

All.A)

REG. n. _____ del _____

SST/GD

**CONVENZIONE TRA LA SCUOLA NORMALE SUPERIORE DI PISA E
L'ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA**

La Scuola Normale Superiore di Pisa (nel seguito per brevità indicata "Scuola") con sede in Pisa, piazza dei Cavalieri n. 7, (c.f.80005050507) rappresentata dal Direttore Prof. Salvatore Settis, nato a Rosario (RC) l'11 giugno 1941

E

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (nel seguito per brevità indicato "INGV"), con sede in Roma, via di Vigna Murata n. 605, (c.f.06838821004) rappresentato dal Presidente Prof. Enzo Boschi, nato ad Arezzo, il 27 febbraio 1942

PREMESSO CHE

- La Scuola Normale Superiore prevede tra i suoi fini istituzionali, quello di promuovere, secondo le norme contenute nello Statuto della Scuola stessa, la ricerca e la cultura scientifica, anche mediante studi di perfezionamento;
- L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia si interessa a ricerche in ambito geofisico e vulcanologico, anche nell'ambito della modellistica matematica e delle tecnologie avanzate;

- La Scuola Normale Superiore e l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia sono interessati a collaborare nell'ambito di un corso di perfezionamento su argomenti di Matematica Applicata e in particolare sulle tematiche di cui all' Allegato che costituisce parte integrante della presente convenzione;
- La Scuola Normale Superiore ha istituito un corso di Perfezionamento nell'Ambito della Matematica Applicata su tematiche tecnologiche a partire dall'anno accademico 2000/2001;
- L'aspetto di ricerca nell'ambito geofisico può trarre notevole implemento dalla Matematica Applicata. In questo quadro la Matematica assume un quadro di crescente importanza per vari motivi: messa a punto di nuovi algoritmi numerici, elaborazione di codici o adattamento a problematiche geofisiche di codici esistenti, informatizzazione e automatizzazione di procedure e sensori;
- In tale contesto l'istituzione del perfezionamento in Matematica per le Tecnologie Industriali e la Finanza – indirizzo in Matematica per le Tecnologie Industriali, a cui contribuisce la presente Convenzione fra la SNS e l'INGV, presenta una indiscutibile rilevanza sul piano nazionale. Il suo scopo è proprio quello di estendere le conoscenze dei laureati in matematica, fisica o ingegneria per imparare ad affrontare, principalmente sulla base di esempi concreti, problemi nuovi nei settori della modellizzazione matematica, del calcolo scientifico e della simulazione numerica anche in ambito geofisico. Ciò pare tanto più promettente considerando l'opportunità che si dà ai giovani di talento di svolgere

ricerche di base motivate da esigenze di approfondimento della comprensione dei fenomeni naturali;

TANTO PREMESSO

SI CONVIENE E SI STIPULA QUANTO SEGUE:

Art. 1

La Scuola Normale Superiore di Pisa bandisce, per l'anno accademico 2004/2005, il concorso per il Corso di Perfezionamento in Matematica per le Tecnologie Industriali e la Finanza – per gli indirizzi di Matematica per le Tecnologie Industriali e di Matematica per la Finanza, di durata triennale, per il numero complessivo di n. 5 posti di cui n. 4 coperti finanziariamente dalla Scuola Normale Superiore, due per ciascuno indirizzo, e uno, per l'indirizzo di Matematica per le Tecnologie Industriali, dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Il Corso verrà articolato in tre anni secondo le modalità didattiche proprie della Scuola.

L'attività del triennio comprenderà un'attività didattica e un'attività di ricerca sulle tematiche e con le modalità indicate nel progetto istitutivo del Corso.

Alla fine del corso, gli studenti saranno ammessi a sostenere l'esame per il conferimento del Diploma di Perfezionamento, equipollente al Dottorato di Ricerca.

Art. 2

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia si impegna a finanziare n. 1

posto di perfezionamento triennale per l'anno accademico 2004/2005, mediante l'erogazione di un contributo annuo omnicomprensivo pari a € 13.750= di cui € 8.900 per contributo didattico, € 3.600= per contributo mancato alloggio e € 1.250= per contributo spese generali.

L'INGV si impegna a finanziare almeno una borsa di perfezionamento per ciascuno dei cicli triennali che avranno inizio negli anni accademici dal 2005/2006 al 2008/2009.

