



da inviare via mail a bandopondottorati@uniroma2.it entro il 25/09/2021

Richiesta per borsa di studio da attivare ai sensi di quanto disposto dal D.M. n. 1061 del 10/08/2021

Il sottoscritto Fabio Del Frate qualifica Professore Associato afferente al Dipartimento di Ingegneria Civile e Ingegneria Informatica, Interno 7734 email fabio.del.frate@uniroma2.it

CHIEDE

l'attivazione di una borsa di studio di dottorato ai sensi di quanto disposto dal D.M. n. 1061 del 10/08/2021. A tal fine comunica quanto segue:

La borsa sarà attivata sul seguente corso di dottorato accreditato per il XXXVII ciclo: Computer Science, Control, Geoinformation

Area per la quale si presenta la richiesta (selezionare solo una delle due):

Innovazione

Green

Tipologia di cofinanziamento (pari ad euro 8000 una tantum):

Nome dell'Ente finanziatore pubblico o privato: _____

Persona di Riferimento: _____ Telefono _____

Email _____

Fondi di ricerca dipartimentali

Progetto di Ricerca (massimo 10.000 battute complessive spazi inclusi) che comprenda

Descrizione del Progetto:

Quello dell'inquinamento atmosferico e del suo impatto sulla salute umana è uno dei problemi ambientali più importanti che la società contemporanea deve affrontare. L'idea alla base di questo progetto di ricerca è quella di sfruttare le potenzialità offerte dalle più recenti piattaforme satellitari dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA) e dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) per migliorare in maniera significativa il monitoraggio della qualità dell'aria, soprattutto nelle aree urbane. In particolare, il progetto si propone di capitalizzare l'informazione contenuta dalla combinazione di varie tipologie di dati iperspettrali (ESA/Sentinel 5P e ASI/PRISMA) e multispettrali (ESA/Sentinel 3) per ricavare informazioni qualitative e quantitative sul carico di particolato atmosferico e sulla sua tipologia (composizione chimica), discriminando quindi il particolato 'inquinante' di origine antropica da quello di origine naturale. Questa informazione è chiave per comprendere l'impatto della composizione chimica del particolato atmosferico su ambiente e salute. Allo stato dell'arte, tale dettaglio sulla caratterizzazione del particolato da satellite non è disponibile per le attuali limitazioni delle misure in termini di risoluzione spaziale, oltre che per la difficoltà del problema inverso caratterizzato dall'interazione di diverse variabili.



Gli algoritmi di rete neurale, o più in generale di intelligenza artificiale, hanno delle potenzialità enormi nel telerilevamento satellitare perché riescono a individuare nei dati delle relazioni tra ingresso (misure radiometriche) e uscita (quantità chimico-fisiche) anche molto deboli e fortemente non lineari. D'altra parte questi modelli matematici non vanno utilizzati, come a volte succede, con un approccio black-box, senza avere cioè consapevolezza dei meccanismi fisici che ne determinano i parametri caratteristici. Per questo la loro progettazione deve essere affiancata all'utilizzo di modelli, sia chimici che fisici, che possano guidare nella scelta delle architetture e nella corretta esecuzione delle fasi di addestramento. A tal fine, quindi, il progetto utilizzerà una serie di modelli chimico-fisici e database allo stato dell'arte nel settore. In particolare verranno collezionate e archiviate simulazioni dei campi di aerosol con speciazione chimica fornita dal servizio Europeo Copernicus Atmospheric Monitoring Service (CAMS), complementate da simulazioni ottenute con un modello di chimica e trasporto globale allo stato dell'arte. A valle della simulazione dei campi di aerosol, si provvederà all'applicazione di un pacchetto software di post-processamento utile al calcolo delle proprietà ottiche del particolato a partire da singoli profili di aerosol simulati. Infine un modello di trasferimento radiativo utilizzerà i parametri ottici dei costituenti dell'aerosol ottenuti in precedenza per simulare le radianze e riflettanze misurate alla sommità dell'atmosfera e corrispondenti alle specifiche 'scene' generate dalle simulazioni modellistiche nei passi precedenti. È da osservare che il database generato avrà copertura globale, garantendo l'applicabilità degli algoritmi che verranno sviluppati in qualsiasi area di interesse.

L'impianto modellistico descritto consentirà di costruire un ambiente di simulazione nel quale la progettazione delle reti neurali potrà essere ben controllata e ottimizzata. In particolare le reti neurali verranno utilizzate sia per la stima delle quantità di interesse, sia per l'estrazione delle features più significative dal dato di ingresso. L'uso diretto dell'intero vettore di misure effettuate dalle piattaforme satellitari potrebbe infatti non essere consigliabile in quanto una rete, come qualsiasi altro algoritmo basato su machine learning, con un altissimo numero di ingressi non sarebbe in grado di generalizzare efficacemente su dati differenti da quelli utilizzati in fase di addestramento. Per tale ragione occorre l'utilizzo di algoritmi per la riduzione della dimensionalità del vettore in ingresso. Una volta completata la fase di progettazione con dati simulati, si passerà ai test con le misure dallo spazio nel quale dovranno essere considerate le attività di preelaborazione del dato satellitare e di co-localizzazione (temporale e geografica).

