



MANIFESTAZIONE DI INTERESSE PER LA SELEZIONE DI PROGETTI DI DOTTORATO DI RICERCA

Titolo della tematica di ricerca

(Max 300 caratteri spazi inclusi)

Applicazioni in ambito biomedico e socio-sanitario di problemi inversi di grande complessità {208}

Atenei coinvolti

Università degli Studi di Modena e Reggio

Università degli Studi di Ferrara

Università degli Studi di Bologna

Università degli Studi di Parma

Gli atenei coinvolti devono essere pari al numero di 4 (quattro)

Coordinatore della tematica (Cognome Nome) ZANNI Luca

CV all. n. 1

Docenti coinvolti nelle diverse sedi universitarie che aderiscono al progetto di ricerca

Clic sul pulsante per inserire ulteriori righe

Docente (Cognome Nome)	CV all. n.	Sede ateneo
RUGGIERO Valeria	2	Università degli Studi di Ferrara
CONTUCCI Pierluigi	3	Università degli Studi di Bologna
BURIONI Raffaella	4	Università degli Studi di Parma
GIBERTI Claudio	5	Università degli Studi di Modena e Reggio
COSCIA Vincenzo	6	Università degli Studi di Ferrara
LOLI PICCOLOMINI Elena	7	Università degli Studi di Bologna
CASARTELLI Mario	8	Università degli Studi di Parma
LEONCINI Mauro	9	Università degli Studi di Modena e Reggio
ZANGHIRATI Gaetano	10	Università degli Studi di Ferrara
GIARDINA' Cristian		Università degli Studi di Modena e Reggio

VERNIA Cecilia		Università degli Studi di Modena e Reggio
PRATO Marco		Università degli Studi di Modena e Reggio
BONETTINI Silvia		Università degli Studi di Ferrara
ZAMA Fabiana		Università degli Studi di Bologna
LANDI Germana		Università degli Studi di Bologna
MENEGATTI Mauro		Università degli Studi di Parma
<i>I CV allegati max 1.000 caratteri ciascuno</i>		

Abstract del progetto di ricerca

(Max 4.500 caratteri spazi inclusi)

Il progetto si propone di sviluppare modelli e metodi matematici di supporto ai processi decisionali in ambito biomedico e socio-sanitario. In tali ambiti è frequente la richiesta di strumenti automatici per le predizioni o il supporto alle decisioni. Esempi rilevanti sono forniti dai problemi di riconoscimento automatico di segnali ed immagini in diagnostica medica (classificazione di immagini digitali), in biologia computazionale e in neuroscienze (analisi di sequenze geniche e proteiche, classificazione di dati di risonanza magnetica funzionale) e dalla predizione di comportamenti collettivi a partire da dati statistici, con applicazioni alle politiche sociali nelle strategie di prevenzione sanitaria (pianificazione di campagne di prevenzione tumori, screening epidemiologico sul territorio) e di integrazione delle popolazioni immigrate (impatto economico e culturale). La proposta formativa del progetto si inserisce in questo contesto con l'obiettivo di formare professionisti con solide competenze di matematica computazionale e di modellizzazione, in grado di interpretare e tradurre in strumenti automatici di risoluzione alcune tra le problematiche più significative che emergono nell'ambito della rete della salute. Le esperienze del gruppo proponente in modellistica matematica, progettazione di algoritmi e realizzazione di software matematico si inquadrano a pieno nell'obiettivo proposto.

Dal punto di vista matematico, le tematiche considerate sono interpretabili come "problemi inversi", ossia problemi in cui si vogliono inferire le risposte del fenomeno studiato in modo indiretto, attraverso la conoscenza di altre proprietà del fenomeno. L'obiettivo della proposta è di utilizzare i recenti progressi teorici sui problemi inversi per sviluppare modelli, metodi e strumenti efficaci nei seguenti ambiti: i) imaging digitale e connesse tecniche di analisi; ii) pianificazione e ottimizzazione dei programmi di screening.