Il numero di tali posti sarà concordato annualmente dalla Scuola Normale Superiore e dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Eventuali incrementi dei contributi determinati dal Consiglio Direttivo della Scuola per gli anni accademici successivi al primo saranno assunti a proprio carico dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

L'INGV si impegna a trasferire alla Scuola l'importo annuo entro il mese di gennaio dell'anno accademico di riferimento.

Art. 3

Le attività relative alla convenzione saranno definite di concerto dalla Scuola Normale Superiore e l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

L'INGV si impegna a mettere a disposizione le sue strutture per i perfezionandi che svolgeranno il loro programma di studio e di ricerca sui temi di interesse dell'Istituto stesso.

Art. 4

La presente convenzione ha durata quinquennale a partire dall'anno accademico 2004/2005, salvo eventuale disdetta di una delle parti contraenti da comunicarsi per iscritto almeno sei mesi prima della scadenza, assicurando

comunque il completamento dei cicli di perfezionamento già in corso.

Pisa, _____ Roma, _____

Il Direttore della Scuola

Normale Superiore

Prof. Salvatore Settis

Il Presidente dell'Istituto

Nazionale di Geofisica e

Vulcanologia

Prof. Enzo Boschi

ALLEGATO

La geofisica è la scienza che si occupa della comprensione dei processi fisici che governano la Terra e lo spazio che la circonda. Tradizionalmente, una parte della geofisica, cosiddetta “geofisica di esplorazione” si rivolge allo studio della parte più superficiale della crosta terrestre per la ricerca di depositi minerali, riserve di combustibili, riserve geotermiche o di acque sotterranee e in questo ambito vengono utilizzati metodi di indagine di tipo indiretto. La presenza di corpi e strutture del sottosuolo è messa in evidenza misurando in superficie gli effetti fisici da questi prodotti o misurando le variazioni di alcuni parametri fisici nel sottosuolo stesso una volta soggetto ad opportune sollecitazioni (di tipo sismico, elettrico, magnetico, ecc.). Da questa costola nasce anche il settore della geofisica che studia i terremoti: in questo caso, da rilevazioni di superficie si cerca di capire dove e con che intensità si è generato il sisma.

Esistono tuttavia, accanto a questi tradizionali campi di indagine geofisica, tutta una serie di problematiche riconducibili anch'esse all'accezione originaria del termine geofisica, e riguardanti lo studio, diretto o indiretto, della dinamica dei fenomeni fisici che avvengono nel mantello terrestre, nella crosta, sulla superficie terrestre e in atmosfera. Si tratta di problemi spesso caratterizzati da una natura multifase del fluido coinvolto, grande variabilità spazio-temporale dei processi, presenza di frontiere libere, transizioni sub/super soniche del flusso con nascita di shock, fenomeni di isteresi, condizioni al contorno su frontiere “sharp”, effetti non-lineari di tipo “Butterfly”, ecc. In Appendice vengono riportati solo alcuni dei possibili problemi, ma già questi temi danno un'idea della molteplicità e complessità dei fenomeni da indagare. La descrizione quantitativa di tale universo così variegato di processi non-lineari, in cui spesso sul determinismo prevale il comportamento caotico descrivibile solo statisticamente, necessita ovviamente di strumenti matematici adeguati alla complessità dei fenomeni.

Da questa esigenza nasce la necessità di una collaborazione tra la Scuola Normale Superiore di Pisa e l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, sede di Pisa, nell'ambito della Matematica Computazionale e Applicata. I principali quattro campi di indagine individuati, tutti comunque volti alla “ simulazione matematica” dei fenomeni geofisici, sono:

1) Risoluzione delle equazioni differenziali alle derivate parziali

Questo campo di indagine è mirato alla formulazione e risoluzione di sistemi di equazioni differenziali alle derivate parziali in grado di descrivere la dinamica dei processi geofisici indagati. Particolare attenzione sarà dedicata alla discretizzazione e risoluzione delle equazioni fondamentali di trasporto di un fluido con metodi tradizionali quali elementi finiti, differenze finite, metodi spettrali, e wavelets. Saranno analizzate le proprietà di base delle diverse classi di equazioni differenziali e investigato il loro effetto sugli schemi di risoluzione. La soluzione numerica delle equazioni di Navier-Stokes dovrebbe essere inoltre estesa ai più comuni sistemi multifase e multicomponente osservabili nei sistemi geofisici quali il flusso gas-particelle, il flusso a bolle, il flusso in un mezzo poroso deformabile. Analisi di esistenza, unicità e stabilità delle soluzioni dei sistemi multifase. Particolarmente interessante è anche lo studio dell'interazione fluido-struttura che caratterizza molti problemi geofisici. In questo caso sarà necessario l'utilizzo di tecniche numeriche in grado di trattare problemi a frontiera

