi

L'obiettivo principale è valutare se il **Common Workflow Language (CWL)**, uno standard aperto per descrivere workflow complessi, possa adattarsi al problema della **Full Waveform Inversion (FWI)**, una tecnica avanzata di imaging. Il progetto intende inoltre verificare l'esecuzione del workflow tramite l'orchestratore **StreamFlow**, per capire se questi strumenti generali possano sostituire soluzioni dedicate e più rigide.

Problemi e necessità

In problemi di inversione su larga scala, servono soluzioni resilienti, modulari e portabili. Le applicazioni monolitiche risultano poco

flessibili, difficili da mantenere e limitate nel funzionamento su piattaforme eterogenee. Con un approccio basato su workflow, invece, è possibile distribuire le singole fasi e adattarle ai diversi ambienti di calcolo. Tuttavia, questo richiede linguaggi e orchestratori maturi, in grado di gestire errori, ripartenze e parallelismo delle risorse di calcolo.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha dimostrato che il **Common Workflow Language** può descrivere efficacemente il processo FWI, aprendo la strada a un uso più ampio di workflow standardizzati anche in ambito scientifico. I test su ambienti distribuiti hanno inoltre fatto emergere nuovi requisiti di tolleranza ai guasti, che hanno portato allo sviluppo di una nuova versione dell'orchestratore **StreamFlow**. Questo risultato contribuisce a migliorare un progetto open-source utilizzato dalla comunità scientifica.

Impatti

I risultati ottenuti possono velocizzare la risoluzione di problemi complessi di inversione e ottimizzazione in molti settori, non solo in FWI. L'adozione di workflow standardizzati consente di rendere riproducibili e portabili intere pipeline di calcolo, facilitando condivisione, riuso e collaborazione scientifica. Inoltre, l'integrazione dei miglioramenti in StreamFlow li rende immediatamente disponibili alla comunità open-source.

Settori di Applicazione

Le metodologie sviluppate possono essere applicate a problemi 3D di imaging su larga scala, così come ad altri casi in cui è necessario orchestrare molte fasi computazionali su piattaforme distribuite. I prossimi passi includono l'estensione della capacità descrittiva di CWL, così da renderlo ancora più generale e adatto a nuovi domini applicativi. L'utilizzo reale sarà semplice, perché sia il linguaggio sia l'orchestratore sono tecnologie già mature e diffuse.

DevOps Process for ML

Aree Tematiche: Software, Artificial Intelligence, Computing and storage infrastructure, Industry.

Tipo di Progetto: Innovation fund

Tecnologia sviluppata: architettura ibrida per eseguire workflow di Machine Learning su cloud, HPC e ambienti privati.

Spoke coinvolti: Spoke 1.

Coordinatore: Sogei SPA

Partner: Università di Torino

Sintesi del progetto

Il progetto nasce dalla necessità di integrare in modo efficace i processi di development and IT operations (DevOps) con le attività di Machine Learning svolte su infrastrutture HPC. In molti contesti enterprise, infatti, i flussi di lavoro di intelligenza artificiale devono essere eseguiti in ambienti differenti - cloud, HPC e infrastrutture private - rispettando requisiti stringenti di sicurezza e privacy.

Obiettivi

La finalità principale del progetto è migliorare gli strumenti DevOps aziendali affinché possano governare l'esecuzione di applicazioni di Machine Learning su sistemi HPC. Il progetto punta a definire un'architettura di riferimento che descriva connessioni, componenti e procedure necessarie per far dialogare i diversi ambienti di calcolo e garantire flussi riproducibili, scalabili e sicuri.

Problemi e necessità

L'integrazione tra pipeline ML e infrastrutture eterogenee è complessa. Le esigenze di performance rendono indispensabile l'uso dell'HPC, mentre i vincoli normativi impongono che i dati sensibili restino confinati nell'ambiente corretto. Occorre quindi un sistema capace di coordinare il workflow senza spostare informazioni critiche e mantenendo coerenza tra i diversi cluster.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha realizzato un'architettura ibrida che consente di eseguire un workflow ML completo attraverso cloud, HPC e ambienti privati. Il workflow, descritto tramite **Common Workflow Language (CWL)**, è stato validato e orchestrato con **StreamFlow**, che gestisce l'esecuzione distribuita in modo affidabile. È stata configurata la connettività tra i cluster, assicurando trasferimenti di dati sicuri ed efficienti. Sono stati inoltre integrati meccanismi di parallelizzazione che permettono l'addestramento simultaneo di più modelli, accelerando sperimentazione e ottimizzazione. Un ulteriore risultato riguarda il rispetto della privacy. Il workflow mantiene infatti dati sensibili e codice negli ambienti previsti, senza comprometterne la protezione.

Impatti

L'architettura ottenuta permette di potenziare l'efficienza dei sistemi di AI utilizzati da enti pubblici e aziende. La possibilità di combinare calcolo ad alte prestazioni e tutela dei dati consente analisi più rapide e affidabili, migliorando servizi come monitoraggio territoriale, valutazioni ambientali o gestione di dataset complessi. In prospettiva, queste tecnologie possono contribuire allo sviluppo di città più intelligenti, infrastrutture meglio pianificate e processi decisionali più informati.

Applicazioni

La soluzione sviluppata può essere applicata a molti domini, dai servizi pubblici alla sanità, dalla pubblica amministrazione al settore industriale. Il workflow modulare rende semplice adattare l'architettura a modelli e dataset diversi. In prospettiva, saranno implementati test su larga scala, potenziamento dell'automazione, monitoraggio avanzato e creazione di materiali formativi che agevolino l'adozione da parte di altre organizzazioni.

Federated Learning as a Service (FLaaS)

Aree Tematiche: Software, Artificial Intelligence, Computing and storage infrastructure, Industry, Society and Smart Cities.

Tipo di Progetto: Innovation fund

Tecnologia sviluppata: piattaforma per l'apprendimento federato, con interfaccia web intuitiva e gestione distribuita dei modelli.

Spoke ICSC coinvolti Spoke 1

Coordinatore: IFAB

Partner: Università di Torino

Sintesi del progetto

Il progetto nasce per rispondere a una sfida sempre più rilevante: permettere a organizzazioni diverse di collaborare nello sviluppo di modelli di intelligenza artificiale **senza scambiarsi dati**, tutelando privacy e proprietà informativa. Il Federated Learning consente proprio questo, ma gli strumenti attuali richiedono competenze tecniche elevate e spesso generano "federazioni usa e getta" che non favoriscono continuità, riuso e scalabilità. Il progetto propone una visione più ampia e duratura, trasformando il Federated Learning in un vero e proprio servizio accessibile.

Obiettivi

L'obiettivo è definire un modello chiamato **Federated Learning as a Service (FLaaS)**, nel quale istituzioni e centri di ricerca possano offrire in modo strutturato l'accesso ai propri dati, permettendo agli utenti di inviare modelli da addestrare in modalità federata. Questa impostazione semplifica la gestione dei processi, aumenta la trasparenza e aiuta a sfruttare il valore dei dati senza rinunciare alla riservatezza.

Problemi e necessità

Le principali difficoltà riguardano la complessità degli strumenti esistenti, l'assenza di piattaforme pensate per un uso continuativo e la necessità di nascondere agli utenti le parti più tecniche dell'infrastruttura. Senza soluzioni

intuitive, il Federated Learning resta confinato a esperti e non può essere adottato su larga scala da istituzioni, imprese e ricercatori.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha creato un'interfaccia web semplice e intuitiva che permette di accedere ai dati locali e di abbinarli alle richieste di addestramento federato. Il backend gestisce automaticamente le operazioni tecniche tramite container e sistemi di orchestrazione, consentendo un uso della tecnologia senza barriere. La piattaforma è stata testata utilizzando risorse HPC e Big Data del Centro Nazionale, indispensabili per lavorare con dataset estesi e modelli complessi.

Impatti

Rendere più semplice l'addestramento di modelli distribuiti può accelerare l'innovazione in molti settori, dalla sanità alla finanza. La possibilità di collaborare senza condividere i dati permette a organizzazioni pubbliche e private di valorizzare i propri archivi informativi senza correre rischi di privacy. Modelli migliori e più robusti possono migliorare servizi digitali e favorire un uso responsabile dell'intelligenza artificiale.

Settori di applicazione

FLaaS può abilitare nuovi modelli di business in cui le istituzioni mettono a disposizione dati e capacità di calcolo per addestramenti federati. Il progetto proseguirà con l'esplorazione di nuove tecniche di Federated Learning e prevede di rendere disponibile il codice sorgente, così da permettere a università, aziende ed enti pubblici di replicare la piattaforma nei propri contesti.

Federated Learning as a Service con Generative AI (GenF)

Aree Tematiche: Health/Medicine, Artificial Intelligence, Software, Computing and storage infrastructure.

Tipo di Progetto: Innovation fund

Tecnologia sviluppata: piattaforma per apprendimento federato con integrazione di modelli generativi e strumenti di tutela della privacy.

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 1.

Coordinatore: IFAB

Partner: Università di Catania, Università di Torino

Sintesi del progetto

Il progetto esplora l'uso del Federated Learning nel settore finanziario, un ambito in cui la collaborazione tra istituzioni è necessaria ma fortemente limitata dalle normative sulla privacy. L'obiettivo è migliorare l'identificazione di soggetti coinvolti in attività sospette – come riciclaggio di denaro o finanziamento illecito – senza che le banche debbano scambiarsi dati sensibili. Il Federated Learning offre una soluzione innovativa, permettendo di addestrare modelli condivisi mantenendo i dati all'interno di ciascuna istituzione.

Obiettivi

Il progetto punta a dimostrare come l'apprendimento federato possa essere applicato a un problema concreto: la disambiguazione delle entità nelle transazioni finanziarie. Questo processo è fondamentale per migliorare i sistemi AML (Anti-Money Laundering) e CTF (Counter-Terrorist Financing), che spesso richiedono di individuare connessioni tra soggetti operanti su conti diversi o presso istituzioni differenti. L'obiettivo è creare un framework collaborativo che rispetti pienamente le normative europee in materia di protezione dei dati.

Problemi e necessità

Le attività sospette nel settore finanziario possono coinvolgere conti e movimenti distribuiti tra più banche. Tuttavia, le rigidissime norme sulla privacy impediscono la condivisione diretta dei dati. Questo limita l'efficacia dei sistemi di monitoraggio e riduce la capacità di individuare

schemi complessi. Il progetto affronta questo punto critico: collaborare senza perdere il controllo dei dati.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha dimostrato che il Federated Learning può supportare la disambiguazione dei beneficiari attraverso un'architettura distribuita basata su CharacterBERT. È stato definito un modello centrale di riferimento e sono state sperimentate diverse strategie federate, ottenendo risultati oltre il 93% di accuratezza. Sono stati testati diversi framework, arrivando alla costruzione di un prototipo stabile capace di funzionare in uno scenario realistico client-server senza scambio di dati grezzi.

Parallelamente è stato condotto uno studio legale che ha confermato la compatibilità del Federated Learning con i principi GDPR – come minimizzazione dei dati e sicurezza – pur richiedendo misure tecniche e organizzative aggiuntive per garantire piena conformità.

Impatti

Il progetto può migliorare la capacità di individuare transazioni sospette e attività di riciclaggio, con un impatto diretto sulla sicurezza economica e sulla tutela dei cittadini. Permette alle istituzioni finanziarie di collaborare senza condividere informazioni personali, aumentando la fiducia e la trasparenza. Inoltre, la stessa tecnologia potrà essere applicata ad altri settori che necessitano di analisi congiunta senza violare la privacy, come sanità, pubblica amministrazione o ricerca scientifica.

Settori di Applicazione

Il lavoro del progetto proseguirà testando il modello federato in scenari più ampi e realistici e integrandolo nei sistemi antiriciclaggio esistenti. L'approccio potrà essere esteso a nuovi contesti in cui la collaborazione tra enti è necessaria ma i dati non possono essere centralizzati. Il codice sarà rilasciato pubblicamente, così da facilitare l'adozione della metodologia da parte di istituzioni pubbliche, aziende e università.

Job Duration Prediction – Un supporto intelligente per migliorare l'efficienza dei sistemi HPC

Aree Tematiche:

Tipo di Progetto: Innovation fund

Tecnologia sviluppata:

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 1

Coordinatore: ENI SPA

Partner: Politecnico di Milano

Sintesi del progetto

Il progetto Job Duration Prediction nasce per risolvere un'esigenza concreta nei sistemi di calcolo ad alte prestazioni: prevedere con precisione quanto durerà un job prima della sua esecuzione. Questa informazione è fondamentale per organizzare al meglio le code, evitare sprechi di risorse e migliorare il funzionamento complessivo di un cluster HPC.

Obiettivi

L'obiettivo principale del progetto è fornire ai sistemi di gestione dei lavori (batch scheduler) una stima affidabile dei tempi di esecuzione dei job, così da ottimizzare la pianificazione e aumentare la produttività del sistema. Una previsione accurata consente infatti di distribuire il carico di lavoro in modo più efficace e ridurre tempi morti o congestioni.

Problemi e necessità

Nei sistemi HPC è spesso difficile stimare la durata di un job perché dipende da molti fattori, come il numero di nodi utilizzati e il livello di accuratezza richiesto dal calcolo. Senza una previsione chiara, la gestione della coda diventa meno efficiente, rallentando le attività e limitando l'uso del cluster.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha sviluppato una soluzione in grado di prevedere in modo efficace il tempo di esecuzione dei job e il throughput del sistema, utilizzando come input alcuni parametri chiave forniti dall'utente. Questa soluzione è stata testata con successo e ora è pronta per essere utilizzata in un contesto operativo. Lo sviluppo è stato portato avanti con un approccio incrementale, che ha permesso di perfezionare

progressivamente il modello e adattarlo alle reali esigenze applicative

Impatti

Una migliore previsione della durata dei job consente un utilizzo più efficiente delle risorse HPC, con benefici diretti per i team che utilizzano il cluster e per l'organizzazione che lo gestisce. Anche se non ha un impatto diretto sulla vita quotidiana delle persone, contribuisce a rendere più efficaci applicazioni scientifiche, industriali e ingegneristiche che dipendono da grandi capacità di calcolo.

Settori di Applicazione

La soluzione è già stata applicata a un caso reale e potrà essere adattata alle evoluzioni future dell'applicazione di riferimento. Pur essendo pensata per un contesto specifico, l'approccio potrà ispirare sviluppi simili in altre realtà che affrontano problemi analoghi nel campo della pianificazione HPC.

High Performance RISC-V Satellite Processor

Aree Tematiche: Space, Engineering (applications), Software, Artificial Intelligence, Computing and storage infrastructure.

Tipo di Progetto: Innovation fund

Tecnologia sviluppata: piattaforma HW/SW a basse potenze basata su architettura RISC-V con acceleratori integrati.

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 1

Coordinatore: Thales Alenia Space Italia SPA

Partner: Università di Bologna, Leonardo SPA

Soluzioni sviluppate

L'analisi della toolchain e la prototipazione di algoritmi tipici delle applicazioni spaziali hanno confermato che la piattaforma scelta può sostenere nuovi servizi satellitari. Sono state utilizzate tecniche come il calcolo parallelo, l'accelerazione degli algoritmi e la semplificazione delle reti neurali, così da aumentare le prestazioni senza sovraccaricare il processore. Il risultato è un sistema che combina hardware ottimizzato e software dedicato, pronto a supportare applicazioni avanzate direttamente a bordo del satellite.

Sintesi del progetto

Il progetto nasce dall'esigenza di sviluppare una piattaforma hardware e software ad alte prestazioni dedicata ai satelliti. L'obiettivo è valutare come un processore RISC-V a basso consumo, arricchito da acceleratori dedicati, possa aumentare la capacità di calcolo a bordo e supportare nuovi servizi satellitari, anche basati su intelligenza artificiale.

Obiettivi

Il progetto punta a migliorare la potenza di elaborazione dei sottosistemi satellitari mantenendo consumi ridotti, un requisito fondamentale nello spazio. Una maggiore capacità di calcolo permette infatti di processare i dati direttamente a bordo, ridurre la latenza e abilitare applicazioni innovative per telecomunicazioni, navigazione e osservazione della Terra.

Problemi e necessità

I satelliti richiedono processori sempre più efficienti, in grado di gestire grandi quantità di dati in tempo reale senza compromettere l'affidabilità. Le tecnologie tradizionali non sempre offrono il giusto equilibrio tra prestazioni, consumo energetico e flessibilità. Era quindi necessario testare una nuova architettura per verificare se fosse possibile costruire servizi più avanzati su hardware leggero ma accelerato.

Impatti

Il progetto propone processori più potenti che consentano ai satelliti di offrire servizi più rapidi e precisi. Questo significa comunicazioni migliori, sistemi di navigazione più affidabili e informazioni più dettagliate sullo stato del nostro pianeta. Una maggiore capacità di elaborazione a bordo contribuisce anche a migliorare la qualità dei servizi utilizzati ogni giorno da cittadini e imprese.

Settori di Applicazione

I risultati del progetto saranno applicati nello sviluppo delle nuove costellazioni satellitari di Thales Alenia Space Italia, oggi in fase di industrializzazione. Le stesse tecnologie possono essere riutilizzate anche in altri settori che richiedono soluzioni embedded ad alte prestazioni, come l'IoT, l'Automotive e la mobilità intelligente. Inoltre, sono previsti sviluppi futuri per personalizzare ulteriormente le operazioni di accelerazione e migliorare gli strumenti di supporto.

Cybersecurity and Combinatorial Optimization (CCO)

Aree Tematiche: Security, Quantum Computing, Software, Fundamental research, Industry.

Aree Tematiche:

Tipo di Progetto: Innovation fund

Tecnologia sviluppata: metodi di ottimizzazione quantistica e quantum-inspired applicati alla fattorizzazione e all'analisi di protocolli crittografici.

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 10.

Coordinatore: Sogei SPA

Partner: Università di Bologna, Autostrade per l'Italia SPA, Intesa San Paolo SPA, Università di Padova

Sintesi del progetto

Il progetto affronta una questione sempre più urgente: valutare quanto i sistemi crittografici tradizionali siano vulnerabili di fronte ai progressi del calcolo quantistico. Con l'avanzare degli algoritmi quantistici, molte tecniche di sicurezza oggi utilizzate potrebbero infatti diventare meno affidabili. L'iniziativa mira quindi a studiare queste fragilità, analizzando protocolli esistenti e sperimentando algoritmi "quantum-inspired" per comprendere quali rischi emergeranno e come prepararci al futuro.

Obiettivi

L'obiettivo principale è identificare i punti deboli dei sistemi crittografici basati su numeri primi molto grandi. Il progetto vuole capire quali algoritmi, anche se solo ispirati al calcolo quantistico, possono oggi ottenere risultati concreti nella fattorizzazione di interi e quindi mettere a rischio protocolli considerati sicuri. Questo è fondamentale per orientare lo sviluppo di nuove soluzioni resistenti ai computer quantistici.

Problemi e necessità

La sicurezza di molti sistemi crittografici si basa sulla difficoltà di fattorizzare numeri enormi. Ma l'arrivo di nuovi algoritmi quantistici potrebbe

ridurre drasticamente questa difficoltà. Il progetto risponde alla necessità di valutare in modo scientifico se queste minacce sono già concrete, quali scenari potrebbero diventare critici e come progettare per tempo strategie di protezione.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha analizzato protocolli crittografici, identificato set di chiavi di test e selezionato tecniche adatte allo studio. È stato ottenuto un risultato simbolico ma significativo: la fattorizzazione di un numero a 24 bit tramite un algoritmo di **simulated quantum annealing**, oltre allo sviluppo di un approccio "quantum-inspired" basato su network tensoriali per l'implementazione dell'algoritmo di Shor.

Impatti

Il progetto aiuta a comprendere meglio quanto i sistemi crittografici attuali siano esposti ai progressi del calcolo quantistico. Questa consapevolezza è essenziale per proteggere infrastrutture critiche, dati sensibili e servizi digitali. Le organizzazioni che anticipano il rischio quantistico possono rafforzare la propria sicurezza e costruire maggiore fiducia con utenti e partner, posizionandosi anche come leader nell'adozione di standard avanzati.

Settori di applicazione

I risultati possono contribuire allo sviluppo di nuovi protocolli crittografici "quantum-resistant" e influenzare politiche, standard e strategie di sicurezza. Le tecniche studiate, basate su ottimizzazione e combinatoria, sono replicabili in molti settori: dalla Logistica alla Cybersecurity, fino al Machine Learning. Il lavoro proseguirà esplorando soluzioni ibride e più scalabili, con l'obiettivo di preparare industrie e istituzioni alla transizione verso l'era post-quantistica.

Fraud Detection (FD)

Aree Tematiche: Finance, Software, Artificial Intelligence, Security, Computing and storage infrastructure.

Tipo di Progetto: Innovation fund

Tecnologia sviluppata: tecniche avanzate di rilevamento anomalie basate su Machine Learning e approcci quantuminspired.