Le tipologie di aerosol che si intende riuscire ad identificare e quantificare tramite gli algoritmi sviluppati durante il progetto sono: particolato inorganico, particolato organico, carbonio elementare, polveri minerali, sale marino. Tale lista preliminare potrà essere rivista e arricchita in fase di realizzazione. Questo tipo di differenziazione, rispetto alle miscele ad oggi considerate, rende molto più agevole il confronto diretto con i modelli e con le stime da campioni in-situ.

La validazioni degli algoritmi di rete neurale avverrà utilizzando di nuovo il CAMS che rende disponibile una serie di dati dai quali è possibile mettere in corrispondenza misure satellitari e valori attesi dei parametri di interesse. È inoltre prevista la continuazione della collaborazione già in corso, con l'Università dell'Aquila per quanto riguarda l'uso di modelli di simulazione dei campi di aerosol.

Obiettivi formativi:

- Sviluppo della capacità di utilizzo di modelli di trasferimento radiativo già esistenti per poter simulare le grandezze elettromagnetiche di interesse
- Sviluppo della capacità di pre-elaborazione e assimilazione di dati satellitari provenienti da piattaforme differenti



- Sviluppo della capacità nell'uso di algoritmi di Machine Learning per la riduzione di dimensionalità dei dati
- Sviluppo della capacità di progettazione e ottimizzazione di reti neurali artificiali per la stima di parametri atmosferici da misure elettromagnetiche
- Sviluppo della capacità di identificazione di opportune procedure di test e validazione

Attività previste:

- Analisi fisica per l'identificazione di tutte le bande utili per gli algoritmi di stima
- Progettazione dei vettori di ingresso alle reti a partire dalle misure satellitari
- Progettazione di reti neurali autoassociative per l'estrazione di componenti principali non lineari
- Generazione di coppie ingresso uscita utilizzando approccio modellistico con inserimento di procedure per la considerazione del rumore strumentale
- Generazione di coppie ingresso uscita basate su raccolta dati a terra
- Bilanciamento e distribuzione dei dati per le fasi di training, test e validazione
- Progettazione architetture neurali per la generazione di prodotti di speciazione particolato
- Analisi di performance delle reti progettate
- Analisi dei carichi computazionali e individuazione delle migliori soluzioni in termini di High Performance Computing tramite utilizzo di piattaforme cloud e/o GPU
- Implementazione finale catene end-to-end
- Scrittura articoli scientifici e partecipazione conferenze

Attinenza del progetto all'area indicata:

Il particolato atmosferico viene collocato tra i principali fattori di rischio ambientale per la salute. L'esposizione ad inquinamento atmosferico è particolare poiché è estesa a tutta la popolazione, è praticamente inevitabile (soprattutto per i cittadini di grandi aree urbane) e non è riducibile a zero. La maggior parte degli studi sul particolato effettuati finora mostrano l'esistenza di associazioni statistico-epidemiologiche, ovvero una supposta consequenzialità causale tra l'aumento di inquinamento e l'aumento di patologie. L'aerosol ha effetti anche sul microclima urbano. Infatti, nelle città l'inquinamento dell'aria contribuisce all'effetto "isola di calore" poiché inibisce la perdita di radiazioni a onde lunghe di notte. L'aerosol ha inoltre effetti sugli ecosistemi e sulle superfici. Ad esempio, in seguito a deposizione secca o umida, può contribuire all'acidificazione e all'eutrofizzazione dell'ambiente terrestre e acquatico. L'acidificazione dei suoli può portare al rilascio di elementi tossici come l'alluminio, comportando seri danni alle piante e alle varie forme di vita acquatica. Inoltre si hanno effetti diretti sulla vegetazione in relazione ad un'azione acida e ossidante delle particelle, che porta al danneggiamento dei tessuti vegetali. Il monitoraggio della generazione di aerosol, soprattutto da parte di attività antropiche, è quindi molto importante ai fini della sostenibilità ambientale.

Risultati attesi:

Ci si attende che le metodologie e gli output del progetto potranno consentire un livello di dettaglio della mappatura di inquinanti atmosferici attenzionati dalla comunità internazionale mai raggiunta prima, sia in termini di risoluzione spaziale che in termini di contenuto scientifico del prodotto. Il progetto infatti, con l'ambizione di arrivare a fornire un prodotto di quantità e tipologia di particolato da satellite, può dare seguito a una vasta serie di applicazioni, anche a carattere multidisciplinare, come le seguenti:



- Individuare sorgenti locali e hot spot di inquinamento atmosferico su scala urbana e suburbana
- Valutare e quantificare gli effetti di decisioni legate a politiche ambientali eco-sostenibili, come domeniche ecologiche, ZTL e più, in generale, tutte le misure volte alla riduzione di particolato.
- Condurre studi di impatto climatico dell'aerosol, essendo questo fortemente dipendente dalla tipologia del particolato presente nella colonna atmosferica.
- Fornire supporto e dati, con dettaglio e copertura spaziale non possibili fin ora, a studi di follow up di carattere tossicologico ed epidemiologico per valutare le correlazioni tra tipologia di particolato atmosferico e morbilità/mortalità legate a livelli di inquinamento atmosferico outdoor nel breve e nel lungo termine.

Azienda pubblica o privata coinvolta nazionale o straniera in cui si prevede di far svolgere il periodo obbligatorio da 6 a 12 mesi previsto dal Decreto Ministeriale: GEO-K SRL

Firma