



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

Il sottoscritto Daniele Carnevale, qualifica professore associato afferente al Dipartimento di Ingegneria Civile e Ingegneria Informatica (DICII), Interno 7428, email: daniele.carnevale@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 and 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: Vitrociset (Leonardo divisione Electronics)

Persona di Riferimento: Matteo Nobili, Telefono +39 06 8820 4736 (fax 2360)

Email: m.nobili@vitrociset.it

Fondi di ricerca dipartimentali

Progetto di Ricerca

Descrizione del Progetto:

E' drammaticamente evidente la necessità di trovare fonti alternative di energia pulita in grado di sopperire alla domanda globale di energia sempre crescente ed in grado di assicurare un approvvigionamento quanto più costante indipendente da fattori ambientali e climatici. Una delle promesse più appetibili per l'umanità è quella di ricavare energia pulita attraverso il processo di fusione nucleare, un processo con potenzialità enormi ma che presenta ancora molte difficoltà e sfide tecnologiche che devono essere risolte. Uno dei maggiori problemi dei reattori a fusione, chiamati Tokamak (macchine per il confinamento magnetico del plasma), è l'individuazione repentina del formarsi di fenomeni instabili in grado di portare alla perdita di confinamento del plasma, chiamata "disruzione", ovvero ad uno spegnimento repentino e incontrollato del reattore con conseguenze dannose o addirittura fatali per la struttura meccanica. E' in questo ambito che, grazie alla pluridecennale esperienza che il nostro gruppo ha accumulato lavorando su diversi tokamak europei (FTU – Frascati, JET – Oxford, TCV – Losanna, ASDEX – Monaco, COMPASS - Praga), proponiamo una serie di innovative soluzioni, sia algoritmiche basate su AI che architetturali sfruttando gli innovativi CUDA cores, per l'individuazione anticipata di tali fenomeni disruttivi a partire da dati misurati in real-time dall'impianto (Mirnov coils e parametri di plasma) e di tecniche di spegnimento plasma ad apprendimento automatico per migliorare la sicurezza degli impianti di fusione. Il progetto di dottorato prevede quindi lo sviluppo di tecniche basate su AI i cui risultati iniziali, ottenuti dalla collaborazione già in essere tra il nostro gruppo di ricerca



e la Leonardo Electronics (Vitrociset), hanno già permesso di migliorare notevolmente le stime del tempo di disruzione utilizzando i dati del precedente tokamak di Frascati, FTU, ora spento e dismesso per permettere la costruzione del nuovo Divertor Tokamak Test (DTT) sempre presso i laboratori ENEA di Frascati. Lo sviluppo ulteriore di questa promettente tecnica basata su AI dovrà essere validata utilizzando dati sintetici prodotti da simulatori di disruzioni di altri due tokamak in funzione, il JET ad Oxford e TCV a Losanna, e dovranno essere affinati gli algoritmi di addestramento delle reti neurali affinché si possa inferire correttamente e preventivamente il fenomeno disruttivo anche sui dati reali dell'impianto. Tali studi riguardo la possibilità di addestrare reti neurali su dati simulativi che siano poi validati da risultati mediante dati sperimentali è innovativo ed ancora non affrontato in ambito internazionale ma è necessario per avere sistemi di detection preventiva in grado di funzionare per le macchine nuove che non dispongono di dati sperimentali, ovvero per macchine in costruzioni quali ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) e per il futuro DTT, che è attualmente in costruzione a pochi chilometri dalla nostra Università e con il quale si prevedono forti collaborazioni in virtù degli ottimi rapporti costruiti in passato. Il progetto prevede altresì, una volta individuato l'approssimarsi di un fenomeno disruttivo, lo sviluppo di tecniche di spegnimento rapide del plasma. Effettuare uno spegnimento rapido del plasma, e quindi della sua corrente, comporta difficoltà notevoli dal punto di vista del confinamento di posizione della colonna di plasma. In questo ambito il nostro gruppo sta sviluppando delle tecniche innovative di controllo basate su approcci misti di AI e di un nuovo concetto di sviluppo di un grafo dinamico in grado di approssimare comportamenti di sistemi non lineari, qual è il movimento di una colonna di plasma specialmente nel caso di decrescita rapida della sua corrente, che sembra in grado di fornire soluzioni per stabilizzazioni robuste e che allo stesso tempo permettano un'allocatione efficiente delle correnti nelle coil del tokamak evitando dannose saturazioni. Tali studi, permetterebbero di sviluppare un nuovo metodo di controllo applicabile non solo a Tokamaks, ma ad impianti dinamici sottoposti a vincoli con dinamiche sia lineari e non lineari di cui si conosce un modello simulativo oppure si dispone di dati sperimentali, quali ad esempio droni, rover terrestri, satelliti etc...

Obiettivi formativi:

Lo studente di dottorato dovrà studiare i fenomeni fisici di base che permettono la comprensione del fenomeno delle disruzioni e delle tecniche di controllo di posizione del plasma, così come specifiche tecniche di AI e di implementazione di reti neurali per architetture basate su CUDA cores che vengono messe a disposizione da Leonardo (art.2, punto 2.h del disciplinare di attuazione). Lo studente verrà incluso in un team nel quale potrà sviluppare, oltre a capacità tecnico-scientifiche, quelle collaborative e di organizzazione della ricerca in questo specifico settore che dovrà essere, alla fine del percorso, di sua piena competenza (art.2, punto 2.f del disciplinare di attuazione). Lo studente dovrà imparare ad interfacciarsi con il mondo industriale partner di questo progetto di dottorato e tradurre gli obiettivi scientifici teorici in risultati implementabili in real-time acquisendo abilità teoriche e pratiche. Lo studente verrà guidato nella sottomissione dei lavori a conferenza e rivista così da formarlo nella scrittura e divulgazione dei risultati scientifici (art.2, punto 2.g del disciplinare di attuazione).

Attività previste:

E' previsto un primo periodo di formazione sugli argomenti chiave del progetto di ricerca presso l'Università ed in seguito verranno sviluppate, insieme al team formato da personale universitario e della Leonardo, metodologie innovative verificandone l'efficacia sui tokamak in funzione. In particolare si prevede un periodo all'estero complessivo di almeno 3 mesi presso il centro di ricerca sulla fusione del



politecnico di Losanna (EPFL) e successivi 6 mesi di collaborazione diretta presso la sede Vitrociset di Roma per l'implementazione degli algoritmi di predizione e controllo su architetture CUDA cores (art.2, punto 2.d del disciplinare di attuazione).

Attinenza del progetto all'area indicata:

I risultati delle ricerche del percorso di dottorato mirano a risolvere uno dei maggiori problemi dei reattori a fusione, che sono attualmente la scommessa più grande che il genere umano sta affrontando per ottenere energia pulita.

Risultati attesi:

La crescita tecnico-scientifica dello studente di dottorato che, portando a termine le attività proposte, dovrebbe fornire tecniche metodologiche e implementative innovative per il problema delle disruzioni nei tokamak ed un'approccio metodologico di controllo che potrà essere applicato anche a sistemi diversi da tokamak (satellity, robot, rover etc...).

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: Vitrociset, Leonardo divisione Electronics, via Tiburtina 1020 - 00156, Roma.

Firma