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 10

Coordinatore: Intesa San Paolo SPA

Partner: INAF, Politecnico di Milano, Università di Roma - Sapienza, Università di Firenze, Università di Padova, Università di Roma - Tor Vergata

Sintesi del progetto

Il progetto Fraud Detection Alliance nasce con l'obiettivo di migliorare le strategie di rilevazione delle anomalie nelle transazioni finanziarie. Le frodi sono un problema crescente e complesso, e richiedono soluzioni sempre più avanzate per proteggere clienti, istituzioni e l'intero sistema economico. Il progetto sperimenta tecniche innovative in un contesto concreto e collaborativo.

Obiettivi

L'iniziativa mira a individuare aree di miglioramento nei metodi attuali di rilevamento delle frodi e a esplorare approcci emergenti, incluse tecniche di Machine Learning e strumenti ispirati al calcolo quantistico. Lo scopo è comprendere quali algoritmi siano più efficaci e come possano essere integrati in applicazioni industriali, rendendo i sistemi di prevenzione più accurati e tempestivi.

Problemi e necessità

Le frodi finanziarie diventano sempre più sofisticate e difficili da identificare. Gli strumenti tradizionali non riescono sempre a cogliere pattern nascosti o comportamenti anomali complessi. Risulta quindi necessario avviare una ricerca che permettesse di sperimentare nuove tecniche su dati reali, anche se opportunamente anonimizzati, per valutarne il potenziale contributo.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha portato alla pubblicazione di articoli scientifici e alla sperimentazione di metodi innovativi su un dataset reale anonimo. Sono state testate tecniche di Machine Learning e approcci derivati dal Quantum Computing, utili per analizzare rapidamente grandi quantità di dati e individuare schemi difficili da riconoscere con strumenti tradizionali. La collaborazione con numerosi enti di ricerca ha permesso di integrare competenze diverse e di consolidare migliori pratiche comuni.

Impatti

I risultati ottenuti possono contribuire allo sviluppo di sistemi antifrode più sicuri e affidabili, con benefici diretti per i clienti e per la reputazione delle istituzioni finanziarie. Un rilevamento più efficace riduce il rischio di perdite economiche e rafforza la fiducia nel sistema bancario. Inoltre, migliorare la capacità di individuare anomalie nei dati ha un impatto positivo anche su settori vicini alla sicurezza digitale.

Settori di applicazione

Le tecniche identificate potranno essere testate e integrate in sistemi reali dopo una fase approfondita di verifica. Il progetto ha inoltre mostrato che metodi diversi possono produrre risultati complementari, aprendo la strada a soluzioni ibride che uniscano più approcci. Le metodologie sviluppate potranno essere applicate anche ad altri settori dove è necessario rilevare anomalie nei dati o individuare comportamenti sospetti.

Molecular Energy Landscapes by Quantum Computing (MEL)

Aree Tematiche: Fundamental research, Materials, Software, Quantum computing.

Tipo di Progetto: Innovation fund

Tecnologia sviluppata: algoritmi di simulazione quantistica integrati in workflow di chimica computazionale.

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 10

Coordinatore: Eni SPA

Partner: Politecnico di Milano, Università dell'Aquila

Sintesi del progetto

Il progetto esplora come il quantum computing possa migliorare la simulazione delle reazioni chimiche. Questi processi sono complessi e spesso difficili da rappresentare con i metodi tradizionali. L'obiettivo è capire se l'integrazione di circuiti quantistici nei flussi di lavoro classici possa offrire nuove possibilità di studio, utili sia alla ricerca scientifica sia a settori industriali come quello dei polimeri.

Obiettivi

L'iniziativa punta ad acquisire nuove conoscenze nel campo della chimica quantistica e a sviluppare strumenti computazionali che, in futuro, potranno essere applicati in diversi contesti. Una migliore comprensione dei meccanismi alla base delle reazioni chimiche può infatti portare benefici in molte aree, dall'industria chimica allo sviluppo di nuovi materiali.

Problemi e necessità

Studiare in dettaglio le energie coinvolte nelle reazioni chimiche richiede enorme potenza computazionale. I metodi classici raggiungono rapidamente i loro limiti, soprattutto quando il sistema da simulare diventa molto grande. Il progetto affronta quindi la necessità di esplorare metodologie alternative che possano, un domani, superare questi limiti.

Soluzioni sviluppate

Il lavoro ha portato allo sviluppo di **due algoritmi di simulazione** che migliorano lo stato dell'arte grazie all'integrazione di circuiti quantistici nei processi tradizionali. Sono stati utilizzati emulatori open-source e algoritmi affermati di chimica quantistica, eseguiti su infrastrutture di calcolo ad alte prestazioni. Queste soluzioni rappresentano i primi passi verso modelli più accurati, capaci di studiare sistemi che oggi risultano troppo complessi da analizzare.

Impatti

I risultati ottenuti possono favorire ulteriori progressi nella ricerca, contribuendo a interpretare meglio i processi di polimerizzazione o altre reazioni di interesse industriale. Una modellazione più precisa può aiutare a progettare materiali più performanti, ridurre i costi di sperimentazione e accelerare l'innovazione in diversi settori scientifici e produttivi.

Settori di applicazione

Gli algoritmi sviluppati potranno consentire in futuro simulazioni oggi impossibili, migliorando lo studio dei materiali e delle reazioni chimiche. Nel frattempo, i risultati della ricerca saranno pubblicati e resi disponibili alla comunità scientifica e industriale, favorendo la replicabilità del lavoro e l'utilizzo dei metodi anche in altri settori.

Quantum Algorithms for Solving Differential Equations (QA4SDE)

Aree Tematiche: Engineering (applications), Energy, Climate, Space, Quantum Computing.

Tipo di Progetto: Innovation fund

Tecnologia sviluppata: algoritmi quantistici per la risoluzione di equazioni differenziali complesse, utilizzati per simulazioni fisiche e industriali.

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 10

Coordinatore: Leonardo SPA

Partner: IFAB, Eni SPA, IIT, Engineering Ingegneria Informatica Spa, Università di Bari, Università di Padova, Thales Alenia Space Italia SPA

Sintesi del progetto

Il progetto esplora come i computer quantistici possano aiutare a risolvere equazioni differenziali complesse, fondamentali per descrivere fenomeni fisici come il comportamento dei fluidi, la propagazione elettromagnetica o il flusso di materiali nel sottosuolo. Si tratta di problemi computazionalmente molto pesanti, che richiedono grande potenza di calcolo e tempi di elaborazione lunghi. L'obiettivo è valutare se gli algoritmi quantistici possano offrire un vantaggio concreto rispetto ai metodi classici.

Obiettivi

L'iniziativa punta a capire se il calcolo quantistico possa migliorare l'efficienza nella risoluzione delle PDE (equazioni alle derivate parziali), che sono al cuore di molti processi industriali. L'idea è sfruttare la capacità dei computer quantistici di rappresentare grandi quantità di informazioni con pochi qubit e di eseguire operazioni in parallelo, riducendo tempo e risorse necessari alle simulazioni.

Problemi e necessità

Molte industrie devono risolvere PDE di grande scala per progettare prodotti, monitorare infrastrutture o prevedere fenomeni naturali. La soluzione numerica di questi sistemi richiede enormi quantità di memoria e tempo di calcolo, rendendo difficile affrontare casi

particolarmente complessi. Il progetto risponde quindi alla necessità di esplorare strumenti che un domani potranno rendere queste simulazioni più rapide e accessibili.

Soluzioni sviluppate

Nell'ambito del progetto sono stati sperimentati diversi algoritmi quantistici applicati a problemi reali, valutandone vantaggi e limiti. Questa attività ha permesso di capire quali tecniche possano essere promettenti in vista dell'arrivo di computer quantistici più maturi.

Impatti

Se applicati su larga scala, gli algoritmi quantistici potrebbero rivoluzionare il modo in cui vengono svolte le simulazioni tecniche e scientifiche. Simulazioni più veloci e precise possono migliorare la progettazione di aeromobili, ottimizzare infrastrutture, ridurre consumi energetici e contribuire a un uso più sostenibile delle risorse. Inoltre, una maggiore capacità simulativa può portare a modelli climatici più accurati, sistemi energetici più efficienti e dispositivi di comunicazione più avanzati.

Settori di Applicazione

Le tecniche studiate sono applicabili a diversi casi reali: la gestione dei fluidi nel settore oil & gas, la progettazione aerodinamica, la simulazione elettromagnetica per antenne e radar. Una volta disponibili computer quantistici più potenti e stabili, queste metodologie potranno essere testate direttamente sull'hardware, aprendo la strada a soluzioni innovative in molti settori industriali.

Quantum Credit Scoring (QCS)

Aree Tematiche: Finance, Software, Artificial Intelligence, Quantum Computing, Computing and storage infrastructure.

Tipo di Progetto: Innovation fund

Tecnologia sviluppata: approccio quantistico e quantuminspired per la definizione delle scale di rating nel credit scoring.

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 10

Coordinatore: Intesa San Paolo SPA

Partner: INFN

Sintesi del progetto

Il progetto Quantum Credit Scoring nasce per capire se il calcolo quantistico possa migliorare alcuni passaggi del processo di valutazione del merito creditizio. L'obiettivo è identificare quali fasi del credit scoring possano trarre vantaggio da un approccio quantistico e testare un primo algoritmo che dimostri la fattibilità di questa visione innovativa.

Obiettivi

L'iniziativa intende valutare se quantum computing o metodi "quantum-inspired" possano rendere più efficiente la definizione delle scale di rating, un passaggio cruciale per determinare il livello di rischio associato a un richiedente. L'obiettivo a lungo termine è favorire processi più precisi e inclusivi, contribuendo a una migliore valutazione finanziaria.

Problemi e necessità

Il credit scoring richiede di analizzare molte variabili e di ordinarle in modo coerente. Alcuni passaggi, come la creazione di una scala di rating ottimale, possono essere formulati come problemi di ottimizzazione combinatoria, difficili da risolvere con metodi tradizionali. Il progetto esplora se approcci quantistici possano offrire vantaggi in scenari di questo tipo.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha identificato la definizione della scala di rating come uno dei passaggi più adatti

a un approccio quantistico. È stata quindi proposta una formulazione basata su **QUBO (Quadratic Unconstrained Binary Optimization)** e sviluppato un primo algoritmo quantum-inspired, eseguibile sia su hardware classico sia, in futuro, su computer quantistici. L'implementazione è stata sviluppata in Python e testata tramite ottimizzatori avanzati, permettendo di valutare limiti e potenzialità del metodo. Gli esperimenti sono stati condotti anche su infrastrutture HPC per confrontare l'approccio classico e quello quantistico.

Impatti

In prospettiva, un credit scoring più efficiente potrebbe facilitare l'accesso al credito, favorendo una maggiore inclusione finanziaria e una valutazione più accurata dei rischi. Approcci di questo tipo possono contribuire a evitare squilibri nel sistema finanziario e a rafforzare la solidità dei processi decisionali.

Applicazioni

I prossimi passi dell'iniziativa prevedono test su diverse architetture quantistiche e un'ulteriore evoluzione della formulazione QUBO, così da costruire un modello più robusto. La metodologia è replicabile in altri settori che affrontano problemi simili, e il codice del progetto è già disponibile pubblicamente per chi volesse sperimentarlo.

QDOMC – Quantum Algorithm for the Detection of the Optimal Maximal Clique

Aree Tematiche: Finance & Insurance, Software, Artificial Intelligence, Quantum Computing, Industry.

Tipo di Progetto: Innovation fund

Tecnologia sviluppata: algoritmo ibrido classico-quantistico basato su formulazione QUBO e tecniche di quantum annealing.

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 10

Coordinatore: Unipol Assicurazioni SPA

Partner: Università di Milano – Bicocca, Politecnico di Milano

Sintesi del progetto

Il progetto QDOMC affronta un tema centrale nell'analisi delle reti complesse: identificare il gruppo più "coeso" e rilevante all'interno di una rete molto estesa. Si tratta del problema della *maximal clique*, un problema di ottimizzazione difficile da risolvere con i metodi tradizionali quando i dati crescono di dimensione. L'obiettivo è capire come gli algoritmi quantistici, combinati con tecniche classiche, possano migliorare l'individuazione di queste strutture nelle reti reali.

Obiettivi

L'iniziativa risponde alla necessità crescente di strumenti capaci di analizzare grandi reti di dati, come transazioni finanziarie, catene logistiche, relazioni tra eventi o interazioni sociali. Il progetto mira a sviluppare un metodo ibrido classico-quantistico per trovare la clique più rilevante rispetto a un obiettivo specifico, con applicazioni dirette in ambiti come finanza, assicurazioni, salute, marketing e cybersecurity.

Problemi e necessità

Le reti reali sono sempre più grandi e interconnesse. Questo aumenta in modo esponenziale il numero di combinazioni possibili da analizzare, rendendo i metodi classici lenti o inefficaci.

Il problema della clique massimale è particolarmente complesso perché richiede di verificare molte configurazioni differenti. Serviva quindi un approccio più potente, in grado di esplorare lo spazio delle soluzioni in modo più efficiente.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha definito un algoritmo ibrido che combina pre-processing classico e *quantum annealing*. È stata creata una formulazione matematica specifica e il modello è stato testato sia su grafi sintetici sia su un caso reale nel settore della *reinsurance*, composto da oltre 600 nodi. I risultati dimostrano che l'integrazione tra calcolo classico e quantistico permette già oggi di ottenere soluzioni di alta qualità per problemi complessi di ottimizzazione su grafi.

Impatto

Il progetto intende potenziare l'analisi delle reti, in modo da migliorare la capacità decisionale in molti settori: rilevare frodi finanziarie, ottimizzare contratti assicurativi, identificare pattern sospetti, analizzare strutture molecolari o personalizzare strategie di marketing. Migliori strumenti di ottimizzazione portano anche a sistemi più resilienti, a una gestione più efficiente delle risorse e a processi di prevenzione più accurati.

Settori di Applicazione

La metodologia sviluppata è applicabile ben oltre il settore assicurativo. Può essere utilizzata per il monitoraggio delle catene di fornitura, per l'analisi della sicurezza informatica, nella ricerca scientifica o nella sanità. I prossimi passi del progetto riguardano la scalabilità del metodo, lo studio di nuove strategie di decomposizione e l'uso delle prossime generazioni di hardware quantistico. Questa evoluzione permetterà di trasformare l'attuale prototipo in strumenti operativi pronti all'uso industriale.

QLMD 2 – Quantum Logistics and Mobility Design

Aree Tematiche: Mobility, Society and Smart Cities, Artificial Intelligence, Quantum Computing, Computing and storage infrastructure.

Tipo di Progetto: Innovation fund

Tecnologia sviluppata: metodi ibridi quantistici e machine learning per l'ottimizzazione di reti logistiche complesse.

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 10

Partner: iFab, Politecnico di Milano.

Sintesi del progetto

Il progetto QLMD 2 affronta una delle sfide più complesse della mobilità moderna: individuare in modo efficiente i percorsi migliori per consegne, flotte e servizi urbani. Quando il numero di destinazioni cresce e le variabili aumentano, i sistemi tradizionali faticano a trovare soluzioni in tempi ragionevoli. L'iniziativa esplora l'uso di metodi "quantum-inspired" per supportare decisioni rapide e ottimizzate in scenari logistici reali.

Obiettivi

L'obiettivo è sviluppare tecniche innovative che permettano di affrontare problemi di instradamento della mobilità e logistica (routing) complessi, riducendo tempi, costi e impatto ambientale. Il progetto mira a integrare algoritmi quantistici e strumenti di machine learning per rendere più scalabili le simulazioni e i calcoli necessari al mondo della logistica.

Problemi e necessità

Le città sono sempre più affollate e i servizi — dalle consegne al trasporto pubblico, dalla raccolta rifiuti alla mobilità condivisa — richiedono un'organizzazione accurata. I metodi classici possono diventare inefficaci quando le reti sono molto ampie. È perciò necessario un nuovo approccio in grado di superare i limiti del calcolo tradizionale e permettere pianificazioni più agili.

Soluzioni sviluppate

QLMD ha dimostrato che un metodo ibrido, che unisce algoritmi quantistici e tecniche di clustering basate su machine learning, può suddividere grandi problemi logistici in sotto-problemi più gestibili. Questo permette di ottenere soluzioni di qualità anche con le limitazioni dell'hardware quantistico attuale. Il sistema è stato testato su dataset reali e simulati, confermando la sua capacità di scalare su problemi complessi.

Impatti

Il progetto favorisce una logistica più intelligente, che comporta meno traffico, consegne più rapide, costi ridotti e minori emissioni. L'approccio sviluppato può contribuire a rendere più efficienti i servizi che incidono sulla vita quotidiana: dai trasporti alla gestione dei rifiuti, fino alla pianificazione delle infrastrutture urbane. I risultati favoriscono anche un uso più sostenibile delle risorse e supportano la competitività delle aziende.

Settori di Applicazione

Le metodologie sviluppate possono essere integrate in sistemi di gestione delle flotte, piattaforme di logistica urbana e strumenti di pianificazione delle smart city. La loro flessibilità consente l'applicazione anche in settori come energia, manifattura, mobilità, trasporti e gestione delle infrastrutture. Con l'evoluzione dell'hardware quantistico, queste tecniche potranno evolvere verso ottimizzazioni in tempo reale.

QLMD – Quantum Logistics and Mobility Design

Aree Tematiche: Mobility, Society and Smart Cities, Artificial Intelligence, Quantum Computing, Computing and storage infrastructure.

Tipo di Progetto: Innovation fund

Tecnologia sviluppata: approcci quantistici e metodi di ottimizzazione per problemi complessi di routing urbano.

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 10

Coordinatore: IFAB

Partner: Politecnico di Milano, Engineering Ingegneria Informatica Spa

Sintesi del progetto

QLMD si concentra su una sfida cruciale per le città moderne: ottimizzare i percorsi per la raccolta dei rifiuti, le consegne dell'ultimo miglio e, più in generale, la logistica urbana. Problemi come il TSP (Travelling Salesman Problem) e il VRP (Vehicle Routing Problem) diventano rapidamente ingestibili quando aumentano i vincoli, i punti da raggiungere e le restrizioni operative. Il progetto esplora come gli algoritmi quantistici possano migliorare l'efficienza rispetto ai metodi tradizionali.

Obiettivi

L'obiettivo è valutare se il Quantum Computing, anche solo simulato, possa offrire un vantaggio nella gestione di grandi reti logistiche. QLMD vuole contribuire alla creazione di sistemi di trasporto più sostenibili, riducendo tempi di percorrenza, consumi e impatti ambientali, e aiutare città e imprese a pianificare meglio i propri servizi.

Problemi e necessità

L'aumento dell'e-commerce, la crescita urbana e le nuove esigenze di mobilità rendono i problemi di routing sempre più complessi. Ai tradizionali vincoli tecnici si aggiungono limiti ambientali, regolamenti cittadini e obiettivi di sostenibilità. Questo rende necessario esplorare tecnologie in grado di valutare rapidamente molte soluzioni possibili e trovare quelle più efficienti.

Soluzioni sviluppate

Nelle prime fasi il progetto ha già completato l'impostazione preparatoria e un'analisi approfondita delle tecniche disponibili. L'approccio prevede l'uso di algoritmi quantistici e di metodi di ottimizzazione dei vincoli per valutare la fattibilità della tecnologia nel contesto urbano. Una parte significativa del lavoro riguarda la simulazione tramite HPC, necessaria per imitare il comportamento dei sistemi quantistici ancora non disponibili su larga scala.

Impatti

Se si dimostrasse applicabile, il quantum computing potrebbe rendere la logistica molto più efficiente. Ciò garantirebbe meno traffico, minori emissioni, costi operativi più bassi e servizi più rapidi per i cittadini. Il progetto punta inoltre a stimolare nuove competenze, in particolare nella programmazione quantistica e nella progettazione di algoritmi avanzati per la mobilità.

Applicazioni

Le soluzioni sviluppate potranno essere testate su dati simulati e, successivamente, applicate in casi reali. Il metodo potrà essere utilizzato da **aziende di logistica, servizi municipali, sistemi di trasporto e infrastrutture urbane**, oltre che in altri settori che richiedono ottimizzazione avanzata. La natura replicabile del progetto ne permette l'adozione da parte di enti pubblici, imprese e università.

Agri@Intesa

Aree Tematiche: Agriculture, Artificial Intelligence, Software, Computing and Storage Infrastructure

Tipo di progetto: Progetto di innovazione

Tecnologia sviluppata: Algoritmo per stimare la qualità dei terreni tramite dati satellitari, indicatori vegetativi e variabili economico-finanziarie

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 2

Coordinatore: Intesa San Paolo SPA

Partner: Università del Salento, Thales Alenia Space Italia SPA, Università Milano-Bicocca, Università di Bari, Università di Catania, Università di Napoli Federico II

Sintesi del progetto

Agri@Intesa nasce dall'esigenza di stimare in modo più accurato la qualità dei terreni agricoli e le prospettive produttive delle aziende del settore. Per le banche è fondamentale migliorare i modelli di valutazione del merito creditizio; per le imprese agricole è altrettanto importante comprendere lo stato dei propri campi e intervenire tempestivamente in caso di criticità. Il progetto utilizza indicatori satellitari, dati climatici e informazioni economicofinanziarie per costruire un sistema predittivo innovativo.