libera o mobile nel tempo. Verrà investigata, per i diversi tipi di equazioni differenziali che descrivono i fenomeni considerati, la presenza di attrattori e la struttura degli insiemi delle Condizioni Iniziali. La risoluzione di equazioni differenziali per sistemi geofisici di grandi dimensioni richiederà inoltre l'utilizzo di efficienti metodi di decomposizione del dominio di calcolo in grado di permettere l'applicazione di tecniche di calcolo parallelo.

2) Metodi Lagrangiani SPH e Automi Cellulari

I metodi SPH (Smoothed Particle Hydrodynamics) sono metodi Lagrangiani puri, adottati tradizionalmente in una vasta gamma di applicazioni soprattutto di natura astrofisica (ma anche per es. econometria). Le caratteristiche del metodo ne suggeriscono l'applicabilità anche a sistemi fluido-dinamici caratterizzati da mancanza di simmetrie geometriche e dalla presenza di larghi spazi vuoti all'interno del dominio di integrazione. In questa tecnica, l'universo da simulare è parcellizzato in un numero finito di "atomi" appartenenti ad un certo numero di "famiglie". Per ogni famiglia vanno assegnate regole comportamentali interne del singolo atomo e le leggi di interazione con atomi della stessa e delle altre famiglie (in genere queste leggi possono variare con il raggio d'azione). Tipiche applicazioni dell'SPH sono la "simulazione" del problema della rottura della diga o la caduta di una goccia d'acqua in un recipiente. Da studiare l'applicabilità a problemi più complessi come per es. la caduta di una frana aerea in mare o il distacco improvviso di un fondale sommerso con la generazione del relativo tsunami (vedi evento di "onda anomala" occorso a Stromboli nel dicembre 2002). Analogamente, nel caso degli Automi Cellulari, i sistemi dinamici sono descritti in termini di relazioni locali. Si può parlare di un "universo stilizzato" dove lo spazio è rappresentato da un network di elementi volumetrici ognuno contenenti "un bit di dati". Il tempo avanza in modo discreto e ad ogni step temporale ciascun elemento cambia il suo stato a seconda del proprio stato e dello stato degli elementi contigui al tempo precedente. Anche in questo caso le domande a cui si vuole rispondere sono: esistono fenomeni che possono essere descritti in questo modo? Come le leggi della fisica si possono tradurre nelle leggi "comportamentali" del sistema?

3) Analisi statistiche e probabilistiche

La non completa accessibilità del sistema geofisico all'osservazione diretta, insieme ad una intrinseca aleatorietà di gran parte dei processi geofisici, rende impossibile una trattazione completamente deterministica dei fenomeni in studio. Su questa base si rende necessario l'utilizzo di tecniche statistiche per il trattamento dei dati geofisici e la stima dell'incertezza associata ai risultati dei modelli matematici. Tecniche di analisi statistica possono infatti risultare estremamente utili nella identificazione di trend ed anomalie nelle serie temporali o spaziali (ad esempio tramite la tecnica delle wavelets) o per la identificazione delle funzioni trasferimento che caratterizzano un determinato processo geofisico. Analogamente tecniche di tipo Bayesiano possono essere utilizzate, congiuntamente a modelli di tipo deterministico, per la stima della probabilità di accadimento di un determinato processo. In questo modo l'incertezza che caratterizza la conoscenza dei dati di input potrà essere trasferita sui dati di output dei modelli sviluppati. In particolare, lo sviluppo di alberi degli eventi e di alberi logici, associato a tecniche di tipo Montecarlo, potrà permettere una più oggettiva trattazione

dell'incertezza e quindi una più accurata stima della pericolosità e del rischio associati ai fenomeni geofisici. Metodi statistici potranno inoltre essere utilizzati per la valutazione del grado di caoticità dei sistemi studiati nonché per la identificazione di attrattori e repulsori nei sistemi di equazioni definiti. L'applicazione di tecniche statistiche e probabilistiche allo studio dei processi geofisici porrebbe di fatto la ricerca geofisica allo stesso livello della ricerca aerospaziale e di quella in economia finanziaria che da diversi anni traggono enormi benefici da queste tecniche.