i) I principali approcci ai problemi di imaging digitale derivano dalla loro riformulazione come problemi inversi e dalla conseguente applicazione della teoria della regolarizzazione per affrontare la loro ben nota mal positura attraverso la risoluzione di problemi di ottimizzazione. Si basano su questi approcci importanti tecniche di diagnostica per immagini in ambito medico (TAC, PET, SPECT, RX digitale,...), di microscopia elettronica 2D e 3D in ambito biologico e di classificazione automatica di segnali e immagini in vari settori della biologia computazionale. L'obiettivo è ottimizzare i modelli esistenti per i vari contesti biomedici con lo scopo di sviluppare pacchetti software efficienti in grado di processare l'enorme mole di dati (dell'ordine dei milioni e oltre per immagini 3D) coinvolti in queste applicazioni. Data l'alta complessità computazionale, il progetto prevede l'implementazione di algoritmi adatti a sfruttare le caratteristiche parallele delle moderne architetture di tipo cluster multicore o basate su microprocessori Graphics Processing Units (GPU), attualmente disponibili a basso costo.

ii) In ambito socio-sanitario, la creazione di modelli per la descrizione di comportamenti collettivi a partire da dati empirici è ancora in fase iniziale. Uno dei punti cruciali riguarda la specificazione della struttura delle interazioni tra gli individui di una rete sociale e la sua descrizione quantitativa. La Discrete Choice Theory (DCT) di D. Mc Fadden (Nobel Economia nel 2000), già usata per predire le preferenze di una popolazione a partire da dati empirici, ha il limite di non considerare

l'interazione tra gli individui. Il progetto si propone di generalizzarla, introducendo l'interazione fra gli individui e studiando il problema inverso per la stima delle intensità delle interazioni attraverso i metodi della meccanica statistica. Inoltre le funzioni di utilità della DCT generalizzata risultano simili a quelle utilizzate nei problemi di imaging, realizzando così una efficace sinergia con la problematica i). La quantificazione del peso del comportamento imitativo degli individui renderà possibili previsioni sulla risposta a politiche di prevenzione sanitaria e l'individuazione di adeguate strategie nelle campagne di screening, in particolare per la prevenzione dei tumori. Anche in questo caso, il progetto prevede analisi teoriche (scelta del modello di interazione tra gli individui e dei parametri ottimali) e applicative, con lo sviluppo di algoritmi efficienti di ottimizzazione discreta {5}

Sintesi del progetto formativo (quali competenze si prevede che acquisisca il dottorando)

(Max 2.500 caratteri spazi inclusi)

Il progetto si propone di formare una figura di tecnologo con competenze su modelli e metodi della simulazione computazionale e del calcolo scientifico. L'obiettivo è formare profili con spiccate propensioni interdisciplinari per tradurre le istanze provenienti dall'ambito biomedico e socio-sanitario in problemi efficacemente affrontabili e risolvibili. Tale figura professionale potrà spendere le competenze acquisite in aziende e centri specializzati nell'elaborazione di immagini e in strutture sanitarie pubbliche e private in cui sia necessario gestire sistemi informativi per la sanità.

In particolare alcuni dottorandi saranno indirizzati principalmente all'ambito delle bioimmagini, altri a quello della modellistica statistica sui fenomeni socio-sanitari, ma entrambe le figure dovranno possedere capacità di formalizzare problemi nel discreto e solide competenze numeriche e statistiche. Verranno fornite a tutti i dottorandi le conoscenze necessarie per poter costruire software (basato sui più recenti risultati scientifici dell'ottimizzazione numerica), per le moderne architetture di calcolo, quali, ad esempio, i microprocessori GPU, sempre più diffusi a causa del loro basso costo e delle loro notevoli prestazioni. Saranno inoltre fornite competenze su metodi numerici di tipo Monte Carlo, su tecniche di campionamento statistico per i sistemi con interazione e sull'analisi teorico-modellistica di sistemi "small world".

L'alta qualificazione nella ricerca pura e applicata che verrà fornita permetterà di incrementare in maniera significativa le opportunità di inserimento lavorativo in settori tecnologicamente avanzati dei servizi e della produzione, presenti anche sul territorio regionale. Oltre al nucleo fondante di solide basi finalizzate a dare strumenti per produrre innovazione, vanno sottolineate le competenze trasversali in ambito informatico e statistico, immediatamente spendibili dal punto di vista professionale e altamente richieste dal mercato del lavoro.