Obiettivi

L'obiettivo è offrire un sistema capace di stimare la qualità e la produttività dei terreni in modo accurato e aggiornato, integrando fonti informative molto diverse tra loro. Il progetto punta a fornire un supporto solido sia alle imprese, nella gestione delle colture, sia agli istituti finanziari, nella valutazione dell'affidabilità economica.

Problemi e necessità

La difficoltà principale riguarda la necessità di combinare dati di natura eterogenea: informazioni climatiche, misure agronomiche e indicatori finanziari spesso non sono immediatamente confrontabili. Aziende e istituti di credito hanno bisogno di strumenti che rendano leggibili queste informazioni, superando frammentarietà e approssimazioni.

Soluzioni sviluppate

Grazie all'integrazione di dati meteorologici, immagini satellitari e variabili economiche, il progetto ha permesso di individuare segnali anticipatori dello stato dei terreni. Questo consente di prevedere con maggiore precisione eventuali criticità, semplificando la gestione delle colture e rendendo più robuste le analisi delle performance aziendali.

Impatti

Il sistema permette un monitoraggio più preciso delle colture, favorisce una migliore gestione delle risorse e rende più affidabili le analisi finanziarie. Supporta aziende e istituti di credito nell'assunzione di decisioni basate su informazioni oggettive.

Settori di applicazione

I risultati potranno essere integrati in soluzioni agritech avanzate o adottati da aziende che non utilizzano ancora questi approcci. Le tecniche sviluppate sono replicabili nella valutazione di creditworthiness per imprese agricole diverse dalla viticoltura, fino a contesti come il microcredito. L'obiettivo futuro è ampliare il campione di aziende per rendere il modello più robusto e statisticamente affidabile.

ML – Blending Machine Learning with advanced numerical simulations: application to the sustainable exploitation of natural resources

Aree Tematiche: Energy, Artificial Intelligence, Software, Engineering (applications)

Tipo di progetto: Progetto di innovazione

Tecnologia sviluppata: Approcci di Machine Learning guidati dalla fisica per creare modelli surrogati rapidi di simulazioni di flussi e strumenti di deconvoluzione sismica più stabili

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 2

Coordinatore: ENI SPA

Partner: INFN, Università di Trieste

Sintesi del progetto

Il progetto affronta una sfida centrale per chi lavora nella produzione energetica: rendere più rapide e affidabili le simulazioni che descrivono il comportamento di fluidi, pipeline e sistemi complessi nel sottosuolo. Questi modelli richiedono grande potenza computazionale e spesso sono troppo lenti per l'uso operativo quotidiano. L'iniziativa esplora l'uso di tecniche di **Physics-Informed Machine Learning (PIML)**, che combinano dati e leggi fisiche per ottenere previsioni più veloci senza perdere coerenza scientifica.

Obiettivi

L'obiettivo principale è ridurre drasticamente i tempi di calcolo di simulazioni complesse, mantenendo coerenza e stabilità dei risultati. Il progetto punta a creare strumenti predittivi pienamente integrabili nei workflow ingegneristici, permettendo analisi veloci senza rinunciare alla precisione. Un secondo obiettivo è validare i modelli sviluppati su scenari reali, così da garantirne affidabilità e applicabilità pratica.

Problemi e necessità

Tecnici e ingegneri devono spesso lavorare con simulazioni non lineari e complesse, difficili da gestire in tempi brevi. Per produzione, sicurezza e sostenibilità, è fondamentale disporre di strumenti più veloci che non compromettano l'accuratezza fisica. Il progetto risponde proprio a questa esigenza, introducendo metodologie ML progettate per essere coerenti con i modelli ingegneristici.

Soluzioni sviluppate

Nell'ambito dell'iniziativa, sono stati esplorati metodi di Physics-Informed ML per approssimare simulazioni complesse. Si sono testate architetture di rete per i flussi in condotte e tecniche di pulizia e stabilizzazione dei segnali sismici, con particolare attenzione alla robustezza rispetto al rumore.

Impatti

L'introduzione di questi modelli permette di velocizzare l'analisi dei dati e migliorare l'efficienza delle operazioni industriali. Le previsioni rapide facilitano la gestione delle risorse e migliorano la qualità dell'interpretazione dei fenomeni fisici osservati. Le soluzioni hanno inoltre ricadute positive sulla sicurezza e sulla pianificazione operativa.

Settori di applicazione

I prossimi sviluppi prevedono l'estensione dei modelli a scenari più complessi e basati su dati reali. I risultati saranno gradualmente integrati nei flussi di lavoro ingegneristici e potranno essere replicati da università, aziende e istituzioni. Poiché le tecniche sono basate su metodologie ML accessibili e su modelli fisicamente guidati, potranno essere applicate ben oltre il settore energetico, in ambiti come ingegneria, geofisica, industrie di processo e simulazioni scientifiche avanzate.

PMIP - Harnessing the power of Artificial Intelligence for predictive maintenance of industrial plants

Aree Tematiche: Industry, Energy, Artificial Intelligence, Software, Engineering (applications)

Tipo di progetto: Progetto di innovazione

Tecnologia sviluppata: Algoritmi di Deep Learning per la manutenzione predittiva di apparati industriali complessi

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 2

Coordinatore: ENI SPA

Partner: Università di Bologna, INFN

Sintesi del progetto

Il progetto nasce dall'esigenza di migliorare la manutenzione predittiva negli impianti industriali, un ambito in cui la complessità delle apparecchiature e la quantità di dati generati rendono difficile individuare tempestivamente segnali di degrado o anomalie. L'obiettivo è sfruttare tecniche avanzate di intelligenza artificiale per prevedere guasti e ottimizzare la continuità operativa, riducendo costi e inefficienze.

Obiettivi

L'obiettivo principale del progetto è identificare e testare algoritmi di Deep Learning in grado di offrire un approccio predittivo efficace per la manutenzione industriale. PMIP mira a costruire modelli che possano essere integrati nei workflow aziendali, adattandosi a impianti e configurazioni diverse. In parallelo, si punta anche a confrontare le prestazioni dei nuovi modelli con gli strumenti attualmente in uso, e alla fornitura di indicazioni utili alla programmazione della manutenzione.

Problemi e necessità

La manutenzione tradizionale può essere inefficiente e costosa. Le aziende richiedono strumenti capaci di identificare segnali precoci di malfunzionamento per ridurre fermate impreviste e aumentare l'efficienza operativa.

Soluzioni sviluppate

Sono stati valutati algoritmi di Deep Learning addestrati su grandi quantità di dati, sfruttando risorse HPC per accelerare il training. Le

tecniche esplorate consentono di affinare le previsioni e di sostituire gli strumenti attualmente in produzione con modelli più accurati. Il training dei modelli è stato effettuato su infrastrutture HPC, indispensabili per gestire dataset molto ampi e reti neurali complesse. La collaborazione tra università e industria ha rappresentato un fattore chiave per condividere competenze e accelerare i tempi di sviluppo.

Impatti

L'introduzione di soluzioni predittive consente di aumentare l'efficienza operativa degli impianti, ridurre i costi legati a manutenzioni non programmate e migliorare la continuità dei servizi. Inoltre, un uso più razionale delle risorse contribuisce a una gestione più sostenibile dei processi industriali.

Settori di applicazione

Le soluzioni potranno essere integrate nei processi operativi degli impianti, rendendo la manutenzione predittiva una pratica quotidiana. Il metodo sviluppato, pur essendo pensato per sistemi industriali complessi, è replicabile in altri settori che necessitano di analisi predittive basate su grandi quantità di dati. La ricerca proseguirà internamente per evolvere ulteriormente i modelli e portarli in produzione.

SAFE - Secure anomaly detection edge AI system For critical Environments

Aree Tematiche: Industry, Security, Software, Artificial Intelligence, Infrastructure

Tipo di progetto: Progetto di innovazione

Tecnologia sviluppata: Sistema di rilevamento anomalie su dispositivi edge per ambienti industriali critici con generazione di dati sintetici e addestramento su HPC

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 2

Coordinatore: IFAB

Partner: Università di Bologna

Sintesi del progetto

SAFE nasce dall'esigenza di monitorare in tempo reale impianti che operano in condizioni ad alto rischio, come quelli classificati ATEX. In tali ambienti anche piccole anomalie possono generare situazioni pericolose o fermi improvvisi. Il progetto combina sensori installati sulle macchine, dispositivi edge capaci di elaborare localmente grandi quantità di dati e modelli AI addestrati tramite HPC. Questa integrazione consente di rilevare deviazioni dal funzionamento normale prima che evolvano in guasti.

Obiettivi

L'obiettivo principale è realizzare un sistema affidabile in grado di riconoscere comportamenti anomali con rapidità e precisione, riducendo i tempi di reazione in caso di malfunzionamento. Il progetto punta a selezionare i parametri tecnici più rappresentativi e sviluppare modelli predittivi ottimizzati per l'esecuzione su dispositivi edge. Un ulteriore obiettivo è validare la soluzione direttamente su macchinari reali, garantendone integrazione e efficacia nei flussi operativi industriali.

Problemi e necessità

Nei processi con sostanze volatili, guasti imprevisti generano lunghi fermi e protocolli di sicurezza costosi. Serve quindi un controllo continuo capace di segnalare in anticipo le deviazioni del comportamento delle macchine.

Soluzioni sviluppate

Per affrontare queste sfide SAFE ha progettato un'architettura Edge AI capace di operare

direttamente in prossimità dei macchinari monitorati. Sono stati definiti i parametri chiave – come vibrazioni, temperatura e velocità dei componenti – e sono stati generati scenari sintetici di guasto per addestrare i modelli anche in condizioni difficili da replicare sul campo. Le risorse HPC sono state fondamentali per addestrare i modelli in modo efficiente, migliorandone stabilità e accuratezza.

Benefici e ricadute

La capacità di identificare in anticipo anomalie nei macchinari riduce il rischio di incidenti, protegge gli operatori e garantisce una produzione più stabile. Questo porta vantaggi non solo all'azienda, ma anche alla comunità: processi più affidabili significano meno sprechi, minori rischi e una maggiore continuità nelle filiere produttive. Inoltre, sistemi di questo tipo aiutano le imprese a operare in modo più sostenibile e responsabile dal punto di vista delle risorse.

Settori che possono beneficiare

SAFE potrà essere esteso ad altri macchinari e a diversi settori industriali, mantenendo gli stessi vantaggi di sicurezza e continuità operativa. Il team intende integrare ulteriori tecniche di calcolo approssimato per ottimizzare l'esecuzione dei modelli Edge, ampliando al contempo il numero di apparati monitorati. La metodologia è replicabile in contesti ad alto rischio come energia, infrastrutture critiche e produzione industriale.

HaMMon - Hazard Mapping and vulnerability Monitoring

Aree Tematiche: Environment, Security, Territory, Climate, Software, Artificial Intelligence, Engineering (applications)

Tipo di progetto: Progetto di innovazione

Tecnologia sviluppata: Piattaforma integrata per analisi multi-rischio basata su Earth observation, modelli ambientali, analisi AI e infrastrutture HPC

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Coordinatore: Unipol Assicurazioni SPA

Partner: CMCC, CNR, ENEA, FBK, INAF, INFN, Politecnico di Bari, Sogei SPA, Università di Roma - Sapienza, Università del Salento, Università di Torino, Università di Trento, Università di Bari, Università dell'Aquila

Sintesi del progetto

HaMMon nasce per rispondere a una sfida sempre più urgente: comprendere, monitorare e prevedere gli effetti degli eventi naturali estremi su territori, infrastrutture e comunità. Oggi molte informazioni utili alla gestione del rischio sono sparse su piattaforme diverse, ottenute con metodologie non uniformi o difficili da integrare. Il progetto costruisce un quadro unico e coordinato che combina dati satellitari, rilievi da drone, modelli ambientali e analisi AI per supportare valutazioni rapide e affidabili del rischio.

Obiettivi

L'obiettivo principale è sviluppare strumenti in grado di restituire una valutazione multi-scala del rischio, andando dal livello nazionale fino al dettaglio del singolo asset. HaMMon intende migliorare l'efficienza dei flussi di analisi, creando un ecosistema in cui dati eterogenei possano dialogare tra loro e generare indicatori chiari e utili. Inoltre, il progetto mira a supportare le attività di prevenzione, risposta alle emergenze e pianificazione territoriale, offrendo metodologie integrate e validate su contesti reali.

Problemi e necessità

Le attuali analisi di rischio sono spesso limitate da sistemi frammentati, modelli disomogenei e dati incompleti. Questo genera incertezze e

rallenta interventi essenziali come la valutazione dei danni o la pianificazione della risposta. HaMMon affronta queste criticità introducendo una piattaforma unificata che combina osservazione della Terra, modellistica avanzata e strumenti predittivi.

Soluzioni sviluppate

HaMMon ha sviluppato un'infrastruttura cloud-native che sfrutta risorse HPC per analizzare grandi quantità di dati e produrre scenari climatici ad alta risoluzione. Sono stati creati digital twin post-evento tramite rilievi UAV, modelli di deep learning per estrarre informazioni dai dati multi-sorgente e mappe nazionali di suscettibilità da frana. Sono stati inoltre realizzati modelli di vulnerabilità e di perdita che consentono di stimare l'impatto potenziale degli eventi naturali, offrendo strumenti operativi per la gestione del rischio.

Impatti

Il progetto contribuisce a migliorare la prevenzione del rischio. Le informazioni prodotte supportano la protezione civile nella gestione delle emergenze, le assicurazioni nella valutazione dei portafogli e le amministrazioni pubbliche nella pianificazione territoriale. Un sistema più robusto e integrato permette di prendere decisioni basate su dati affidabili, contribuendo alla sicurezza complessiva dei territori.

Settori di applicazione

HaMMon porterà avanti lo sviluppo di servizi operativi orientati sull'early warning, su mappe di rischio dinamiche e su strumenti per la manutenzione preventiva delle infrastrutture. La piattaforma potrà essere adottata da **enti pubblici, assicurazioni, aziende e università** per applicazioni che vanno dalla gestione del territorio alla valutazione dei danni, fino alla pianificazione degli investimenti. L'approccio modulare consente inoltre di replicare e adattare il sistema a diversi contesti territoriali e settori.

HAEQ - HaMMon-EQ: Merging data and AI for improving Seismic Risk assessment and Management in populated areas

Aree Tematiche: Security, Environment, Territory, Artificial Intelligence, Software, Engineering (applications)

Tipo di progetto: Progetto di innovazione

Tecnologia sviluppata: Integrazione di dati 2D e 3D multi-sorgente con algoritmi di deep learning e piattaforme immersive per la valutazione dei danni sismici

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Coordinatore: Unipol Assicurazioni SPA

Partner: Università di Milano – Bicocca, INAF

Sintesi del progetto

HaMMon-EQ estende il progetto HaMMon affrontando in modo mirato il tema della valutazione dei danni causati dai terremoti. L'obiettivo è migliorare la capacità di analisi rapida attraverso strumenti digitali avanzati, integrando dati 2D e 3D da droni, modelli ad alta risoluzione e algoritmi di intelligenza artificiale. Questo approccio permette di ottenere un quadro più accurato e immediato degli impatti sui centri abitati e sulle infrastrutture critiche.

Obiettivi

L'obiettivo principale è rafforzare l'intera catena di analisi del rischio sismico, migliorando la velocità e la qualità delle valutazioni. Il progetto mira a integrare strumenti digitali avanzati nei workflow di analisi, perfezionando il riconoscimento dei danni e costruendo dataset strutturati sia a scala edilizia sia a livello di distretto urbano. Un ulteriore obiettivo è ridurre la dipendenza dalle sole valutazioni manuali, garantendo maggiore uniformità e ripetibilità nelle analisi.

Problemi e necessità

Le metodologie attuali di analisi del danno sismico sono lente, eterogenee e spesso dipendono dall'intervento di personale specializzato sul campo. La crescente frequenza degli eventi estremi rende necessario un sistema capace di elaborare molti dati in tempi brevi, sfruttando l'osservazione remota, la modellazione digitale

e la potenza dell'AI. HaMMon-EQ risponde alla necessità di avere strumenti più rapidi, omogenei e affidabili.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha integrato **Realtà Virtuale e Intelligenza Artificiale** per migliorare l'analisi dei dati 2D e 3D sui danni agli edifici. Sono stati generati dataset strutturati a scala di edificio e di quartiere, utilizzando immagini UAV e modelli 3D ad alta risoluzione. L'uso di infrastrutture HPC è stato fondamentale per elaborare grandi volumi di dati e per addestrare reti neurali destinate al riconoscimento automatico dei danni. Le tecnologie adottate includono fotogrammetria, classificazione expert-based e deep learning supervisionato per segmentazione e analisi strutturale.

Benefici e ricadute

L'impiego di queste tecnologie consente di fornire rapidamente alle autorità e alle assicurazioni un quadro dettagliato dell'entità dei danni, migliorando la gestione delle emergenze e la pianificazione degli interventi. Sul lungo periodo, queste metodologie contribuiscono a una pianificazione urbana più consapevole, aiutando a individuare le aree più vulnerabili e a rafforzare la resilienza dei territori.

Settori che possono beneficiare

La metodologia proposta da HaMMonEQ potrà essere estesa con dati satellitari più frequenti, modelli multimodali avanzati e servizi su scala territoriale più ampia. I risultati saranno applicabili in diversi settori: assicurazioni, protezione civile, urbanistica e gestione delle infrastrutture. L'obiettivo è trasformare un prototipo avanzato in strumenti operativi utilizzabili quotidianamente per valutazioni rapide, simulazioni e pianificazione del rischio.

HMMA - HaMMon-Advance: Integrated AI for Enhanced Seasonal Forecasting and Environmental Risk Management

Aree Tematiche: Climate, Environment, Territory, Software, Artificial Intelligence, Engineering (applications)

Tipo di progetto: Progetto di innovazione

Tecnologia sviluppata: Modelli AI per generazione meteorologica ad alta risoluzione e pipeline automatizzata per l'estrazione di caratteristiche edilizie da immagini e point cloud

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Coordinatore: IFAB

Partner: IFAB

Sintesi del progetto

HaMMon-Advance nasce per rispondere a due sfide sempre più urgenti: prevedere con maggiore precisione eventi climatici estremi e valutare in modo più rapido e scalabile la vulnerabilità delle città. Le tecniche tradizionali non sono più sufficienti per affrontare scenari segnati da ondate di calore, freddo intenso e rischi ambientali in aumento. Il progetto sviluppa strumenti di AI capaci di simulare eventi meteo estremi ad alta risoluzione e di estrarre automaticamente informazioni sulle strutture urbane, fornendo supporto concreto a chi gestisce il rischio e pianifica la resilienza.

Obiettivi

L'obiettivo principale è migliorare la capacità di produrre previsioni stagionali dettagliate e realistiche legate agli eventi termici estremi. Allo stesso tempo, HMMA mira ad automatizzare l'identificazione delle caratteristiche degli edifici attraverso modelli di deep learning che spaziano dall'analisi delle facciate alla lettura della geometria urbana, per essere utilizzati da enti istituzionali, assicurazioni e organizzazioni impegnate nella mitigazione e adattamento climatico.

Problemi e necessità

I modelli esistenti non descrivono con sufficiente precisione gli eventi termici estremi. Le analisi urbane richiedono infatti dati aggiornati e processi manuali lenti. Ciò comporta la necessità di una soluzione scalabile che integri immagini, point cloud e modelli AI.

Soluzioni sviluppate

Il progetto adotta una combinazione di modelli di diffusione addestrati su dataset climatici storici ad alta risoluzione e pipeline di deep learning per l'estrazione automatica delle caratteristiche edilizie. L'utilizzo delle risorse HPC permette di gestire dataset di dimensioni molto elevate, come le point cloud urbane da 20 TB, e di addestrare modelli complessi mantenendo precisione e stabilità.

Impatti

Le tecnologie sviluppate consentono di migliorare la previsione di fenomeni estremi e di supportare le strategie di adattamento climatico. Una maggiore accuratezza delle previsioni contribuisce alla riduzione dell'esposizione ai rischi, migliorando la sicurezza delle comunità e favorendo interventi mirati per aumentare la resilienza delle città.

Settori di applicazione

I risultati potranno essere usati per sviluppare sistemi di allerta avanzati, strumenti per simulare scenari climatici complessi e modelli assicurativi più precisi. In ambito urbano, le metodologie saranno estese a dataset di scala metropolitana e integrate in soluzioni per smart city, gestione del rischio e monitoraggio infrastrutturale. Con l'evoluzione dell'hardware e l'aumento di dati disponibili, questi strumenti potranno diventare operativi su larga scala.