4) Misure geodetiche di precisione

Si sta affermando, in questi anni, la tecnologia SAR con l'obiettivo di quantificare i movimenti centimetrici di larghe porzioni della superficie della terra. Le implicazioni per i modelli geodinamici proposti sono ovviamente enormi. Tale tecnica si basa sul cambiamento di fase del segnale radar dovuto allo spostamento - in un certo lasso temporale di settimane, mesi o anni - della zona riflettente. La restituzione della misura dal dato grezzo richiede molto spesso l'applicazione di complessi algoritmi di calcolo. Analogamente, gli strumenti GPS permettono misurazioni puntuali di alta precisione (millimetrica) tramite complesse elaborazioni dei dati misurati. In questo caso, le domande a cui è necessario rispondere da un punto di vista teorico sono: quali sono i limiti strumentali (ovvero legati alla stabilità dell'orbita dei satelliti, alla precisione della strumentazione, ecc.), e quelli intrinseci (ovvero legati alla natura delle superfici riflettenti quali suolo incoerente, vegetazione, massi, ecc.) di questi metodi? E' possibile avere una mappa dei movimenti della penisola Italiana con una determinata accuratezza? In definitiva, come accaduto nell'antichità quando le prime misurazioni del nostro pianeta vennero realizzate da illustri matematici, anche oggi l'utilizzo del calcolo numerico può contribuire ad un salto di qualità nelle tecniche di misurazione della Terra.

Appendice: Alcuni processi geofisici e vulcanici a cui applicare le tecniche sopra esposte

- Fluido-dinamica delle camere magmatiche e interazione con la roccia incassante.
- Risalita del magma nel condotto vulcanico con essoluzione dei gas disciolti e frammentazione del magma.
- Iniezione sub/super-sonica della miscela magmatica nell'atmosfera, erosione del condotto e del cratere.
- Dinamica multifase della colonna vulcanica formata da gas e piroclasti
- Collasso della colonna vulcanica e formazione di flussi piroclastici (si tratta di flussi stratificati altamente turbolenti, a temperature di diverse centinaia di gradi, formati di gas e particelle a granulometria variabile dai micron ai centimetri).
- Interazione dei flussi piroclastici con l'urbanizzato (comportamento in presenza di bluff body, cavità, salti di barriere, ecc.), per identificare risonanze, disaccoppiamento dal flusso principale, interazione con aria ambientale ed eventuali decrementi di temperatura, ecc.
- Dispersione nell'atmosfera di ceneri, particelle, gas chimicamente inerti e non.
- Dinamica delle colate di lava (raffreddamento, formazione di argini, crescita di

- cristalli, ecc.)
- Rallentamento di una colata di lava (deflagrazioni, raffreddamento ad acqua, argini artificiali, ecc.).
 - Formazione di flussi di fango da ghiacciai sommitali, cambiamento di fase e innesco di lahars (nel 1985 oltre 20.000 persone morirono nella città di Armero travolti da un lahar prodotto dallo scioglimento del ghiacciaio a causa di flussi piroclastici fuoriusciti dal vulcano Nevado del Ruitz, Colombia)
 - Diffusione e trasporto di fluidi in mezzi porosi e fratturati e interazioni con la roccia incassante.
 - Dinamica dei sistemi idrotermali.
 - Dinamica dei serbatoi di fluidi naturali ad alta pressione.
 - Dinamica e scorrimento di fluidi geofisici non-Newtoniani, granulari o multifase con possibili problemi di isteresi (colate di fango, debris flows, ecc.)
 - Stabilità dei versanti e dinamica delle frane (fenomeni di capillarità, suzione, permeabilità, ecc. in terreno sciolto e coesivo).
 - Trasmissione di onde elastiche in mezzi disomogenei anche ad alta pressione e relativo problema inverso.
 - Deformazione del suolo in regioni sismiche e vulcaniche.
 - Deformazioni del suolo su scala regionale e continentale.