I dottorandi avranno l'opportunità di interagire con gruppi di ricerca con cui sono aperte collaborazioni scientifiche pluriennali (DISI-UNIGE, Computer Science Dep.-University of Wisconsin, School of Eng.,Physics and Math.-Univ. Dundee, Lab. de Physique et Matière-Univ.Paris VI, Istituto Sistemi Complessi-Roma e Firenze, Sapienza-UNIROMA, Dip.Biochimica-Univ. Zurich, Tokyo Institute of Technology, Princeton University, Eurandom Eindhoven, Institut Poincaré-Paris). {36}

Ruolo delle singole sedi universitarie (in termini di: ricerca, messa a disposizione di laboratori, competenze, banche dati, ecc)

(Max 2.500 caratteri spazi inclusi)

-Competenze di ricerca

Nelle sedi di Ferrara, Modena-Reggio Emilia e Bologna partecipano al progetto sia fisici matematici esperti nello studio di modelli della meccanica statistica, sia analisti numerici e informatici con competenze nell'ambito dell'ottimizzazione numerica, con particolare riguardo all'apprendimento

statistico, al data mining, alla ricostruzione di immagini e allo sviluppo di algoritmi per architetture di calcolo parallelo ad alte prestazioni. In particolare, il pacchetto software parallelo PGPDT, molto diffuso a livello internazionale per l'addestramento della metodologia di apprendimento statistico Support Vector Machines, è stato realizzato da alcuni docenti di Modena e Ferrara che partecipano al presente progetto. Nella sede di Parma partecipano al progetto fisici esperti in meccanica statistica e processi diffusivi su grafi a topologia complessa, sistemi disordinati e sistemi dinamici ed un economista con competenze sulle applicazioni della Decision Theory.

-Laboratori

In tutte le sedi sono disponibili laboratori di calcolo scientifico: a Modena, Ferrara e Bologna sono presenti server con schede multi-GPU NVIDIA Fermi; sono inoltre accessibili i sistemi di supercalcolo del CINECA nell'ambito di progetti ISCRA già finanziati. Nella sede di Parma è disponibile un cluster di 14 macchine biprocessore ed è accessibile una macchina Turing con 132 processori presso la sede INFN di Milano.

-Biblioteche

Tutte quattro le sedi possiedono sistemi bibliotecari di ateneo con un notevole patrimonio librario e pubblicazioni scientifiche (anche elettroniche) di carattere specialistico in tutte le discipline. E' possibile accedere (anche con prestito interbibliotecario e document delivery) a pubblicazioni di ambito matematico-informatico-fisico e anche di carattere applicativo.

-Banche dati

Sono disponibili i dati raccolti dalla ASL di Parma nel periodo 2003-2009 durante la campagna di prevenzione del tumore del collo dell'utero e si avrà accesso a dati di altri screening relativi sia a popolazione maschile che femminile nonché a immigrati divisi per nazionalità. Altri dati di natura bio-medica sono disponibili tramite il Centro di ricerca "Mathematics for Technology Medicine and Bioscences" dell'Università di Ferrara.

-Internazionalizzazione

Nelle quattro sedi sono disponibili fondi per finanziare periodi di studio e ricerca all'estero presso i centri internazionali con cui sono già in atto le collaborazioni citate al punto precedente. {4}

Per i progetti interdisciplinari indicarne le peculiarità

(Max 2.500 caratteri spazi inclusi)

Al progetto partecipano matematici, fisici, informatici ed economisti con background scientifico differente e complementare. Questa sinergia di competenze è stata concepita con l'obiettivo di formare un profilo professionale di tecnologo con forti capacità di interagire e di comunicare con specialisti del settore biomedico e sanitario, superando il gap culturale rappresentato dalla complessità dei diversi linguaggi tecnico-scientifici. Questo gap spesso non consente di capire a pieno le problematiche del settore biomedico e di poter rispondere con strumenti innovativi che siano di facile utilizzo anche per non esperti in ambito matematico-computazionale. L'idea è di mettere in contatto fin dall'inizio del percorso formativo i dottorandi con le realtà mediche e socio-sanitarie da cui derivano i dati che si intende elaborare, fornendo al contempo le conoscenze in linea con lo stato attuale della ricerca sulle bioimmagini e sui modelli di cooperazione sociale.

Lo scopo è di creare professionalità capaci di inserirsi nei contesti scientifici-tecnologici non solo in ambito sanitario, ma anche in realtà in cui le competenze sull'analisi delle immagini e sui modelli di interazione sociale - oltre a quelle trasversali statistiche e informatiche - rappresentano un valido supporto (telerilevamento, prospezione, protezione territorio, diagnostica e conservazione di beni culturali, pianificazione di strategie sociali ed economiche).