SCP - Serial Code Porting on HPC & Quantum Computing

Aree Tematiche: Security, Software, Artificial Intelligence, Quantum Computing, New Technologies

Tipo di progetto: Progetto di innovazione

Tecnologia sviluppata: Porting di algoritmi di machine learning su architetture HPC e Quantum Computing per il rilevamento tempestivo di minacce informatiche

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Coordinatore: Sogei SPA

Partner: Politecnico di Milano, Università Milano-Bicocca, Università di Roma - Tor Vergata

Sintesi del progetto

Il progetto SCP nasce dall'esigenza di migliorare la rapidità con cui vengono rilevate e classificate minacce informatiche in contesti caratterizzati da un traffico dati elevato. Nei moderni ambienti digitali, la sicurezza richiede sistemi capaci di analizzare in tempo reale flussi complessi, individuando anomalie anche minime nel comportamento delle reti. Il porting del codice seriale verso piattaforme HPC e Quantum Computing consente di accelerare in modo significativo le analisi, offrendo strumenti più reattivi e adatti alle esigenze operative della cybersecurity.

Obiettivi

L'obiettivo principale è incrementare la velocità e l'affidabilità dei modelli ML impiegati per la rilevazione di minacce e anomalie nei sistemi informatici. SCP punta a riscrivere gli algoritmi tradizionali in forma parallelizzata, valutando anche l'impiego di tecnologie quantistiche per compiti complessi come la feature selection.

Problemi e necessità

I sistemi attuali di analisi del traffico di rete e dei log di sistema sono spesso troppo lenti per affrontare minacce moderne che evolvono in pochi istanti. Inoltre, molti algoritmi di ML sono nati per architetture seriali e non sono ottimizzati per sfruttare realmente la parallelizzazione

o le capacità di calcolo emergenti. Il progetto affronta proprio questo limite tecnico.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha sperimentato diverse strategie: parallelizzazione del codice attraverso librerie HPC, utilizzo di architetture quantistiche per la feature selection, clustering avanzato e ottimizzazione dei workflow ML. L'utilizzo delle risorse HPC è stato essenziale per ridurre i tempi di addestramento e analisi, mentre gli algoritmi quantistici hanno mostrato potenzialità nell'esplorazione rapida di spazi di soluzioni complessi.

Impatti

Grazie alle soluzioni sviluppate, è possibile migliorare la capacità di reazione ai tentativi di intrusione, proteggere dati sensibili e aumentare la fiducia nei servizi digitali. La maggiore velocità dei modelli permette alle aziende e alle istituzioni di intercettare attività sospette prima che evolvano in attacchi, riducendo rischi operativi e impatti economici. Inoltre, la parallelizzazione dei processi consente una migliore gestione delle risorse computazionali e una riduzione dei tempi di elaborazione.

Settori di applicazione

La tecnologia sviluppata potrà essere integrata direttamente nelle infrastrutture operative, ad esempio tramite sonde installate nel traffico di rete che analizzano i dati in tempo reale. L'approccio è replicabile anche in altre organizzazioni, grazie alla modularità dei modelli e all'uso di workflow ML ormai consolidati. Potrà inoltre essere adottato in ambiti come il monitoraggio delle infrastrutture critiche o la protezione dei servizi governativi.

ATS – Anomalies in Time Series

Aree Tematiche: Software, Artificial Intelligence, New Technologies

Tipo di progetto: Progetto di innovazione

Tecnologia sviluppata: Tecniche ML per rilevamento anomalie in serie temporali condivise tra domini bancari e astrofisici

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Coordinatore: Intesa San Paolo SPA

Partner: INAF, INFN

Sintesi del progetto

ATS sviluppa una soluzione robusta e riutilizzabile per individuare anomalie in serie temporali. Il progetto integra tecniche di clustering, densità, metodi predittivi e approcci supervisionati e non supervisionati applicabili sia in ambito bancario che nell'analisi dei dati astrofisici.

Obiettivi

L'obiettivo principale del progetto è realizzare una libreria flessibile in grado di identificare in modo coerente e affidabile pattern anomali in serie temporali eterogenee. ATS mira a creare strumenti che possano essere impiegati sia da istituti finanziari sia da enti di ricerca, permettendo una rapida estensione a nuovi dataset. Inoltre, un ulteriore obiettivo è garantire che gli algoritmi implementati favoriscano la condivisione e il miglioramento continuo da parte della comunità scientifica e tecnologica.

Problemi e necessità

Le serie temporali mostrano anomalie rare e difficili da intercettare. Nei dati bancari possono infatti indicare frodi o problemi di qualità. D'altro canto, la loro presenza in astrofisica è indice della presenza di eventi rari o difetti strumentali.

Soluzioni sviluppate

ATS affronta queste sfide attraverso lo sviluppo di una libreria Python open-source che integra differenti metodologie di anomaly detection. Le tecniche implementate includono metodi basati sulla densità, algoritmi predittivi e approcci supervisionati e non supervisionati. Le risorse HPC hanno consentito il pre-processing

e l'addestramento dei modelli predittivi. L'adozione di un framework modulare permette agli utenti di selezionare facilmente i metodi più adatti al proprio dominio applicativo.

Benefici e ricadute

Le soluzioni sviluppate consentono di individuare anomalie con maggiore precisione, migliorando la qualità complessiva dei dati analizzati. In ambito bancario questo può tradursi in una riduzione dei rischi operativi derivanti da frodi o errori. Nel settore astrofisico, invece, l'identificazione di eventi rari permette di ottimizzare i processi di osservazione e di validazione scientifica. Inoltre, la disponibilità di una libreria riutilizzabile favorisce l'integrazione di queste tecniche in nuovi progetti, ampliando le possibilità applicative.

Settori che possono beneficiare

La libreria potrà essere utilizzata per analisi scientifiche, rilevazione di frodi, monitoraggio industriale e controllo qualità nei sistemi tecnologici. La sua versatilità la rende adatta a qualunque contesto in cui siano disponibili serie storiche e serva uno strumento affidabile di analisi automatica.

TS – Time Series in the Banking Sector

Aree Tematiche: Software, Artificial Intelligence, Industry, Finance

Tipo di progetto: Progetto di innovazione

Tecnologia sviluppata: Modelli ML per classificazione e previsione di eventi rari in serie temporali bancarie

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 3

Coordinatore: Intesa San Paolo SPA

Partner: INAF, Università di Roma – Tor Vergata

Sintesi del progetto

TS nasce dalla necessità di affrontare la complessità delle serie temporali del settore bancario, costituite da eventi discontinui come transazioni, ritardi di pagamento o segnali di rischio. In questi contesti, gli eventi da identificare – come frodi, segnali di default o fenomeni di abbandono dei clienti (churn) – sono rari ma estremamente rilevanti. TS applica tecniche di Machine Learning in grado di modellare dinamiche irregolari, riconoscere pattern deboli e fornire previsioni utili ai processi decisionali delle strutture finanziarie. L'uso di dataset altamente variabili richiede metodi robusti che sappiano gestire rumore, assenza di continuità e target fortemente sbilanciati.

Obiettivi

L'obiettivo principale consiste nello sviluppo di modelli predittivi capaci di operare in presenza di eventi rari e di fornire valutazioni affidabili anche quando i dati sono incompleti o molto variabili. TS mira inoltre a costruire strumenti replicabili su più casi d'uso, così da applicare lo stesso approccio a diversi ambiti del settore bancario, come il rischio di credito, la qualità del dato e l'analisi del churn. Un ulteriore obiettivo è migliorare la comprensibilità dei segnali così da permettere ai team operativi di agire tempestivamente.

Problemi e necessità

Le serie bancarie sono basate su eventi sporadici e target rari. Per stimare correttamente fenomeni come frodi, default o churn e controllare la qualità dei dati, c'è quindi bisogno di

sistemi adeguati in grado di far emergere anomalie significative.

Soluzioni sviluppate

Il progetto esplora diverse tecniche di machine learning per la classificazione degli eventi e per la stima della probabilità di fenomeni come frodi, default o abbandono del servizio. L'uso del dataset dedicato alla qualità del dato funge da caso di studio principale, mentre ulteriori dataset – se disponibili – permettono di verificare la capacità dei modelli di adattarsi a contesti differenti. La pipeline sperimentata consente di confrontare vari algoritmi e valutare la loro efficacia nel cogliere anomalie e comportamenti inattesi.

Impatti

L'adozione di modelli predittivi basati su TS consente di migliorare le analisi decisionali in ambito bancario, offrendo strumenti più affidabili per il monitoraggio dei rischi e la valutazione dei comportamenti anomali. Una migliore capacità di identificare eventi rari permette di ridurre i rischi operativi, migliorare la qualità del dato e supportare interventi mirati da parte delle strutture competenti. Inoltre, il progetto contribuisce a rafforzare l'efficienza complessiva dei processi finanziari e analitici.

Settori di applicazione

TSBS potrà essere integrato nei flussi quotidiani di gestione dei dati, diventando uno strumento di riferimento per l'analisi e la validazione delle serie storiche interne. La libreria potrà crescere nel tempo e adattarsi a nuove esigenze della banca o a nuovi modelli di rilevazione.

RETE - Resilience of the Electric Transmission grid to Extreme events

Aree Tematiche: Energy, Climate, Environment, Infrastructure, Territory, Artificial Intelligence, Engineering (applications)

Tipo di progetto: Progetto di innovazione

Tecnologia sviluppata: Metodologie multi-scala per analisi dei rischi climatici applicate alla rete di trasmissione nazionale, con downscaling AI e modelli di stabilità dei versanti

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 4

Coordinatore: Terna Italia SPA

Partner: Università di Trento, Università di Bari, Università del Salento, Politecnico di Bari, FBK, ENEA, CNR, CMCC

Sintesi del progetto

RETE nasce dalla crescente necessità di valutare l'esposizione della rete elettrica nazionale ai rischi derivanti da eventi meteorologici intensi e dal cambiamento climatico. Fenomeni come piogge estreme, frane e instabilità del terreno possono compromettere la continuità del servizio, causando impatti economici e sociali rilevanti. RETE combina modelli geotecnici, analisi strutturali e simulazioni climatiche ad alta risoluzione per identificare le zone più vulnerabili.

Obiettivi

L'obiettivo principale è costruire una metodologia robusta capace di collegare cambiamenti climatici su larga scala alle loro manifestazioni locali, valutando gli impatti potenziali lungo la rete di trasmissione elettrica. RETE punta a migliorare l'efficienza delle analisi, fornire strumenti più accurati alla pianificazione e sviluppare approcci replicabili in vari contesti territoriali, supportando anche gli enti gestori nelle attività di prevenzione, manutenzione e investimento strategico.

Problemi e necessità

Gli attuali sistemi di pianificazione del rischio non dispongono di metodi integrati che colleghino i cambiamenti climatici alle risposte geotecniche del suolo nel breve termine.

L'aumento degli eventi estremi rende necessario un approccio che unisca modellistica climatica, analisi geotecnica e valutazioni di rete, così da identificare in anticipo punti critici e scenari futuri di vulnerabilità.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha sviluppato modelli di stabilità dei versanti, mappe di suscettibilità da frana a livello nazionale e tecniche di downscaling AI per aumentare la risoluzione delle simulazioni climatiche. Sono state inoltre realizzate simulazioni numeriche ad alta risoluzione per analizzare la risposta del terreno alle sollecitazioni meteo e modelli di rete per identificare i nodi critici della trasmissione elettrica.

Benefici e ricadute

Le tecnologie sviluppate contribuiscono a migliorare la resilienza del sistema elettrico nazionale, riducendo il rischio di interruzioni del servizio e supportando la pianificazione territoriale. Le analisi integrate permettono di fornire strumenti solidi alla protezione civile per la gestione delle emergenze.

Settori che possono beneficiare

Le metodologie sviluppate possono essere estese ad altre tipologie di rischio — vento forte, ondate di calore, gelate — e ad altre infrastrutture strategiche come ferrovie, reti idriche o telecomunicazioni. I modelli potranno inoltre essere integrati nei processi decisionali di protezione civile, pianificazione territoriale e gestione delle emergenze. TERNA utilizzerà i risultati per orientare investimenti e interventi sulla rete.

OSM - Oil Spill Monitoring Software - Predictive modeling of pollutant propagation following an oil spill accident in the sea

Aree Tematiche: Environment, Climate, Engineering (applications), Software, Artificial Intelligence

Tipo di progetto: Progetto di innovazione

Tecnologia sviluppata: Simulazioni OpenFOAM e modelli HPC per la previsione della dispersione di inquinanti in mare

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 5

Coordinatore: Sogei SPA

Partner: ENEA, Politecnico di Bari, Università di Bari

Sintesi del progetto

OSM nasce dall'esigenza di migliorare la capacità di risposta in caso di incidenti che comportano lo sversamento di idrocarburi nel Mediterraneo. La dispersione dei contaminanti dipende da molte variabili - tra cui correnti, moto ondoso, viscosità e geometria del getto - che rendono difficile prevedere correttamente l'evoluzione del fenomeno. OSM sviluppa un sistema di simulazione che costituisce una base solida per valutare rapidamente la propagazione degli inquinanti e supportare le autorità nella gestione delle emergenze.

Obiettivi

OSM mira a realizzare modelli parametrici che consentano di valutare diversi scenari della dispersione degli inquinanti nel mare modificando variabili come altezza dell'onda, diametro del getto, condizioni di turbolenza e caratteristiche dei fluidi. L'iniziativa punta anche a creare strumenti scalabili che possano essere utilizzati durante emergenze reali, adattandoli a contesti con geometrie e condizioni ambientali differenti.

Problemi e necessità

La dinamica di un inquinante in mare dipende da molti fattori: moto ondoso, correnti, geometria del fondale e caratteristiche del fluido. Senza strumenti di simulazione ad alta risoluzione, prevedere l'evoluzione di uno sversamento diventa difficile. OSM risponde alla necessità di

combinare modelli fisici avanzati, dati ambientali e potenza di calcolo per generare previsioni rapide e affidabili.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha costruito un primo ambiente di simulazione capace di riprodurre il comportamento di un getto turbolento in condizioni marine realistiche. È stato definito un caso di studio completo, generata una mesh 3D di milioni di celle e realizzata una prima validazione confrontando i risultati con modelli teorici. Per migliorare la qualità delle previsioni, sono stati condotti test su risorse HPC, permettendo di simulare scenari complessi in poche ore anziché giorni. Sono stati inoltre sperimentati parametri fisici differenti - altezza delle onde, geometria del getto, dimensioni del dominio - così da comprendere come varia la dispersione in condizioni ambientali diverse.

Benefici e ricadute

Il progetto permette di migliorare la preparazione e la capacità di risposta durante incidenti ambientali, fornendo previsioni più tempestive e realistiche sulla dispersione degli inquinanti. Le simulazioni aiutano le autorità competenti a valutare l'estensione del danno, a stabilire priorità di intervento e a ottimizzare le strategie di contenimento.

Settori che possono beneficiare

La piattaforma potrà essere usata per fornire: previsioni operative in caso di sversamenti reali, supporto alla Guardia Costiera per piani di intervento, analisi ambientali e studi di impatto, strumenti per il monitoraggio costiero e la prevenzione. Con l'esenzione a scale maggiori, le simulazioni potranno inoltre essere integrate con modelli meteo-marini complessi e utilizzate per sviluppare sistemi di monitoraggio in tempo reale.

AIFEMO – AI-Optimized Fuel Efficiency in Maritime Operations

Aree Tematiche: Mobility / Energy / Artificial Intelligence / Software

Tipo di Progetto: Fondi d'Innovazione

Tecnologia sviluppata: algoritmi di ottimizzazione basati su AI per rotte marittime e configurazioni propulsive a basso consumo.

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 9

Coordinatore: Fincantieri

Partner: Università di Napoli

Sintesi del progetto

AIFEMO nasce da un'esigenza sempre più urgente nel settore marittimo: ottimizzare i consumi di carburante e ridurre le emissioni attraverso strategie di navigazione più intelligenti. Il progetto sviluppa un modello di AI capace di suggerire rotte e configurazioni di bordo più efficienti, tenendo conto di condizioni meteomarine, prestazioni del motore e variabili operative. L'obiettivo è rendere il trasporto marittimo più sostenibile e competitivo, sfruttando gli strumenti offerti dal machine learning e dall'HPC.

Obiettivi

Il progetto punta a costruire una piattaforma che supporti i comandanti e gli operatori nella scelta della rotta migliore, ottimizzando consumi e tempi di viaggio. Per il settore, significa poter ridurre costi operativi, migliorare le prestazioni ambientali e rispettare normative sempre più stringenti sulle emissioni.

Problemi e necessità affrontate

Il settore navale gestisce grandi quantità di dati ambientali e operativi, spesso poco sfruttati. Senza strumenti intelligenti è difficile prevedere scenari meteo-marini, modulare i consumi e pianificare rotte efficienti, con conseguente incremento dei costi e delle emissioni.

Soluzioni sviluppate

Il progetto sta definendo algoritmi AI per ottimizzare le rotte in funzione delle condizioni del mare e dei parametri energetici. Le simulazioni

fornite dal simulatore CETENA permettono di creare dataset realistici per l'addestramento dei modelli e identificare configurazioni ad alta efficienza.

Impatti

Il progetto contribuisce a un trasporto marittimo più sostenibile, riducendo emissioni e sprechi di carburante. Per le compagnie di navigazione significa risparmio economico; per la società, meno inquinamento e rotte più responsabili. AIFEMO rafforza inoltre la posizione dell'Italia nel campo delle applicazioni AI per il settore marittimo.

Settori di applicazione

Oltre alla navigazione commerciale, l'approccio è applicabile alla logistica, all'aviazione e alla mobilità intelligente. Le tecnologie sviluppate possono supportare decisioni operative e strategie di ottimizzazione in contesti ad alta intensità energetica.

AIND – Personalized Data-Driven Prevention of Neurodegenerative Disorders

Aree Tematiche: Health/Medicine / Artificial Intelligence / Software

Tipo di Progetto: Fondi d'Innovazione

Tecnologia sviluppata: datalake multiscala, modelli predittivi basati su AI, digital twin e analisi statistica avanzata.

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 8

Coordinatore: IFAB

Partner: Università di Napoli, Politecnico di Bari

Sintesi del progetto

AIND si rivolge a una delle principali sfide della medicina moderna, quella che riguarda la prevenzione delle malattie neurodegenerative prima che compaiano i sintomi. Alzheimer e Parkinson colpiscono decine di milioni di persone, e quando la diagnosi arriva, il cervello è già stato danneggiato per oltre un decennio. Il progetto sviluppa un approccio basato su intelligenza artificiale, grandi dataset clinici e infrastrutture sicure per stimare con anticipo il rischio individuale, aprendo la strada a interventi preventivi e trattamenti precoci.

Obiettivi

L'obiettivo è costruire strumenti predittivi in grado di calcolare, per ogni persona, la probabilità di sviluppare Alzheimer nei successivi 3-10 anni. Questo cambio di paradigma – dalla diagnosi tardiva alla prevenzione personalizzata – permette di migliorare la qualità della vita e rendere sostenibili i sistemi sanitari di fronte all'invecchiamento globale.

Problemi e necessità affrontate

Oggi la diagnosi arriva quando i sintomi sono già evidenti, cioè troppo tardi per intervenire efficacemente. I dati utili alla prevenzione – test cognitivi, imaging cerebrale, dati clinici, biomarcatori – sono dispersi in archivi eterogenei, difficili da armonizzare e soggetti a forti vincoli etici e normativi. AIND risponde alla necessità di integrarli in un'unica piattaforma sicura e utilizzabile per addestrare modelli di previsione avanzati.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha realizzato un primo prototipo di Datalake, ha selezionato modelli predittivi di progressione delle NDD e ha identificato algoritmi AI per la stima del rischio in soggetti asintomatici. Sono state inoltre definite le linee etiche e regolatorie e sviluppate rappresentazioni digitali dei pazienti per simulare scenari clinici.

Benefici e ricadute

La possibilità di individuare precocemente chi è più esposto permette interventi tempestivi e percorsi preventivi personalizzati, con potenziali ricadute positive sui costi sanitari e sulla qualità di vita. Il progetto contribuisce inoltre allo sviluppo della medicina predittiva e della ricerca traslazionale.

Settori che possono beneficiare dei risultati

Il progetto svilupperà nel prossimo futuro un'interfaccia clinica che consenta ai medici di ottenere rapidamente una valutazione personalizzata del rischio e che favorirà l'applicazione della metodologia anche ad altre patologie: cardiovascolari, diabete, altre forme di neurodegenerazione – ovunque esistano dati longitudinali e fattori di rischio misurabili.

ARCADIT – Asset Recognition and Classification through segmentation Algorithms for Digital Twin

Aree Tematiche: Mobility / Infrastructure

Tipo di Progetto: Fondi d'Innovazione

Tecnologia sviluppata: algoritmi di segmentazione e riconoscimento di asset ferroviari basati su elaborazione di nuvole di punti.

Spoke ICSC coinvolto: Spoke 6

Coordinatore: FS Engineering SpA

Partner: Università di Pisa

Sintesi del progetto

ARCADIT risponde a una necessità crescente nel settore ferroviario: trasformare i rilievi LiDAR, sempre più densi e complessi, in modelli digitali utili alla gestione dell'infrastruttura. L'analisi manuale di milioni di punti richiede tempi lunghissimi e competenze specialistiche. Il progetto sviluppa un workflow automatizzato per riconoscere e classificare gli asset ferroviari direttamente dalle point cloud, creando così la base per Digital Twin affidabili e aggiornabili.

Obiettivi

L'obiettivo è semplificare e velocizzare la generazione di modelli geometrici e informativi delle infrastrutture. Una classificazione automatica consente di ridurre drasticamente l'intervento umano, migliorare la qualità dei dati, aumentare la scalabilità dei processi e integrare informazioni essenziali nelle piattaforme di gestione ferroviaria

Problemi e necessità affrontate

Le nuvole di punti (point cloud) generate dal settore ferroviario contengono milioni di dati difficili da analizzare manualmente. La classificazione tradizionale richiede tempo, competenze specifiche e introduce margini di errore. Diventa quindi necessario disporre di strumenti scalabili che permettano di trattare dataset molto estesi garantendo precisione e continuità operativa.

Soluzioni sviluppate

ARCADIT elabora automaticamente le nuvole di punti utilizzando tecniche di filtraggio,

clustering e riconoscimento assistito da algoritmi. Il flusso di lavoro viene applicato a dati ferroviari reali e consente l'esportazione in formati interoperabili. L'uso di capacità di calcolo avanzato permette di gestire dataset complessi e di iterare rapidamente l'esecuzione dei processi.

Benefici e ricadute

La soluzione permette di ridurre tempi e costi di analisi, aumentare l'accuratezza delle informazioni e supportare attività fondamentali come inventario, monitoraggio e manutenzione. I vantaggi si riflettono sulla continuità del servizio ferroviario, sulla sicurezza e sulla qualità della gestione infrastrutturale.

Settori che possono beneficiare dei risultati

Oltre al settore ferroviario, la metodologia può essere applicata ad altri ambiti dell'ingegneria civile, delle infrastrutture stradali e dei servizi urbani. Le applicazioni includono la creazione di Digital Twin, la pianificazione degli interventi e la gestione di patrimoni complessi grazie a strumenti basati su HPC, supercalcolo e analisi avanzata dei dati.

ASD-ASGARD – Atomistic Simulation and Defect Formation in Graphene-Based Coatings

Aree Tematiche: Materials / Mobility / Industry / New Technologies

Tipo di Progetto: Fondi d'Innovazione

Tecnologia sviluppata: simulazioni quantistiche e modelli predittivi per comprendere adesione, difetti e comportamento dinamico dei rivestimenti in grafene.

Spoke ICSC coinvolto: Spoke 7

Coordinatore: Leonardo

Partner: CNR, ENEA, SISSA, Università Milano-Bicocca, Università di Firenze, Università di Pisa, Università di Torino, Università di Trieste

Sintesi del progetto

ASGARD nasce per affrontare un problema comune a settori come automotive, aviazione e spazio: la resistenza aerodinamica. Quando un veicolo si muove nell'aria, una parte significativa dell'energia viene "persa" per vincere l'attrito, con impatti diretti su consumi, prestazioni e emissioni. Alle alte velocità – soprattutto in regime supersonico o ipersonico – questo fenomeno diventa ancora più critico, mettendo sotto stress superfici e rivestimenti che si deteriorano rapidamente. Il progetto esplora l'uso del grafene per creare coating innovativi in grado di ridurre il drag e aumentare la durabilità dei materiali.

Obiettivi

L'obiettivo è comprendere in profondità come il grafene si comporta come rivestimento ultrasottile, come interagisce con l'aria in condizioni estreme e come eventuali difetti ne influenzano le prestazioni. Questo permette di progettare materiali più efficienti, resistenti e in grado di offrire vantaggi multipli: minore attrito, minore sporcamento, superfici più durevoli e potenzialmente autopulenti.

Problemi e necessità affrontate

Le superfici di auto, velivoli e sistemi ad alta velocità affrontano stress intensi che causano degrado rapido, perdita di prestazioni e costi

di manutenzione elevati. I materiali tradizionali non sempre resistono a condizioni operative estreme. Per questo diventa prioritario individuare rivestimenti che riducano l'attrito e mantengano le loro proprietà nel tempo.

Soluzioni sviluppate

Attraverso simulazioni quantistiche e dinamiche molecolari, il progetto ha analizzato l'adesione del grafene ai substrati industriali e l'effetto dei difetti sulla stabilità meccanica. È stato costruito un modello neurale capace di prevedere l'interazione tra superfici in grafene e molecole d'aria ad alta velocità, consentendo simulazioni dettagliate senza ricorrere a esperimenti complessi. Le analisi spettroscopiche teoriche supportano inoltre la verifica dei campioni reali.

Benefici e ricadute

La comprensione approfondita delle proprietà del grafene permette di valutare soluzioni che riducono i consumi energetici, migliorano la resistenza all'usura e diminuiscono i costi di manutenzione. Rivestimenti più stabili possono aumentare l'efficienza e la sicurezza di componenti operanti in condizioni severe.

Settori che possono beneficiare dei risultati

Le metodologie sviluppate hanno applicazioni nell'automotive, nell'aerospazio e nei materiali avanzati. L'approccio è utile nello studio di superfici resistenti, autopulenti o anti-ghiaccio, e può essere adattato a progetti dedicati allo sviluppo di rivestimenti innovativi per diversi settori industriali.

ASTRAL – Infrastructural and Environmental Monitoring through Predictive Models and Deep Learning

Aree Tematiche: Infrastructure / Mobility / Environment

Tipo di Progetto: Fondi d'Innovazione

Tecnologia sviluppata: integrazione di modelli predittivi, analisi geospaziale e algoritmi di Deep Learning per il monitoraggio strutturale.

Spoke ICSC coinvolto: Spoke 6

Coordinatore: Thales Alenia Space Italia SPA

Partner: Università di Bologna, Autostrade per l'Italia SPA, Tecne SPA, ENI SPA, Engineering Ingegneria Informatica Spa, IFAB, Leonardo SPA, Politecnico di Milano, Terna Rete Italia SPA, Università di Pisa, Università di Torino

Sintesi del progetto

ASTRAL nasce per affrontare un problema sempre più rilevante nella gestione delle infrastrutture: monitorare tempestivamente lo stato di ponti, viadotti e opere civili per prevenire danni, ridurre rischi e ottimizzare gli interventi di manutenzione. I sistemi tradizionali richiedono molte risorse e non sempre riescono a individuare segnali deboli di degrado. Il progetto introduce un approccio differenziale basato su reti neurali e modelli predittivi che permette di individuare rapidamente anomalie e cambiamenti strutturali significativi.

Obiettivi

L'obiettivo è mettere a punto un sistema intelligente che analizzi immagini, dati sensoriali e rilievi in modo automatico, riconoscendo variazioni rispetto allo stato precedente dell'infrastruttura. Questo consente interventi più mirati, una gestione più efficiente delle risorse e una maggiore sicurezza operativa lungo la rete ferroviaria.

Problemi e necessità affrontate

Il controllo delle infrastrutture avviene spesso con strumenti separati, con analisi lente e reattive. Con reti estese e fenomeni meteorologici intensi, diventa necessario disporre di una visione continua e coerente che permetta di

leggere i segnali deboli prima che sfocino in criticità.

Soluzioni sviluppate

Il progetto integra dati da sensori e fonti territoriali in un'unica piattaforma. I modelli predittivi vengono addestrati su serie storiche, mentre gli algoritmi analizzano in tempo reale eventuali deviazioni nei comportamenti strutturali. Completano il sistema una mappatura dei rischi e funzioni dedicate alla valutazione degli eventi sismici.

Impatti

La piattaforma consente una gestione più ordinata e preventiva, riducendo interventi urgenti e garantendo maggiore continuità del servizio. Le strutture possono essere controllate con criteri uniformi e basati su dati oggettivi, migliorando sicurezza, programmazione delle attività e trasparenza delle decisioni.

Settori di applicazione

Oltre alla rete autostradale, il metodo è replicabile per infrastrutture energetiche, reti idriche e contesti urbani complessi. Strumenti basati su analisi avanzata, HPC e modelli predittivi possono supportare il monitoraggio diffuso di sistemi territoriali articolati.

ATOS – Automatic Troubleshooting for Onboard Ship Systems

Aree Tematiche: Mobility / Industry / Artificial Intelligence / Software

Tipo di Progetto: Fondi d'Innovazione

Tecnologia sviluppata: algoritmi di fault localization, workflow di troubleshooting semi-automatico basati su RAG e moduli di anomaly detection.

Spoke ICSC coinvolto: Spoke 9

Coordinatore: Fincantieri SPA

Partner: Università di Milano – Bicocca

Sintesi del progetto

ATOS intende per affrontare una sfida critica del settore marittimo: aumentare l'affidabilità dei complessi sistemi di bordo, dove componenti meccanici, hardware e software convivono in ambienti dinamici e spesso stressanti e dove singolo malfunzionamento può influire sulla sicurezza, rallentare le operazioni o causare costosi fermi nave. Il progetto introduce un approccio diagnostico innovativo basato su intelligenza artificiale, analisi automatizzata dei dati e procedure di troubleshooting supportate da modelli linguistici avanzati, per individuare rapidamente la causa di un problema e guidare il personale di bordo nelle azioni correttive.

Obiettivi

L'obiettivo è creare un sistema che identifichi in modo automatico guasti e anomalie, riducendo drasticamente i tempi di intervento e aumentando la resilienza operativa della nave. Ciò significa maggiore sicurezza per equipaggi e passeggeri, meno downtime, costi più contenuti e un passo avanti nella digitalizzazione del settore navale.

Problemi e necessità affrontate

Le navi moderne integrano decine di sottosistemi interconnessi: motori, sensori, software di controllo, apparati di comunicazione e sistemi energetici. In questo scenario, individuare manualmente la causa di un guasto è complesso e richiede competenze avanzate. L'aumento

della complessità tecnologica, unito alla crescente interconnessione, rende indispensabile uno strumento che supporti gli operatori e riduca il rischio di errore umano, migliorando al contempo sicurezza e continuità operativa.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha sviluppato un prototipo di fault localization con human-in-the-loop, algoritmi avanzati per gestire la propagazione delle anomalie e workflow di troubleshooting basati su RAG che sfruttano documentazione tecnica strutturata. Sono stati inoltre definiti moduli per l'estrazione automatica di conoscenza dai manuali e per il monitoraggio continuo dei sistemi.

Benefici e ricadute

Le tecnologie ATOS riducono tempi di fermo, aumentano la sicurezza e migliorano l'efficienza operativa. L'automazione supporta gli operatori, alleggerendo il carico cognitivo e migliorando la risposta alle emergenze. Il metodo è applicabile anche in settori come aerospazio, automotive ed energia.

Settori che possono beneficiare dei risultati

ATOS può essere integrato nei sistemi di bordo delle navi commerciali e militari, supportando in tempo reale le decisioni degli operatori. Le sue metodologie sono trasferibili anche ad altri settori ad alta complessità: aerospazio, automotive, energia, infrastrutture critiche. In prospettiva, il sistema potrà evolvere in veri e propri assistenti intelligenti, capaci di raccomandare strategie operative basate sull'esperienza accumulata e su dati storici.

AWAD – Agro-industrial Waste Valorization through Machine-Learning Accelerated Design

Aree Tematiche: Environment / Industry / Materials / Artificial Intelligence

Tipo di Progetto: Fondi d'Innovazione

Tecnologia sviluppata: simulazioni accelerate da tecniche di Machine Learning per progettare biofiller da scarti agro-industriali.

Spoke ICSC coinvolto: Spoke 7

Coordinatore: IFAB

Partner: CNR, Università di Pisa, Università di Trieste

Sintesi del progetto

AWAD affronta un problema cruciale per la sostenibilità: la gestione degli scarti agroindustriali e l'impatto ambientale della plastica tradizionale. Ogni anno, enormi quantità di residui agricoli vengono scartati, mentre la produzione di plastiche non biodegradabili continua a crescere. Il progetto mira a valorizzare questi scarti, trasformandoli in bio-riempitivi (biofiller) da incorporare nei materiali plastici, creando così materiali biocompositi più ecologici. Per farlo, AWAD utilizza metodi avanzati basati su intelligenza artificiale per progettare trattamenti termici e processi di funzionalizzazione ottimali.

Obiettivi

L'obiettivo principale è rendere possibile l'utilizzo degli scarti agricoli come componenti sostenibili per plastiche a minor impatto ambientale. Il progetto punta a identificare strategie di stabilizzazione termica e procedure di selezione personalizzate dei biofiller, così da produrre materiali performanti e allo stesso tempo biodegradabili. Questa combinazione rappresenta un passo verso la creazione di una filiera circolare per la plastica.

Problemi e necessità affrontate

L'industria della plastica si scontra con due sfide fondamentali: ridurre l'uso di materiali non biodegradabili e trovare alternative sostenibili che non compromettano le prestazioni. Allo

stesso tempo, il settore agroindustriale continua a generare grandi quantità di scarti spesso difficili da smaltire. AWAD affronta entrambi i problemi attraverso una soluzione unica: trasformare i rifiuti in risorse, riducendo l'impatto ambientale dei materiali e contribuendo a una gestione più responsabile dei residui agricoli.

Soluzioni sviluppate

Nel corso del progetto, sono stati ottenuti risultati significativi che gettano le basi per la produzione di biocompositi più ecologici. Grazie a simulazioni accelerate da tecniche di Machine Learning, è stato individuato **un nuovo meccanismo responsabile della formazione di specie azotate indesiderate durante il trattamento termico delle biomasse**, un'informazione preziosa per ottimizzare i processi industriali e ridurre composti nocivi.

Impatti

Il progetto apre alla produzione di plastiche composte con minore impatto ambientale e favorisce la valorizzazione economica degli scarti agricoli. Il risultato è una filiera più circolare, con benefici ambientali e industriali.

Settori che possono beneficiare dei risultati

I risultati del progetto potranno tradursi in **biofillers commerciali** per molteplici tipi di plastiche, riducendone la quantità di materiale non biodegradabile e migliorandone la sostenibilità. Se i processi di progettazione continueranno a mostrare risultati promettenti, le nuove formulazioni potranno essere protette tramite proprietà intellettuale e portate sul mercato come materiali innovativi e circolari.

Civic Digital Twin – CDT

Aree Tematiche: Society/Smart Cities / Mobility / Infrastructure / Artificial Intelligence / Software

Tipo di Progetto: Fondi d'Innovazione

Tecnologia sviluppata: piattaforma di data integration e simulazione HPC-based, modelli predittivi urbani, metodologie di ingaggio civico.

Spoke ICSC coinvolto: Spoke 9

Coordinatore: Fondazione IU Rusconi Ghigi

Partner: Cineca, FBK, Università di Bologna, Università di Napoli

Sintesi del progetto

Il progetto CDT nasce dall'esigenza crescente di dotare le città di strumenti intelligenti in grado di supportare la pianificazione urbana, la gestione della mobilità e l'analisi del comportamento dei cittadini. Le amministrazioni devono affrontare scelte sempre più complesse – congestione del traffico, sostenibilità, qualità dell'aria, sicurezza – senza sempre disporre di strumenti predittivi che traducano i dati in decisioni efficaci.

Obiettivi

L'obiettivo principale è creare un ecosistema digitale che raccolga, analizzi e interpreti dati di mobilità e infrastrutture per sostenere politiche più efficienti, sostenibili e vicine ai bisogni dei cittadini. CDT vuole facilitare la collaborazione tra amministrazioni, stakeholder locali e comunità, mettendo a disposizione simulazioni e analisi utili per definire strategie urbane informate e condivise.

Problemi e necessità affrontate

Le città devono oggi gestire un volume crescente di dati e una complessità urbana che rende difficile la pianificazione tradizionale. Le sfide principali riguardano: congestione del traffico, impatti ambientali, gestione e manutenzione delle infrastrutture, analisi dei comportamenti e degli spostamenti, necessità di prevedere l'impatto delle politiche prima

di implementarle. Il progetto affronta queste difficoltà integrando modelli predittivi, analisi comportamentale e tecnologie avanzate per fornire una rappresentazione digitale dinamica della città.

Soluzioni sviluppate

Sono stati sviluppati: una piattaforma HPC-Cloud sicura e scalabile basata su Open-Stack e Kubernetes; modelli e algoritmi avanzati per analisi e simulazione della mobilità; una metodologia strutturata per l'ingaggio di cittadini, enti pubblici, terzo settore e ricerca. AE' stata inoltre avviata una collaborazione diretta con il Comune di Bologna per la realizzazione di Gemello Digitale della Città.

Impatti

Il CDT migliora la qualità delle decisioni pubbliche attraverso simulazioni affidabili e analisi predittive. Favorisce una governance più trasparente, partecipata e inclusiva, contribuendo a politiche urbane più sostenibili e attente ai bisogni reali della comunità.

Settori che possono beneficiare dei risultati

Le tecnologie sviluppate potranno essere integrate nei processi decisionali delle amministrazioni locali, fungendo da piattaforma di supporto per la costruzione di scenari urbani, valutazione degli impatti e dialogo con i cittadini. Il sistema potrà inoltre evolversi per gestire simulazioni su larga scala, scenari di emergenza, interventi infrastrutturali e politiche innovative nel campo della sostenibilità e della trasformazione digitale delle città.

DIRECT – Digital twInS foR EmergenCy support

Aree Tematiche: Infrastructure / Smart Cities / Territory / Environment / Artificial Intelligence / Software

Tipo di Progetto: Fondi d'Innovazione

Tecnologia sviluppata: Digital Twin multifunzionale per emergenze, integrazione BIM, simulazioni HPC, sensoristica IoT e piattaforma DSS dinamica.

Spoke ICSC coinvolti: Spoke 9

Coordinatore: Sogei

Partner: Università di Salento, CNR, Università dell'Aquila, Università di Milano – Bicocca

Sintesi del progetto

DIRECT sviluppa un sistema digitale avanzato in grado di monitorare e prevedere l'impatto di eventi naturali o antropici su edifici, infrastrutture e persone. Il progetto realizza un Digital Twin dinamico di un distretto urbano, alimentato da sensori IoT e modelli fisici, per fornire una rappresentazione aggiornata e affidabile del territorio durante situazioni di emergenza. L'obiettivo è mettere a disposizione delle autorità uno strumento capace di guidare decisioni rapide e informate nelle prime fasi critiche di un disastro.

Obiettivi

DIRECT mira a creare un gemello digitale multifunzionale che integri dati realtime, modelli BIM e simulazioni per supportare piani di emergenza dinamici, monitorare lo stato delle infrastrutture e valutare i possibili scenari di rischio. Il sistema è pensato come un Decision Support System adattivo, utile sia nella gestione immediata dell'emergenza sia nelle attività di prevenzione e pianificazione a lungo termine.

Problemi e necessità affrontate

Le emergenze richiedono informazioni aggiornate e affidabili, ma i piani predefiniti non considerano la situazione reale del territorio. È necessario uno strumento integrato che combini dati BIM, simulazioni di collasso, IoT e modelli predittivi per migliorare tempestività e sicurezza.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha favorito una collaborazione strutturata tra enti di ricerca, aziende e amministrazioni locali, permettendo l'integrazione di dati territoriali e competenze eterogenee. È stata avviata la realizzazione di un Digital Twin con sensori IoT e reti ridondanti per acquisire informazioni robuste sullo stato degli edifici. Parallelamente, sono stati sviluppati modelli per simulare i meccanismi di collasso delle strutture, individuare zone sicure e validare piani di evacuazione attraverso simulazioni realistiche basate su modelli agent-based.

Benefici e ricadute

DIRECT potenzia la capacità delle autorità di gestire emergenze attraverso un sistema che fornisce dati aggiornati, riduce rischi per la popolazione e migliora l'allocazione delle risorse. Il progetto contribuisce anche agli obiettivi di sostenibilità europei, rafforzando la resilienza urbana e supportando le strategie di digitalizzazione nel settore AEC. I benefici si estendono alla sicurezza pubblica, alla tutela dell'ambiente e alla modernizzazione delle infrastrutture critiche.

Settori che possono beneficiare dei risultati

Oltre alla gestione delle emergenze urbane, il sistema può essere adottato da amministrazioni pubbliche, enti di protezione civile, gestori infrastrutturali e aziende che operano in contesti critici. Le metodologie di modellazione e le procedure digitali sono replicabili per monitorare beni culturali, siti industriali complessi e reti di servizi essenziali, contribuendo più in generale alla trasformazione digitale delle città e alla costruzione di comunità più sicure e resilienti.