Gli obiettivi formativi che si intende perseguire richiedono, oltre a una profonda interazione di competenze multidisciplinari, una stretta collaborazione tra i proponenti del progetto. Il gruppo degli analisti numerici collabora già da anni sullo sviluppo di metodi e software di ottimizzazione numerica per problemi inversi e data mining, ottenendo contributi scientifici significativi nell'ambito di progetti FIRB2001 ("Parallel Algorithms and Numerical Nonlinear Optimization"; "Statistical Learning: Theory, Algorithms and Applications") e PRIN ("Inverse Problems in Medicine and Astronomy",2006;"Optimization methods and software for inverse problems",2008). Il gruppo di fisica matematica ha già sviluppato parte della modellistica necessaria alle tematiche di ricerca proposta, soprattutto nell'ambito dei progetti "Mathematical methods in social and economical sciences" (2007-2011,UniBo), "Cultaptation (2007-2009, EU Grant),"Competition and cooperation in social and biological science" (2010-2012, UniMoRe). {33}

Numero di borse richieste e indicazione dell'attribuzione alle singole sedi universitarie

Clic sul pulsante per inserire ulteriori righe

		[REDACTED]
<i>(Max 4 atenei)</i>		N. borse
Sedi Atenei	Università degli Studi di Modena e Reggio	2
Sedi Atenei	Università degli Studi di Ferrara	1
Sedi Atenei	Università degli Studi di Bologna	1
Sedi Atenei	Università degli Studi di Parma	1

Impatto e ricaduta sul territorio del progetto nell'ambito degli indirizzi contenuti PTR

(Max 2.500 caratteri spazi inclusi)

Il progetto si inserisce negli obiettivi del PTR relativamente ai seguenti punti:

-“la rete della salute”, per quanto attiene alle possibilità di affiancare strumenti automatici per l’analisi dei dati della diagnostica per immagini ai tradizionali processi di diagnosi; un esempio può essere la decodifica di stati del cervello dai dati di fMRI; l’obiettivo è quello di arrivare alla produzione di software, anche su architetture ibride CPU/GPU a basso costo ma di elevate prestazioni, da rendere disponibile sia a strutture pubbliche che private. Proprio i costi contenuti (una scheda Fermi attualmente con oltre 400 core ha un costo di circa 2000 euro) permettono l’acquisizione di strumenti simili non solo da parte di enti pubblici ma anche di strutture private, quali possono essere i laboratori dentistici, per le immagini ottenute da RX digitali;

-“la rete della salute” e “l’integrazione fra politiche sociali e sanitarie”, per quanto attiene alle strategie socio-sanitarie con cui pianificare campagne di prevenzione sulla base di modelli in grado di predire la risposta da parte dei cittadini in modo significativamente affidabile; anche in questo caso l’obiettivo è quello di produrre strumenti automatici che inglobino le conoscenze teoriche mettendole a disposizione degli operatori del settore socio-sanitario che operano sul territorio, ma anche di osservatori e centri di ricerca che eseguono sperimentazioni in ambito di cure preventive;

-“promuovere la ricerca biomedica”: il progetto proposto s’inserisce nell’obiettivo di valorizzare la disponibilità di strumentazioni di alto livello (sia di digital imaging, sia a livello di architetture di calcolo) già presenti sul territorio emiliano-romagnolo, incrementando le possibilità di analisi dei dati mediante strumenti automatici. Interpretazioni più approfondite dei dati rilevati possono aumentare la qualità delle sperimentazioni condotte dai ricercatori biomedici;

-“opportunità dell’ICT”: una ricaduta del progetto vuole essere quella di formare professionisti in grado di costruire software per sistemi di elaborazione con alta efficienza, attualmente disponibili a basso costo, ma non ancora diffuse - se non a livello di “ambienti di ricerca”- per le difficoltà di programmazione, in maniera tale da permettere una maggiore penetrazione di tali architetture nella produzione e nei servizi, sia in ambito pubblico che privato. {90}

Alla presente manifestazione di interesse devono essere allegati, oltre al curricula del coordinatore e dei docenti, anche le delibere dei singoli Collegi di dottorato coinvolti nel progetto di ricerca.