ECII – Eco-scoring for Insurance Innovation

Aree Tematiche: Industry / Mobility / Artificial Intelligence / Software

Tipo di Progetto: Fondi d'Innovazione

Tecnologia sviluppata: ecoscoring basato su modelli statistici e AI per la valutazione del rischio assicurativo.

Spoke ICSC coinvolto: Spoke 9

Coordinatore: Intesa San Paolo SPA

Partner: Università degli Studi di Napoli Federico II

Sintesi del progetto

ECII nasce per rispondere a un'esigenza crescente del settore assicurativo: comprendere meglio il rapporto tra comportamento dei clienti, rischi assicurativi e dinamiche di prezzo. Il progetto studia se e come vi siano connessioni tra il livello di esposizione al rischio, gli indicatori ambientali e certe abitudini degli assicurati, con l'obiettivo di migliorare la capacità predittiva dei modelli e favorire politiche più sostenibili e responsabili.

Obiettivi

L'obiettivo principale del progetto è verificare l'esistenza di una correlazione tra l'"ecoscore" dei clienti e i premi assicurativi, così da integrare valutazioni comportamentali e ambientali nei prodotti dell'azienda. Parallelamente, il progetto mira a generare evidenze utili per creare modelli più accurati, capaci di favorire pratiche assicurative orientate alla sostenibilità e alla prevenzione del rischio.

Problemi e necessità affrontate

Il settore assicurativo opera in un contesto in cui i rischi evolvono rapidamente e non sempre gli strumenti tradizionali sono sufficienti per interpretarli. L'aumento degli eventi climatici estremi, la trasformazione degli stili di vita e la diffusione di comportamenti ad alto impatto rendono necessario comprendere meglio il legame tra abitudini individuali e probabilità di sinistro. ECII affronta quindi la mancanza di metriche integrate che combinino rischio, sostenibilità e comportamenti reali degli utenti.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha raccolto dati e costruito primi modelli statistici e di machine learning – tra cui clustering, feature selection e modelli econometrici – per valutare la solidità delle correlazioni ipotizzate. I risultati preliminari confermano l'esistenza di evidenze utili a supportare analisi più approfondite. Inoltre, ECII ha iniziato a definire scenari applicativi che integrano queste correlazioni nei prodotti assicurativi, aprendo la strada a strategie commerciali più personalizzate e a politiche orientate alla riduzione dei rischi.

Benefici e ricadute

Restituire ai clienti un quadro più chiaro dell'impatto dei propri comportamenti contribuisce ad aumentare consapevolezza e responsabilità, incoraggiando scelte più sostenibili. Per il settore, significa poter offrire servizi più mirati, ridurre i sinistri e promuovere modelli assicurativi che tengono conto sia del rischio economico sia dell'impatto ambientale. ECII rappresenta quindi un passo verso un mercato più efficiente, equo e innovativo.

Settori che possono beneficiare dei risultati

I risultati di ECII possono essere applicati non solo all'assicurazione auto, ma anche ad altri ambiti legati al comportamento degli utenti: smart mobility, servizi digitali, prodotti green, modelli payperuse o payhowyoulive. Università, enti regolatori e aziende possono sfruttare queste evidenze per sviluppare politiche più responsabili, sistemi di pricing innovativi e strumenti educativi volti a diffondere buone pratiche.

ECOSCORING – Eco-Scoring for Sustainable Insurance

Aree Tematiche: Industry / Mobility / Artificial Intelligence / Software / Environment

Tipo di Progetto: Fondi d'Innovazione

Tecnologia sviluppata: ecoscoring basato su modelli statistici e AI per valutare profili di guida e rischio assicurativo.

Spoke ICSC coinvolto: Spoke 9

Coordinatore: Intesa San Paolo SPA

Partner: Università di Napoli Federico II

Sintesi del progetto

ECOSCORING nasce per rispondere all'esigenza crescente, nel settore assicurativo, di comprendere meglio come i comportamenti degli utenti influenzino il rischio e, di conseguenza, i premi assicurativi. Il progetto analizza il rapporto tra ecoscore, abitudini di guida e livello di esposizione ai sinistri, con l'intento di costruire strumenti più accurati e sostenibili per la valutazione del rischio.

Obiettivi

L'obiettivo centrale è verificare se l'ecorecore possa diventare un indicatore affidabile nella costruzione dei prodotti assicurativi, aiutando a orientare i clienti verso comportamenti più responsabili. ECOSCORING mira inoltre a valutare il potenziale valore dell'ecorecore nelle strategie commerciali e nei processi di pricing, integrando nuove metriche che favoriscano una mobilità più sostenibile.

Problemi e necessità affrontate

Il settore assicurativo si trova spesso a lavorare con indicatori di rischio tradizionali che non catturano le trasformazioni in atto nella mobilità, né l'impatto dei comportamenti di guida sulla frequenza dei sinistri. In un contesto di crescente attenzione all'ambiente e alla sicurezza, l'assenza di metriche che integrino aspetti comportamentali e sostenibilità limita la capacità delle compagnie di proporre prodotti innovativi. ECOSCORING interviene per colmare questo vuoto.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha applicato metodi statistici e tecniche di machine learning per esplorare la correlazione tra ecoscore e premi assicurativi. L'analisi preliminare ha evidenziato che l'ecorecore può essere un buon indicatore per descrivere il profilo di rischio dei clienti e orientare piani tariffari più consapevoli. Inoltre, è stata avviata una valutazione sulle possibili integrazioni dell'ecorecore con i prodotti assicurativi, esplorando applicazioni nel customer engagement e nella digitalizzazione dei servizi.

Impatti

L'integrazione dell'ecorecore nei servizi assicurativi può aumentare la sensibilità dei clienti verso comportamenti di guida più responsabili e ridurre i sinistri, con benefici diretti sulla sicurezza stradale e sull'impatto ambientale. A livello sociale, ECOSCORING può contribuire alla diffusione di abitudini più sostenibili e a rafforzare il ruolo delle assicurazioni come attori attivi nella promozione di comportamenti virtuosi.

Settori di applicazione

Oltre al settore assicurativo, anche mobilità smart, servizi digitali, amministrazioni locali e aziende orientate alla sostenibilità possono trarre vantaggio dall'uso dell'ecorecore. La metodologia è applicabile a programmi di guida sicura, incentivi per comportamenti green e politiche pubbliche orientate a ridurre l'impatto ambientale del traffico. Le evidenze prodotte possono inoltre supportare università e istituzioni nelle attività di ricerca e sviluppo su mobilità e sostenibilità.

ELIO – Electrode-Electrolyte Interface in Operando

Aree Tematiche: Energy / Materials / Fundamental Research

Tipo di Progetto: Fondi d'Innovazione

Tecnologia sviluppata: modelli multiscala, simulazioni atomistiche e modelli di machine learning per descrivere interfacce elettrodo-elettrolita.

Spoke ICSC coinvolto: Spoke 7

Coordinatore: Eni SPA

Partner: CNR, Università di Napoli Federico II, Università di Torino, Università di Trieste, Università della Calabria, Politecnico di Torino

Sintesi del progetto

ELIO affronta una delle sfide più complesse nello sviluppo delle batterie di nuova generazione: comprendere e simulare in modo accurato ciò che avviene all'interfaccia tra elettrodo ed elettrolita durante il funzionamento. Questo livello microscopico influenza direttamente efficienza, durata e sicurezza dei sistemi di accumulo. Il progetto adotta un approccio multiscala per descrivere questi processi, combinando modellazione atomistica, machine learning e simulazioni su larga scala.

Obiettivi

L'obiettivo è creare modelli predittivi capaci di rappresentare i fenomeni fisicochimici che avvengono nelle batterie, così da fornire strumenti utili alla progettazione di materiali più performanti. In particolare, ELIO mira a collegare le dinamiche atomiche ai comportamenti osservati ai livelli mesoscopico e macroscopico, abilitando una comprensione integrata dei meccanismi che regolano il funzionamento delle batterie.

Problemi e necessità affrontate

L'interfaccia elettrodoelettrolita è una delle zone più difficili da studiare a causa della complessità delle reazioni coinvolte e della necessità di modellare simultaneamente tempi e scale spaziali molto diverse. I modelli

tradizionali risultano spesso insufficienti per prevedere fenomeni critici come formazione delle interfacce solide, trasporto ionico o instabilità dei materiali. ELIO risponde a questa sfida attraverso tecniche computazionali avanzate e modelli fisici integrati.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha sviluppato e validato un modello interatomico basato sul machine learning, addestrato su un ampio database di simulazioni quantistiche riguardanti liquidi ionici, polimeri elettrolitici e interfacce con metallo sodio. Il modello è stato applicato con successo in simulazioni di dinamica molecolare, mostrando risultati coerenti con la letteratura. Parallelamente, è stato realizzato un framework multi-physics 4D che permette di simulare fenomeni su scala maggiore, integrando le informazioni provenienti dal livello atomistico.

Benefici e ricadute

Una migliore comprensione delle interfacce nelle batterie permette di progettare sistemi più sicuri, duraturi e sostenibili. I risultati di ELIO potranno accelerare lo sviluppo di tecnologie di accumulo di nuova generazione, contribuendo alla transizione energetica e rendendo più efficienti le applicazioni industriali e domestiche che richiedono batterie ad alte prestazioni.

Settori che possono beneficiare dei risultati

I principali beneficiari saranno i settori dell'energia, dell'elettronica e della mobilità elettrica, che dipendono da batterie sempre più performanti. Le metodologie sviluppate potranno essere adottate anche in ambito accademico e industriale per studiare materiali complessi, simulare processi chimici e progettare nuovi elettroliti e rivestimenti funzionali.

ERADICATE – Personalized AI-Driven Cancer Treatments

Aree Tematiche: Health/Medicine / Artificial Intelligence / Software

Tipo di Progetto: Fondi d'Innovazione

Tecnologia sviluppata: piattaforma digitale integrata per dati clinici, genomici e immagini diagnostiche con strumenti di analisi assistiti da AI.

Spoke ICSC coinvolto: Spoke 8

Coordinatore: Engineering Ingegneria Informatica Spa

Partner: HUMANITAS

Sintesi del progetto

ERADICATE nasce per affrontare una delle sfide più urgenti della medicina moderna: gestire e interpretare l'enorme quantità di dati che accompagna la diagnosi e il trattamento dei tumori. Il progetto sviluppa strumenti basati su Intelligenza Artificiale per supportare oncologi e patologi nell'analisi di immagini diagnostiche, dati clinici e informazioni genomiche, con l'obiettivo di migliorare la precisione terapeutica e ridurre i tempi decisionali.

Obiettivi

L'obiettivo è costruire algoritmi capaci di integrare fonti eterogenee di dati, fornendo ai clinici un supporto affidabile per definire percorsi terapeutici personalizzati. ERADICATE vuole contribuire alla medicina di precisione tramite strumenti che riducono l'incertezza diagnostica, aumentano la comprensione dei profili dei pazienti e facilitano scelte terapeutiche basate su evidenze oggettive.

Problemi e necessità affrontate

La cura dei tumori richiede l'interpretazione simultanea di referti clinici, imaging ad alta risoluzione e dati molecolari, un compito complesso che espone a errori e richiede molto tempo. L'assenza di strumenti integrati rallenta il lavoro dei medici e può ridurre l'efficacia delle terapie. ERADICATE risponde alla necessità di automatizzare parte di queste analisi con

sistemi capaci di interpretare correttamente grandi volumi di dati e di restituire informazioni clinicamente utili.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha sviluppato modelli di Machine Learning per analizzare immagini diagnostiche, estrarre informazioni rilevanti e correlare dati clinici e patologici. È stato inoltre creato un ambiente digitale che consente di testare algoritmi su dati complessi, riducendo tempi di elaborazione e aumentando la capacità interpretativa. Le prime applicazioni mostrano miglioramenti nella lettura delle immagini, nella comprensione dei percorsi di malattia e nella predizione di indicatori clinicamente rilevanti.

Benefici e ricadute

ERADICATE può contribuire a diagnosi più rapide e accurate, riducendo sovratratamenti, errori interpretativi e tempi di attesa. Il supporto digitale ai clinici migliora la qualità del processo diagnostico e la personalizzazione delle terapie, con benefici diretti per i pazienti in termini di efficacia dei trattamenti, riduzione degli effetti collaterali e migliore qualità della vita.

Settori che possono beneficiare dei risultati

Oltre all'oncologia, anche radiologia, anatomia patologica, ricerca clinica e sanità digitale possono trarre vantaggio dalle metodologie sviluppate. Le tecniche di analisi automatizzata delle immagini e integrazione multimodale dei dati possono essere adottate da ospedali, centri di ricerca, università e aziende per sviluppare soluzioni diagnostiche più efficienti e scalabili.

GNSS-SDR – Precision Positioning for Smart Cities and Safe Mobility

Aree Tematiche: Mobility / Smart Cities / Infrastructure / Environment / Artificial Intelligence / Software

Tipo di Progetto: Fondi d'Innovazione

Tecnologia sviluppata: algoritmo HPC-based per l'elaborazione di dati GNSS e GNSS-SDR, sensor fusion con telecamere intelligenti, modelli avanzati di monitoraggio della micromobilità.

Spoke ICSC coinvolto: Spoke 9

Coordinatore: Sogei S.p.A

Partner: Università di Catania

Sintesi del progetto

Il progetto GNSS-SDR sviluppa un sistema avanzato per monitorare il traffico urbano e migliorare la sicurezza della mobilità grazie a tecnologie GNSS e sensori intelligenti. L'iniziativa combina dati provenienti da stazioni dei sistemi di navigazione globale satellitare (GNSS) permanenti, ricevitori software e videocamere smart per costruire un'infrastruttura digitale in grado di tracciare con precisione veicoli e micromobilità, individuando tempestivamente situazioni di rischio.

Obiettivi

L'obiettivo è creare un modello di posizionamento ad alta precisione capace di sostenere sistemi di mobilità sicuri, sostenibili ed efficienti. Grazie all'elaborazione avanzata dei segnali GNSS e all'integrazione con reti IoT e modelli predittivi, il progetto mira a fornire alle amministrazioni strumenti per ottimizzare la circolazione, migliorare la sicurezza stradale e supportare decisioni in tempo reale.

Problemi e necessità affrontate

Le città moderne presentano scenari di mobilità sempre più eterogenei, dove auto, pedoni e micromobilità condividono spazi ristretti. I sistemi tradizionali non sono sempre in grado di rilevare movimenti rapidi, variazioni improvvise del traffico o comportamenti rischiosi,

soprattutto in ambienti urbanizzati complessi. GNSS-SDR risponde a questa esigenza proponendo una tecnologia flessibile, scalabile e meno dipendente dall'hardware, in grado di offrire dati affidabili anche in condizioni difficili.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha integrato GNSS tradizionali, ricevitori radio gestiti da software (SDR) e correzioni da stazioni di riferimento, migliorando significativamente la precisione del posizionamento. Sono stati realizzati modelli di monitoraggio avanzati per analizzare comportamenti e traiettorie degli utenti della micromobilità tramite unità GNSS/RTK e videocamere stradali.

Benefici e ricadute

Le tecnologie sviluppate permettono di prevenire conflitti di traffico, ridurre incidenti e migliorare la fluidità della circolazione. Amministrazioni e gestori della mobilità possono utilizzare modelli e dati per pianificare interventi, progettare infrastrutture più sicure e sensibilizzare gli utenti su comportamenti corretti.

Settori di applicazione

Oltre alle amministrazioni locali e ai gestori della mobilità, anche smart city, industria dei trasporti, servizi IoT, pianificazione urbana e sicurezza stradale possono beneficiare dei risultati. Le metodologie sviluppate sono inoltre replicabili in ambiti come logistica intelligente, gestione delle infrastrutture critiche e ricerca accademica dedicata a navigazione, trasporto e monitoraggio territoriale.

HCSP – High Capacity Crew & Asset Simulation and Planning

Aree Tematiche: Mobility / Infrastructure / Software

Tipo di Progetto: Fondi d'Innovazione

Tecnologia sviluppata: modelli matematici per la pianificazione delle risorse, simulazione e ambienti Digital Twin.

Spoke ICSC coinvolto: Spoke 6

Coordinatore: Ferrovie dello Stato

Partner: Università di Bologna

Sintesi del progetto

HCSP affronta la complessità delle operazioni merci in ambito ferroviario proponendo un sistema avanzato per ottimizzare la gestione del personale e delle risorse. Il progetto punta a trasformare processi ancora in larga parte manuali in un modello digitale automatizzato e affidabile, grazie a tecniche di simulazione e strumenti predittivi. L'iniziativa introduce una visione multiscala – strategica, tattica e operativa – e getta le basi per un Digital Twin capace di supportare decisioni rapide e più sostenibili.

Obiettivi

L'obiettivo è costruire un ecosistema decisionale evoluto per la pianificazione delle attività ferroviarie, capace di considerare vincoli tecnici, normativi e di benessere dei lavoratori. HCSP intende ridurre inefficienze, migliorare l'uso delle risorse e garantire continuità operativa attraverso algoritmi di ottimizzazione e simulazioni integrate, rendendo il settore più competitivo e resiliente.

Problemi e necessità affrontate

La gestione delle attività ferroviarie coinvolge molti vincoli tecnici e normativi che vengono ancora trattati manualmente. Con una rete estesa e variabile, emerge la necessità di automatizzare il processo, ridurre errori e aumentare la sostenibilità economica e operativa.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha realizzato un prototipo per la gestione automatizzata dei turni, dimostrando

una riduzione significativa delle risorse necessarie e un miglioramento nella qualità dei roster. È stata inoltre definita l'architettura di un Digital Twin dedicato alla simulazione di scenari e imprevisti, insieme a un framework scalabile per l'analisi decisionale. Le tecniche utilizzate includono modelli matematici, algoritmi euristici e simulazioni Monte Carlo, aprendo la strada a un sistema completo e integrabile nei processi aziendali.

Impatti

Il sistema consente una pianificazione più chiara e stabile, un miglior bilanciamento dei carichi di lavoro e una gestione più efficiente in caso di imprevisti. Il settore può beneficiare di minori costi, maggiore affidabilità e un miglior benessere per i lavoratori.

Settori che possono beneficiare dei risultati

Le soluzioni sviluppate sono modulari e replicabili in diversi contesti: trasporti, logistica, industria, servizi pubblici e qualunque ambito richieda una gestione complessa delle risorse. Metodologie standard e scalabilità tecnologica permettono di trasferire HCSP anche in realtà internazionali o in settori ad alta intensità operativa, facilitando la digitalizzazione e lo sviluppo di nuove competenze.

HDP-HDP2 Health Data Platform to unraveling the Genetic Complexity to Define Novel Therapeutic Targets in Visceral Cancer

Aree Tematiche: Health/Medicine / Artificial Intelligence / Software / Big Data

Tipo di Progetto: Fondi d'Innovazione

Tecnologia sviluppata: Data Registry centralizzato per tumori viscerali, workflow automatizzati ETL, NLP e infrastruttura Big Data scalabile.

Spoke ICSC coinvolto: Spoke 8

Coordinatore: Humanitas

Partner: Engineering, FBK, Politecnico di Bari

Sintesi del progetto

HDP-HDP2, fasi dello stesso progetto, nascono per superare la frammentazione dei dati clinici e biologici nei tumori viscerali, integrando informazioni eterogenee in un'unica piattaforma affidabile per la ricerca e la cura. Il progetto combina un registro dati strutturato, tecnologie di Big Data e modelli biologici avanzati—come il sequenziamento del genoma e gli organoidi derivati dai pazienti—per abilitare una visione completa della malattia e dei suoi possibili trattamenti

Obiettivi

L'obiettivo è creare un sistema end-to-end che armonizzi dati clinici, genomici e fenotipici, permettendo analisi longitudinali, sviluppo di modelli predittivi e identificazione di terapie personalizzate. HDP mira a fornire strumenti concreti per supportare decisioni cliniche basate sull'evidenza, accelerare la scoperta scientifica e rendere più efficiente l'oncologia di precisione.

Problemi e necessità affrontate

La cura dei tumori viscerali è ostacolata da diagnosi tardive, trattamenti poco efficaci e dati clinici dispersi in sistemi non comunicanti. Sul fronte biologico, manca la capacità di individuare con precisione nuove vulnerabilità terapeutiche. HDP e HDP2 rispondono a entrambe le sfide creando una base dati standardizzata e utilizzando modelli innovativi, come

sequenziamento completo del genoma e organoidi, per comprendere meglio i meccanismi della malattia e testare cure mirate.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha realizzato un registro clinico operativo integrato con sistemi ospedalieri, automatizzato nell'aggiornamento quotidiano e arricchito da estrazione testuale tramite AI. Parallelamente, sono stati sequenziati i genomi di 200 pazienti e sviluppati 50 organoidi tumorali per test farmacologici personalizzati. Inoltre, è stato creato un Data Lake scalabile e sono stati avviati modelli di AI per interpretare dati multimodali e identificare nuovi target terapeutici. Questi risultati combinano infrastruttura digitale e biologia sperimentale in un'unica piattaforma coerente

Impatti

HDP potenzia la medicina di precisione consentendo diagnosi più accurate, terapie personalizzate e un uso migliore delle informazioni cliniche. Per i pazienti significa trattamenti più efficaci e meno tossici; per i clinici, decisioni basate su dati integrati; per la società, un sistema sanitario più efficiente, sostenibile e orientato all'innovazione. L'infrastruttura creata permette inoltre di accelerare la ricerca e ridurre gli sprechi in ambito terapeutico.

Settori di applicazione

La piattaforma è replicabile per altre patologie oncologiche e non oncologiche, ed è utile per ospedali, centri di ricerca, università, aziende farmaceutiche e partner industriali impegnati nello sviluppo di nuovi farmaci. Gli approcci utilizzati—dalla gestione dei dati alla validazione biologica tramite organoidi—possono supportare progetti nel campo della genomica, del drug discovery, della sanità digitale e della modellazione clinica basata sull'evidenza.

HPCALGO – High-Performance Algorithms for Industrial Optimization

Aree Tematiche: Industry / Energy / Software

Tipo di Progetto: Fondi d'Innovazione

Tecnologia sviluppata: algoritmi di ottimizzazione su larga scala e porting su GPU per problemi complessi.

Spoke ICSC coinvolto: Spoke 6

Coordinatore: ENI SPA

Partner: Università di Roma – Sapienza

Sintesi del progetto

HPCALGO nasce dall'esigenza di affrontare problemi di ottimizzazione estremamente complessi, fondamentali in diversi settori industriali. Il progetto sviluppa algoritmi scalabili e tecniche computazionali ad alte prestazioni in grado di trattare scenari caratterizzati da milioni di variabili, come la gestione delle flotte o le inversioni gravimetriche e magnetiche. L'obiettivo è trasformare attività tradizionalmente lente e costose in processi più efficienti, rapidi e applicabili su larga scala.

Obiettivi

Il progetto mira a creare algoritmi capaci di risolvere problemi reali con elevati vincoli operativi, andando oltre i limiti dei metodi esatti tradizionali. L'obiettivo è produrre soluzioni ottimizzate per l'instradamento (routing) dei veicoli, attraverso approcci computazionali che sfruttano appieno le potenzialità dell'HPC e delle GPU.

Problemi e necessità affrontate

La gestione di percorsi complessi per flotte operative e la risoluzione di problemi inversi in ambito geologico richiedono grande capacità di calcolo. L'elevato numero di variabili rende le soluzioni tradizionali lente o limitate, evidenziando la necessità di approcci più scalabili.

Soluzioni sviluppate

Sono stati realizzati algoritmi specifici per il vehicle routing, capaci di gestire istanze molto

più grandi rispetto alle soluzioni esatte. Inoltre, è stato adattato e ottimizzato su GPU un codice per l'inversione gravimetrica e magnetica. Il progetto ha anche portato alla creazione di metodi generali adatti a più categorie di problemi.

Benefici e ricadute

Le tecniche sviluppate permettono di migliorare l'efficienza dei processi industriali, ridurre tempi e costi e aumentare la produttività. L'ottimizzazione del routing, ad esempio, può avere impatti concreti sulla gestione delle flotte e sulla sostenibilità operativa, mentre le inversioni grav-mag più rapide supportano applicazioni come l'esplorazione di metalli rari, contribuendo a filiere strategiche e più sostenibili.

Settori che possono beneficiare dei risultati

Le soluzioni sono applicabili in settori che affrontano problemi complessi di ottimizzazione: energia, logistica, trasporti, geofisica, manifattura avanzata. Pur essendo tecniche generalizzabili, richiedono adattamenti specifici ai singoli problemi, rendendole strumenti potenti ma personalizzabili. L'approccio offre comunque un modello replicabile per ampliare l'uso di HPC e algoritmi avanzati in ambiti ad alta intensità computazionale.

IMP – Investment Modeling Platform

Aree Tematiche: Industry / Artificial Intelligence / Software / Bank & Finance

Tipo di Progetto: Fondi d'Innovazione

Tecnologia sviluppata: piattaforma AI per business modeling, analisi Big Data, sistemi di raccomandazione per bandi e finanziamenti.

Spoke ICSC coinvolto: Spoke 9

Coordinatore: Intesa San Paolo SPA

Partner: Università di Napoli Federico II

Sintesi del progetto

IMP mira a rivoluzionare il modo in cui aziende innovative e consulenti finanziari costruiscono modelli di business e accedono ai finanziamenti. La piattaforma integra dati di mercato, tecnologia e finanza. Include inoltre un sistema di matchmaking che collega i progetti ai bandi europei più adatti.

Obiettivi

L'iniziativa mira a creare uno strumento intelligente capace di generare rapidamente business model personalizzati e basati sui dati, migliorando l'accuratezza delle valutazioni. Parallelamente, IMP intende facilitare il matching tra progetti innovativi e programmi di finanziamento europei, fornendo un sistema di scoring e raccomandazione che aumenti le probabilità di successo. In questo modo, la piattaforma rafforza il ruolo delle istituzioni finanziarie come abilitatori dell'innovazione.

Problemi e necessità affrontate

Le imprese innovative faticano a costruire modelli di business solidi in tempi rapidi, soprattutto per la difficoltà nel reperire, integrare e interpretare dati complessi. Allo stesso tempo, banche e investitori necessitano di strumenti più affidabili per valutare le proposte e orientarle verso le migliori opportunità di finanziamento. L'assenza di processi strutturati rallenta l'accesso al credito e porta allo spreco di importanti risorse europee non utilizzate. IMP affronta direttamente questi ostacoli.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha definito l'architettura della piattaforma, identificato le fonti dati interne ed esterne da integrare e implementato misure di sicurezza-by-design. Sono stati sviluppati moduli AI e machine learning per la previsione dei dati quantitativi, Large Language Model per la generazione delle parti descrittive del modello di business e un sistema di raccomandazione per il funding matching basato su criteri tecnici e di coerenza progettuale. L'utilizzo di microservizi e tecnologie Big Data garantisce scalabilità e modularità.

Impatti

La piattaforma potrà accelerare il processo di finanziamento per le aziende innovative, migliorando la qualità delle analisi e riducendo errori e tempi decisionali. Per le imprese significa più possibilità di accedere a risorse economiche e far crescere nuovi prodotti e servizi; per i territori, significa più innovazione, più occupazione e uno sviluppo economico più dinamico. Anche gli operatori bancari beneficeranno di strumenti più efficaci e data-driven.

Settori di applicazione

Oltre al settore bancario e finanziario, IMP può essere adattato per enti pubblici, incubatori, università e aziende che si occupano di innovazione, grant management o analisi economico-strategica. Le sue componenti modulari permettono di estendere l'utilizzo a programmi di finanziamento extra europei, iniziative governative, attività di ricerca o valutazione progettuale nel settore educativo e nonprofit. Il modello è replicabile e scalabile in diversi contesti.

MIA – Multimodal Interchange Assistant

Aree Tematiche: Mobility / Smart Cities / Artificial Intelligence / Software

Tipo di Progetto: Fondi d'Innovazione

Tecnologia sviluppata: assistente virtuale multimodale basato su LLM, RAG, backend scalabile e analisi in tempo reale.

Spoke ICSC coinvolto: Spoke 9

Coordinatore: IFAB

Partner: Università di Catania

Sintesi del progetto

MIA nasce per migliorare la fruizione dei servizi di mobilità digitale attraverso un assistente virtuale capace di supportare gli utenti nella consultazione, pianificazione e gestione degli spostamenti multimodali. Il progetto integra modelli linguistici leggeri, agenti intelligenti e tecniche di AI per offrire un'interazione naturale e immediata con i sistemi di trasporto. L'assistente è progettato per funzionare sia in Cloud sia in esecuzione locale, garantendo efficienza, privacy e adattabilità a diversi scenari urbani e applicativi.

Obiettivi

L'obiettivo è creare un assistente intelligente in grado di rispondere a richieste complesse legate al trasporto pubblico - orari, percorsi, biglietti, informazioni di servizio - integrandosi con le piattaforme MaaS (Mobility-as-a-Service). MIA punta a migliorare l'esperienza di viaggio, rendendo più semplice l'accesso a informazioni aggiornate e adattando le risposte alle necessità dell'utente. Un ulteriore obiettivo è garantire controllo sui dati e flessibilità, sfruttando modelli open-source ottimizzati per funzionare anche in ambienti isolati.

Problemi e necessità affrontate

La mobilità urbana è complessa, frammentata e in continua evoluzione. Gli utenti necessitano di strumenti capaci di adattarsi rapidamente ai cambiamenti del traffico, ai ritardi e alle esigenze personali. MIA risponde a questa necessità integrando dati eterogenei e AI per un'esperienza di viaggio più fluida e consapevole.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha definito un'architettura agent-based per orchestrare strumenti e funzioni semantiche, migliorando la gestione dei task. È stato implementato un sistema RAG avanzato, capace di combinare ricerche testuali, documentali e dati esterni. Sono state testate diversi Large Language Model open-source. Il prototipo è già stato integrato nell'app Moovle, permettendo interazioni chat-based, aggiornamenti dinamici dell'interfaccia, pianificazione viaggi e gestione dei servizi di trasporto.

Benefici e ricadute

MIA abilita pianificazioni di viaggio più rapide e intelligenti, riduce congestione e inquinamento incentivando scelte sostenibili, migliora accessibilità e inclusione. Le città possono usare le sue analisi per ottimizzare servizi e pianificazione del traffico.

Settori che possono beneficiare dei risultati

Oltre alla mobilità pubblica, MIA può essere adottato in ambiti come logistica, gestione eventi, servizi universitari e turismo, ovunque vi sia necessità di accesso rapido a informazioni complesse e aggiornate. L'approccio modulare e l'uso di modelli open-source permettono di adattare l'assistente ad applicazioni territoriali, servizi smart city, portali informativi e sistemi di supporto agli utenti. È inoltre replicabile da enti pubblici, aziende, scuole e università, grazie alla scalabilità dei modelli e alle tecniche di integrazione flessibili.

MM – Multiscale modelling of industrial three-phase stirred reactors

Aree Tematiche: Industry / Energy / Engineering

Tipo di Progetto: Fondi d'Innovazione

Tecnologia sviluppata: simulazioni multiscale per reattori gas-liquido-solido, con integrazione di dati sperimentali.

Spoke ICSC coinvolto: Spoke 6

Coordinatore: Eni SPA

Partner: Università di Bologna

Sintesi del progetto

Il progetto MM sviluppa modelli fisici avanzati per simulare con precisione le reazioni eterogenee che coinvolgono liquidi, gas e solidi, tipiche dei processi industriali complessi. L'obiettivo è costruire strumenti computazionali in grado di descrivere il comportamento di reattori reali, rendendo predittive le dinamiche chimiche e termiche e offrendo una base scientifica affidabile per l'analisi e l'ottimizzazione dei processi produttivi.

Obiettivi

Il progetto mira a sviluppare modelli a più scale che consentano di simulare, scalare e ottimizzare le reazioni chimiche industriali, includendo fenomeni complessi come il mescolamento delle fasi, il trasporto di massa e gli effetti termici. L'obiettivo è mettere a disposizione dell'industria strumenti predittivi robusti, capaci di guidare la progettazione di reattori più efficienti e di supportare lo sviluppo di tecnologie a basse emissioni.

Problemi e necessità affrontate

Le reazioni industriali a tre fasi sono difficili da prevedere con precisione: la presenza simultanea di liquidi, gas e solidi genera comportamenti non lineari, fenomeni locali difficilmente osservabili e condizioni operative che richiedono modellazioni avanzate. I metodi tradizionali faticano a rappresentare correttamente queste complessità e spesso non consentono di anticipare problemi operativi o inefficienze. MoStRe affronta queste sfide costruendo modelli affidabili e validabili sperimentalmente.

Soluzioni sviluppate

MoStRe combina simulazioni numeriche e dati di laboratorio per descrivere in modo più realistico il comportamento dei reattori. Il flusso di lavoro sviluppato integra simulazioni di dettaglio, modelli consolidati e misure reali. Le prime applicazioni mostrano una buona coerenza con gli esperimenti, confermando la capacità del metodo di prevedere consumi energetici, distribuzione del gas e dinamica delle bolle.

Impatti

Il progetto potrà migliorare significativamente l'efficienza dei processi industriali, riducendo i costi energetici, aumentando la sicurezza operativa e facilitando la transizione verso tecnologie più sostenibili. L'uso di modelli predittivi permette di progettare reattori più efficienti e ridurre il ricorso a sperimentazioni costose. I cittadini beneficeranno indirettamente da una produzione industriale più pulita, stabile e meno impattante.

Settori di applicazione

Le metodologie sviluppate sono applicabili a diversi settori industriali: chimica, energia, trattamento ambientale, processi catalitici e produzione avanzata di materiali. Anche centri di ricerca, università e sviluppatori di tecnologie di simulazione possono utilizzare il modello per studi predittivi, progettazione avanzata e sviluppo di nuovi processi sostenibili.

NACT – Network Analysis for Critical Transport Infrastructure

Aree Tematiche: Infrastructure / Mobility / Critical & Strategic Infrastructures

Tipo di Progetto: Fondi d'Innovazione

Tecnologia sviluppata: modello ad alta risoluzione della rete stradale, indicatore RST e strumenti di analisi multilivello.

Spoke ICSC coinvolto: Spoke 6

Coordinatore: ANAS SpA – Gruppo FS italiane

Partner: ANAS SpA – Gruppo FS italiane

Sintesi del progetto

NACT sviluppa un modello avanzato per comprendere quali parti della rete stradale siano davvero cruciali per la mobilità quotidiana, i servizi essenziali e il funzionamento dell'economia. Il progetto integra dati su traffico, popolazione, servizi, rischi naturali e condizioni strutturali, creando una rappresentazione ad alta risoluzione della rete viaria. L'obiettivo è offrire agli enti gestori uno strumento affidabile per analizzare vulnerabilità e impatti potenziali, migliorando sicurezza e continuità dei collegamenti.

Obiettivi

L'iniziativa mira a dotare le autorità stradali di un sistema data-driven in grado di identificare i tratti più rilevanti e quelli più esposti a rischi, supportando decisioni rapide e fondate. Attraverso indicatori dedicati e modelli di rischio, NACT consente di pianificare interventi e investimenti con priorità chiare, riducendo le interruzioni della rete e rafforzando la resilienza dei territori.

Problemi e necessità affrontate

I gestori stradali non dispongono oggi di strumenti unitari che combinano reti di trasporto, bisogni territoriali e vulnerabilità. Le interruzioni improvvise possono isolare comunità e creare difficoltà operative. Il progetto risponde quindi alla necessità di definire priorità oggettive per ridurre rischi e migliorare continuità di servizio.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha realizzato un modello completo della rete stradale siciliana, includendo arterie ANAS e viabilità locale, con un livello di dettaglio superiore ai precedenti. È stato sviluppato l'indicatore RST – *Rilevanza Socio Territoriale* – che combina struttura della rete, popolazione servita, traffico reale e accesso ai servizi essenziali. Due casi d'uso mostrano come l'RST possa essere integrato con pericolosità naturali e con lo stato strutturale dei ponti. È inoltre in sviluppo un Decision Support System interattivo per visualizzare rischi e priorità.

Impatti

Grazie a NACT, gli enti gestori potranno individuare con chiarezza le tratte critiche e programmare interventi prima che si verifichino interruzioni o danni. Ciò migliorerà sicurezza, affidabilità della mobilità e accesso ai servizi fondamentali. Per i cittadini ciò comporterà meno disagi, viaggi più sicuri e una maggiore protezione delle comunità più esposte agli eventi naturali. Attraverso una rete autostradale più resiliente sarà inoltre possibile sostenere e promuovere lavoro, istruzione, turismo e continuità economica.

Settori di applicazione

La metodologia è applicabile a infrastrutture lineari diverse dalla rete stradale, come ferrovie, linee elettriche e acquedotti. Anche pubbliche amministrazioni, enti territoriali, università e centri di ricerca possono utilizzare il modello per sviluppare analisi territoriali, studi di rischio e pianificazioni strategiche. La scalabilità della soluzione consente estensioni a livello nazionale e favorisce una gestione più moderna e data-driven delle infrastrutture critiche.

PISA – Harnessing HPC: Granarolo's Bio-Driven Revolution for Sustainable Packaging

Aree Tematiche: Environment / Industry / Materials / Artificial Intelligence

Tipo di Progetto: Fondi d'Innovazione

Tecnologia sviluppata: workflow di simulazione multiscala per biopolimeri, integrato con modelli atomistici e coarse-grained.

Spoke ICSC coinvolto: Spoke 7

Coordinatore: IFAB

Partner: CNR, ENEA, Università di Pisa, Università di Trento, Università di Trieste

Sintesi del progetto

PISA mira a ridurre l'impatto ambientale degli imballaggi per prodotti lattierocaseari, sviluppando alternative a base biologica (bio-based) e riciclabili che possano sostituire le plastiche fossili oggi utilizzate. Il progetto sfrutta tecniche di simulazione multiscala e risorse HPC per comprendere in profondità il comportamento dei nuovi materiali, con l'obiettivo di supportare Granarolo nella realizzazione di packaging sostenibile adatto agli standard di sicurezza alimentare e alle esigenze produttive.

Obiettivi

L'obiettivo principale è identificare soluzioni di packaging basate su materiali rinnovabili, performanti e compatibili con i processi industriali esistenti. Attraverso un flusso di modellazione multiscala, il progetto intende prevedere proprietà meccaniche e degradabilità dei materiali bio-based, accelerando la selezione dei candidati migliori e riducendo tempi e costi di sperimentazione fisica. PISA mira così a promuovere una transizione verso sistemi di imballaggio più circolari e conformi alle normative emergenti.

Problemi e necessità affrontate

Gli imballaggi plastici del settore caseario presentano criticità note: scarsa riciclabilità, elevata impronta carbonica e limitata sostenibilità lungo tutto il ciclo di vita. Molti materiali alternativi non soddisfano ancora requisiti fondamentali come la resistenza meccanica, la compatibilità alimentare e l'idoneità ai processi industriali. In questo contesto, è necessario un

approccio scientifico che permetta di studiare in modo predittivo la performance dei bio-polimeri e di selezionare le miscele più adatte alle specifiche applicazioni.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha identificato nel PLA (acido polilattico) un materiale particolarmente promettente per imballaggi come quelli della mozzarella. È stato avviato lo sviluppo di una pipeline di simulazione multiscala dedicata, capace di integrare modelli atomistici e a grana grossa (coarse-grained) per analizzare il comportamento meccanico del polimero. Parallelamente, PISA ha avviato la preparazione di strumenti digitali che consentiranno di valutare virtualmente nuovi materiali prima della prototipazione fisica, riducendo tempi, costi e impatto ambientale della fase di sviluppo industriale.

Benefici e ricadute

I risultati ottenuti potranno contribuire alla riduzione dell'uso di plastiche fossili nel settore dei latticini e caseario, diminuendo rifiuti ed emissioni legate al packaging e fornendo al settore produttivo strumenti decisionali avanzati in grado di migliorare l'efficienza e la capacità di innovare, facilitando una transizione verso modelli industriali più responsabili. Per i consumatori, ciò implicherà prodotti confezionati in materiali più sostenibili senza rinunciare alla qualità e alla sicurezza alimentare.

Settori che possono beneficiare dei risultati

Oltre al comparto lattiero-caseario, la metodologia sviluppata può essere estesa a molteplici applicazioni del packaging alimentare e non alimentare. Industrie che necessitano di materiali performanti e sostenibili, come cosmetica, farmaceutica e beni di consumo, possono adottare il workflow di simulazione per il design di nuovi materiali bio-based. Anche università, centri di ricerca e istituzioni pubbliche possono trarre vantaggio dai modelli generati per supportare politiche e programmi di innovazione nella sostenibilità dei materiali.

RTM&R – Enhancing Situational Awareness: Real-Time Monitoring and Replanning with Collaborative Unmanned Vehicles and Onboard Sensing

Aree Tematiche: Security / Smart Cities / Environment / Mobility / Artificial Intelligence / Software

Tipo di Progetto: Fondi d'Innovazione

Tecnologia sviluppata: simulazione avanzata in Unreal Engine, flotta di droni autonomi con controllo AirSim+ROS2, modelli YOLO/RT-DETR per object detection, piattaforma serverless cloud-edge basata su WebAssembly.

Spoke ICSC coinvolto: Spoke 9

Coordinatore: Leonardo SPA

Partner: Università di Bologna, Thales Alenia Space Italia SPA

Sintesi del progetto

RTM sviluppa un sistema collaborativo di droni autonomi progettato per migliorare la gestione delle emergenze attraverso il monitoraggio in tempo reale e l'analisi dei flussi di mobilità durante eventi catastrofici. Grazie a simulazioni avanzate, sistemi di percezione basati su AI e una infrastruttura Cloud-Edge di nuova generazione, il progetto introduce un approccio innovativo alla situational awareness, supportando decisioni critiche quando infrastrutture e comunicazioni risultano compromesse.

Obiettivi

Il progetto mira a creare una piattaforma capace di integrare flotte di droni autonomi con centri di controllo operativi, fornendo informazioni aggiornate su traffico, ostacoli, aree congestionate e cluster di persone. L'obiettivo è supportare la pianificazione dinamica dei percorsi dei mezzi di soccorso, migliorare il coordinamento tra squadre sul campo e ridurre i tempi di intervento in situazioni ad alta criticità. Il sistema sfrutta modelli avanzati di intelligenza artificiale e tecniche di coordinamento distribuito.

Problemi e necessità affrontate

In caso di disastri, le reti di comunicazione possono essere compromesse e le informazioni incomplete rallentano i soccorsi. Le strade bloccate o congestionate ostacolano l'arrivo dei mezzi di emergenza. Il progetto affronta

direttamente queste criticità offrendo sorveglianza aerea autonoma, individuazione di cluster di traffico e comunicazione continua con i centri di comando.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha costruito un ambiente di simulazione realistico integrato con un sistema di controllo dei droni (ROS2). Parallelamente, Sono stati addestrati diversi modelli per il rilevamento di persone, veicoli e cluster di traffico, supportati da un innovativo sistema di auto-etichettatura che consente di generare dataset sintetici senza annotazioni manuali. È stata inoltre realizzata una pipeline avanzata di data augmentation per aumentare robustezza e generalizzazione dei modelli. Il progetto ha infine introdotto un'architettura Cloud-Edge che permette la distribuzione dinamica delle funzionalità tra droni e cloud in base a condizioni di rete, carichi e scenari operativi.

Benefici e ricadute

RTM può rivoluzionare la risposta alle emergenze riducendo i rischi per il personale, migliorando la rapidità dei soccorsi e ottimizzando l'uso delle risorse. L'analisi in tempo reale delle condizioni del traffico consente infatti di individuare percorsi sicuri, evitare congestioni e fornire ai soccorritori una consapevolezza situazionale superiore. A lungo termine, la tecnologia può contribuire alla resilienza urbana, alla preparazione delle comunità e alla riduzione dei costi operativi legati alle emergenze.

Settori che possono beneficiare dei risultati

Oltre alla Protezione Civile, anche enti pubblici, forze dell'ordine, amministrazioni locali e operatori infrastrutturali possono adottare il sistema per monitoraggio territoriale, gestione del traffico, valutazione infrastrutturale e prevenzione dei rischi. Le tecnologie sviluppate – dalla percezione autonoma alla piattaforma Cloud-Edge – possono essere applicate anche in agricoltura, logistica, ispezione industriale, smart cities e ricerca accademica.

SESG – Sustainable ESG Analysis Platform

Aree Tematiche: Artificial Intelligence / Software / Industry / Smart Cities / Environment

Tipo di Progetto: Fondi d'Innovazione

Tecnologia sviluppata: pipeline avanzata per l'analisi automatica di report ESG tramite RAG, LLM locali, vector DB e sistemi di estrazione KPI.

Spoke ICSC coinvolto: Spoke 9

Coordinatore: IFAB

Partner: Università di Bologna, Università del Salento, Università di Napoli Federico II

Sintesi del progetto

SESG affronta la crescente complessità dell'analisi dei report Environmental, Social, and Governance (ESG), sviluppando una piattaforma intelligente in grado di trasformare documenti non strutturati in informazioni accessibili, comparabili e immediatamente utilizzabili. Il progetto combina tecnologie di intelligenza artificiale, sistemi RAG e modelli linguistici locali per automatizzare l'estrazione di metriche e indicatori di sostenibilità, fornendo uno strumento scalabile e conforme ai nuovi standard di reporting come ESRS.

Obiettivi

L'obiettivo è facilitare la lettura e l'interpretazione di documentazione ESG sempre più vasta e complessa, offrendo un supporto concreto a organizzazioni, analisti e stakeholder che devono valutare performance di sostenibilità e conformità normativa. SESG mira a standardizzare i diversi formati di reporting, trasformando i documenti in insight affidabili e rendendo più efficiente il processo decisionale, in un contesto in cui trasparenza e accountability sono essenziali.

Problemi e necessità affrontate

La crescente quantità di report ESG rende l'analisi manuale lenta e soggetta a errori. Le aziende faticano a estrarre KPI rilevanti, garantire coerenza e conformità normativa. SESG risponde alla necessità di strumenti intelligenti che trasformino documenti complessi in informazioni utili e standardizzate.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha realizzato una pipeline completa per convertire PDF complessi in formati leggibili dalla macchina, preservando struttura e contenuti. Sono stati implementati sistemi RAG avanzati, con modelli linguistici eseguiti localmente per garantire privacy. È stato sviluppato un sistema di archiviazione vettoriale per migliorare il recupero delle informazioni e automatizzare l'estrazione di KPI e metriche ESG. Queste soluzioni consentono di analizzare grandi quantità di report in parallelo, mantenendo coerenza e qualità del dato.

Benefici e ricadute

SESG può aumentare in modo significativo la trasparenza dei report di sostenibilità, migliorando la capacità di valutare impegni ambientali e sociali delle aziende. Per investitori, cittadini e istituzioni ciò comporta disporre di informazioni più accessibili e affidabili. Per le organizzazioni, l'utilizzo della piattaforma può tradursi in tempi di analisi inferiori e in una maggiore conformità alle normative, contribuendo a promuovere pratiche più sostenibili e un'allocazione delle risorse più efficiente.

Settori che possono beneficiare dei risultati

La soluzione è utile per aziende, enti pubblici, istituti finanziari, università e centri di ricerca impegnati nell'analisi ESG. Anche società di consulenza, organismi di vigilanza e realtà che lavorano su open data e sostenibilità possono adottare SESG. Le tecnologie sviluppate sono replicabili in altri contesti che richiedono analisi documentale avanzata, come compliance, audit, risk management o reporting di tipo normativo.

SFFP – Sustainable Flexible Food Packaging: Accelerating Material Discovery via Multiscale Modelling

Aree Tematiche: Environment / Industry / Materials / Artificial Intelligence

Tipo di Progetto: Fondi d'Innovazione

Tecnologia sviluppata: workflow multiscala per la progettazione di packaging monomateriale riciclabile.

Spoke ICSC coinvolto: Spoke 7

Coordinatore: IFAB

Partner: CNR, ENEA, Politecnico di Torino, Università della Calabria, Università di Pisa, Università di Trento, Università di Trieste

Sintesi del progetto

SFFP nasce per rispondere alla crescente necessità di sviluppare imballaggi alimentari più sostenibili, riciclabili e compatibili con i principi dell'economia circolare. Il progetto utilizza modellazione multiscala e tecniche avanzate di simulazione per progettare materiali innovativi in grado di sostituire le plastiche fossili nei packaging flessibili.

Obiettivi

L'obiettivo del progetto è sviluppare una metodologia scientifica che permetta di accelerare la selezione e la progettazione di materiali riciclabili e bio-compatibili, riducendo sperimentazioni fisiche e tempistiche di sviluppo. Attraverso un workflow multiscala, SFFP intende supportare sia gli aspetti prestazionali sia quelli ambientali del packaging, offrendo una base solida per la realizzazione di alternative sostenibili alle soluzioni attualmente in uso nel settore alimentare.

Problemi e necessità affrontate

Gli imballaggi alimentari tradizionali dipendono da plastiche derivate dal petrolio, difficili da riciclare e con un forte impatto in termini di emissioni. Allo stesso tempo, i materiali alternativi spesso non garantiscono proprietà meccaniche sufficienti, stabilità o compatibilità con i processi industriali. A ciò si aggiunge l'urgenza posta da normative europee sempre più stringenti e dalla richiesta dei consumatori di soluzioni più ecologiche. SFFP affronta questi limiti attraverso un approccio scientifico che guida la progettazione di materiali più performanti e sostenibili

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha sviluppato un workflow completo di modellazione multiscala capace di analizzare materiali a tre livelli: molecolare, mesoscopico e macroscopico. Sono stati simulati polimeri innovativi — inclusi blend polimerici e materiali ad alte prestazioni — per prevederne proprietà fisiche e meccaniche. È stato inoltre creato un modello specifico per polimeri a base di poliidrossialcanoati (PHA) per il settore del caffè, applicando approcci di randomizzazione e tecniche a grana grossa (coarse-grained) per studiare elasticità, stabilità e comportamento del materiale in condizioni reali. Questi risultati permettono già di orientare in modo più efficiente la progettazione del packaging.

Benefici e ricadute

SFFP può generare benefici significativi per cittadini e imprese, riducendo l'impatto ambientale degli imballaggi e favorendo la diffusione di materiali riciclabili e meno inquinanti. I consumatori potranno perciò accedere a prodotti confezionati in maniera più responsabile, mentre le aziende aumenteranno la propria capacità di innovare mantenendo competitività e conformità agli obiettivi climatici. Il progetto contribuisce inoltre a rafforzare la transizione verso modelli produttivi basati su materiali sostenibili e circolari.

Settori che possono beneficiare dei risultati

Le tecnologie sviluppate possono essere applicate in tutto il settore del packaging alimentare e non alimentare, dai prodotti freschi ai cosmetici e ai beni di largo consumo. Anche università, centri di ricerca e industrie dei materiali possono trarre vantaggio dalla metodologia multiscala proposta, utilizzandola per sviluppare nuovi polimeri o ottimizzare quelli esistenti. Infine, le aziende che operano nell'ambito della sostenibilità e della regolamentazione possono utilizzare questi risultati per supportare strategie e policy orientate alla riduzione della plastica fossile.

Sow – SowStain: Digital Twins for Precision Agriculture

Aree Tematiche: Agriculture / Environment / Artificial Intelligence / Smart Cities / Software

Tipo di Progetto: Fondi d'Innovazione

Tecnologia sviluppata: Digital Twin agricolo, modelli GAN e YOLO per stima frutticola, edge computing, federated learning, sistemi di previsione stagionale basati su AI.

Spoke ICSC coinvolto: Spoke 9

Coordinatore: IFAB

Partner: CNR, ENEA, Università di Bologna, Politecnico di Bari, Università del Salento, Università dell'Aquila, Università della Calabria, Università di Bari, Università di Napoli Federico II, Università di Trento

Sintesi del progetto

SowStain nasce per dotare l'agricoltura di una piattaforma digitale avanzata capace di supportare decisioni basate sui dati, aumentando la resilienza delle colture e riducendo l'impatto ambientale. Il progetto sviluppa un ambiente di Digital Twin in grado di modellare campi agricoli, analizzare condizioni reali e simulate e prevedere gli effetti stagionali e degli eventi estremi. Integrando sensori, immagini satellitari, droni e modelli di AI, SowStain offre strumenti concreti per ottimizzare risorse, migliorare produttività e promuovere pratiche di agricoltura sostenibile.

Obiettivi

L'obiettivo è creare una piattaforma intelligente che combini Digital Twin, AI, apprendimento federato ed Edge computing per supportare agricoltori e decisori pubblici in attività come gestione dell'acqua, fertilizzazione, monitoraggio delle colture e previsione dei rischi. SowStain intende ridurre sprechi idrici e uso eccessivo di fertilizzanti, migliorare la capacità di risposta a cambiamenti climatici e garantire una gestione più efficiente delle risorse, con benefici diretti per le aziende agricole e per la sostenibilità del settore.

Problemi e necessità affrontate

L'agricoltura moderna deve affrontare sfide critiche: scarsità idrica, aumento degli eventi climatici estremi, pressione per ridurre l'impatto ambientale e necessità di mantenere alta la

produttività. I metodi tradizionali non offrono strumenti sufficienti per prevedere e adattarsi rapidamente a condizioni mutevoli. Inoltre, molte aziende agricole non dispongono di strumenti avanzati per interpretare grandi quantità di dati provenienti da sensori, droni e immagini satellitari. SowStain colma questo divario fornendo modelli predittivi, simulazioni realistiche e sistemi automatizzati per il supporto decisionale.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha realizzato un modello di stima della quantità di frutti usando un approccio GAN per generare immagini sintetiche, successivamente utilizzate per addestrare un modello di detection integrato in un sistema Edge per il dispiegamento in campo. In aggiunta, è stata sviluppata anche un'architettura di Digital Twin dedicata, con un modello di drone in grado di simulare dinamiche di volo e controllo, attualmente in fase di validazione. Parallelamente, il progetto ha avviato l'attività di ottimizzazione per la previsione stagionale usando tecniche avanzate di AI.

Benefici e ricadute

SowStain può migliorare concretamente la vita degli agricoltori, offrendo strumenti per ottimizzare irrigazione, fertilizzazione e gestione delle colture, con conseguenti risparmi economici e produttività più elevata. L'uso di AI e Digital Twin porta a decisioni più rapide e informate, aumenta la resilienza delle aziende agricole e migliora la qualità dei prodotti. A livello sociale, il progetto contribuisce alla sostenibilità ambientale riducendo sprechi ed emissioni, favorendo l'innovazione nel settore agricolo e sostiene lo sviluppo economico delle comunità rurali.

Settori che possono beneficiare dei risultati

Oltre all'agricoltura, i risultati del progetto sono applicabili a enti pubblici, cooperative agricole, ricercatori e istituzioni formative. Le tecnologie sviluppate possono essere adattate anche ad altri settori che richiedono modelli predittivi e simulazioni, come gestione ambientale, monitoraggio territoriale, pianificazione delle risorse idriche, industria alimentare e agricoltura urbana.

SURE – Super -Resolution of Acoustic Images

Aree Tematiche: Artificial Intelligence / Industry / Security / Mobility / Environment / Software

Tipo di Progetto: Fondi d'Innovazione

Tecnologia sviluppata: tecniche di super-risoluzione per immagini acustiche, deep learning, few-shot learning, anomaly detection, modelli di Automatic Target Recognition (ATR).

Spoke ICSC coinvolto: Spoke 9

Coordinatore: Fincantieri

Partner: Università di Milano - Bicocca

Sintesi del progetto

SURE sviluppa tecniche avanzate di super risoluzione per migliorare la qualità delle immagini acustiche, un tipo di imaging fondamentale in ambiti come l'esplorazione subacquea, la difesa, l'ispezione industriale e la diagnostica medica. Il progetto combina algoritmi di Deep Learning, dataset sintetici e modelli di riconoscimento automatico per incrementare la nitidezza, i dettagli e l'accuratezza delle informazioni estratte da segnali acustici, tradizionalmente caratterizzati da bassa risoluzione.

Obiettivi

L'obiettivo del progetto è superare i limiti attuali dell'imaging acustico, sviluppando un sistema capace di ricostruire immagini più dettagliate e migliorare le capacità di riconoscimento degli oggetti in scenari complessi. Attraverso tecniche di super risoluzione e algoritmi di riconoscimento automatico, SURE punta a rendere l'imaging acustico uno strumento più preciso, versatile e utile per applicazioni operative, scientifiche e industriali.

Problemi e necessità affrontate

Le immagini acquisite da sonar e altri sistemi acustici soffrono di scarsa risoluzione spaziale, rendendo difficile identificare strutture, ostacoli o anomalie. Questo limita l'efficacia dell'imaging in contesti sensibili come la sicurezza marittima, le ispezioni strutturali, le ricerche archeologiche e la diagnostica medica. Inoltre, la mancanza di dataset acustici ad alta qualità rende complessa la formazione di modelli di AI robusti. SURE affronta questi

ostacoli migliorando sia la qualità visiva sia le capacità di riconoscimento automatico.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha addestrato algoritmi di super-risoluzione in grado di gestire degradazioni variabili nelle immagini, dimostrando che un detector addestrato su immagini restaurate supera significativamente le prestazioni ottenute su immagini originali. È stata inoltre avviata la creazione di un dataset sintetico di immagini acustiche per validare le soluzioni in scenari più realistici. Parallelamente, SURE ha sviluppato modelli di object detection basati su Deep Learning, framework addestrati su pochi esempi (Few-Shot Learning - FSL), e tecniche di anomaly detection. L'uso di risorse HPC ha accelerato la fase di prototipazione, facilitando la scelta dell'architettura più efficiente da eseguire successivamente su dispositivi Edge.

Benefici e ricadute

SURE può migliorare la sicurezza marittima, consentendo una più accurata localizzazione di oggetti e potenziali minacce sotto la superficie. Può supportare il monitoraggio ambientale, la protezione degli ecosistemi marini e la pianificazione scientifica. Le tecnologie di super-risoluzione possono inoltre essere trasferite alla diagnostica medica basata su ultrasuoni, favorendo immagini più nitide e diagnosi più precoci. Il progetto contribuisce anche allo sviluppo tecnologico in ambiti industriali, migliorando ispezioni e controlli non invasivi.

Settori che possono beneficiare dei risultati

Le soluzioni sviluppate sono applicabili in ambito marittimo, difesa, archeologia subacquea, monitoraggio ambientale, ispezioni industriali e diagnostica sanitaria. Università e centri di ricerca possono riutilizzare i modelli sviluppati per avanzare lo stato dell'arte dell'imaging acustico. Anche aziende che producono sonar, sensori subacquei o sistemi di imaging possono integrare gli algoritmi di SURE nei propri prodotti, offrendo prestazioni superiori su dispositivi dal costo contenuto.

WTM – HPC-scale wind turbine modelling and simulation for maintenance and forecasting

Aree Tematiche: Energy / Industry / Software

Tipo di Progetto: Fondi d'Innovazione

Tecnologia sviluppata: modellazione numerica, analisi SCADA e Machine Learning per manutenzione predittiva.

Spoke ICSC coinvolto: Spoke 6

Coordinatore: Eni SPA

Partner: Università di Roma – Sapienza

Sintesi del progetto

WINDMNT sviluppa strumenti di modellazione e analisi dati per migliorare l'efficienza operativa dei parchi eolici, riducendo i costi di manutenzione e aumentando l'affidabilità della produzione energetica. Il progetto combina simulazioni ad alta precisione, machine learning e dati raccolti in tempo reale (SCADA) per comprendere meglio fenomeni critici come l'erosione delle pale, l'accuratezza delle previsioni di potenza e le strategie di manutenzione predittiva.

Obiettivi

L'obiettivo è creare un insieme di workflow scientifici e industriali in grado di supportare le attività di Operation & Maintenance (O&M) delle wind farm. WINDMNT intende: stimare l'impatto dell'erosione delle pale sulla produzione energetica, migliorare le previsioni di potenza combinando modelli meteorologici e dati SCADA e sviluppare strumenti avanzati per la manutenzione predittiva basati su tecniche di machine learning. Il progetto funge da ponte tra attività di ricerca e applicazioni industriali reali.

Problemi e necessità affrontate

L'energia eolica affronta sfide tecniche che incidono sui costi operativi: l'erosione delle pale riduce significativamente l'efficienza aerodinamica, le previsioni di potenza sono spesso incerte e la manutenzione reattiva comporta costi elevati. Inoltre, i dati industriali utili per lo sviluppo di nuovi modelli non sempre sono facilmente accessibili per la ricerca. WINDMNT

affronta questi nodi fornendo strumenti affidabili e basati sui dati per valutare danni, prevedere criticità e pianificare interventi mirati.

Soluzioni sviluppate

Il progetto ha validato un workflow unico sviluppato per stimare l'impatto dell'erosione, testandolo con dati industriali reali e simulazioni di fluidodinamica computazionale (CFD) ad alte prestazioni. Parallelamente, sono state create nuove pipeline di machine learning per migliorare le previsioni di potenza e analizzare i segnali SCADA ai fini della manutenzione predittiva. Le attività hanno favorito la condivisione di dati e competenze tra industria e ricerca, elemento chiave per sviluppare modelli realmente applicabili.

Impatti

Migliorare la sostenibilità economica della produzione eolica contribuisce direttamente al raggiungimento degli obiettivi climatici di lungo periodo. Workflow più accurati consentono di ridurre costi di manutenzione, aumentare l'affidabilità degli impianti e migliorare la redditività dei progetti eolici, con benefici sia per le aziende che per i consumatori. Una produzione più efficiente supporta inoltre la transizione energetica verso fonti rinnovabili.

Settori di applicazione

Le metodologie sviluppate sono replicabili in ambiti che richiedono modellazione fisica avanzata, manutenzione predittiva o analisi su larga scala di dati sensoriali: energia, ingegneria industriale, impianti complessi e infrastrutture critiche. Anche università e centri di ricerca possono utilizzare i workflow per studiare fenomeni aerodinamici, ottimizzare modelli predittivi o rafforzare collaborazioni con l'industria.

