

DATI ANAGRAFICI

Nome e cognome: **Roberto Sassi**

Data e luogo di nascita: 16/10/1971 a Mantova

Residenza: via Roberto Ardigò 24, 46100 Mantova

Obblighi militari: assolti (obietttore di coscienza; servizio civile in Caritas)

Email: sassi@dti.unimi.it

Telefono: +39 320 4378915

POSIZIONI ACCADEMICHE

- 1/2004–oggi **Università degli studi di Milano**, Crema (CR), Italia
Dipartimento di Tecnologie dell'Informazione
Ricercatore (settore disciplinare INF/01, conferma in ruolo ottenuta nel 2007)
- 10/2003–12/2003 **Imperial College**, London, UK
Department of Mathematics
Visitor (Applied Mathematics division, EPSRC Grant no. GR/S47663/01)
- 4/2003–12/2003 **Politecnico di Milano**, Milano, Italia
Dipartimento di Bioingegneria
Borsista (borsa di studio post-dottorato SNIA S.p.A. – “dott. Ennio Denti”)
- 9/2001–6/2002 **University of California at Santa Cruz**, Santa Cruz (CA), USA
Baskin School of Engineer
Department of Applied Mathematics and Statistics
Visiting Postdoctoral Researcher (National Science Foundation, Grant no. DMS 72521)

ESPERIENZE PROFESSIONALI

- 3/1997–6/1997 **Hewlett-Packard Italiana s.p.a.**, Cernusco s. N., Italia
Stage nel gruppo Medicale (organizzato dal Politecnico di Milano)
Progettato software di acquisizione in tempo reale (lato *client*) da rete medica sincrona HP e sviluppata versione prototipale in C

FORMAZIONE

- 11/2000 **University of California at Santa Cruz**, Santa Cruz (CA), USA
Visiting student
Supervisor: prof. Neil J. Balmforth
- 11/1997–10/2000 **Politecnico di Milano**, Milano, Italia
Dipartimento di Bioingegneria
Corso di Dottorato di Ricerca in Bioingegneria (XIII ciclo)
Il titolo di *Dottore di Ricerca* è stato conseguito il 5 marzo 2001 con la tesi “Analysis of heart rate variability complexity through fractal and multivariate approaches”.
Tutor: prof. Sergio Cerutti. Durante il corso di dottorato sono stati effettuati i seguenti periodi di ricerca in istituzioni straniere:
 - 12/1999, University of California, Santa Cruz (CA), USA, *visiting student*
 - 6/1999–8/1999, Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole (MA), USA, *GFD fellow*
 - 10/1998–12/1998, Columbia University, New York (NY), USA, *visiting student*
- 10/1990–12/1996 **Politecnico di Milano**, Milano, Italia
Laurea in Ingegneria Elettronica, ind. Biomedica (100/100 e lode)
La tesi: “Studio dell'entropia approssimata per la classificazione di serie temporali: applicazioni al segnale di variabilità cardiaca” è stata discussa il 20 dicembre 1996.
Relatori: prof. Sergio Cerutti e prof.ssa Maria Gabriella Signorini

SCUOLE E CORSI DI PERFEZIONAMENTO

EMB-IEEE, The 5th International Summer School on Biomedical Signal Processing, “Advanced signal processing methods for measuring the complexity in biological systems”, Pontignano (Siena) 22-29 Giugno 2003.

II Scuola Nazionale CIRA (Centro Interuniversitario per le Ricerche in Automatica) per studenti di dottorato “Sistemi non lineari” e “Modellistica e controllo attivo delle strutture flessibili”, Bertinoro (Forlì) 13-18 Luglio 1998. Prof. Isidori (responsabile); prof.ri Marro e Sciacvicco (organizzatori).

Corso “Caos deterministico e ingegneria dell’informazione” presso il Dipartimento di Elettronica e Informazione del Politecnico di Milano, Milano, 22 e 23 Settembre 1998. Prof Sergio Rinaldi (responsabile).

XVII Scuola Annuale di Bioingegneria “Bioingegneria dei Sistemi Metabolici” organizzata dal Gruppo Nazionale di Bioingegneria (GNB), Bressanone (BZ), 28 Settembre - 1 Ottobre 1998.

Corso “Stirring and Mixing” durante il “1999 GFD (Geophysical Fluid Dynamics) Program” presso il Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole (MA), USA, 21 Giugno - 27 Agosto 1999. Prof. William R. Young (main lecturer); prof. Neil J Balmforth (director).

XVIII Scuola Annuale di Bioingegneria “Tecnologie e Metodologie per le Immagini Funzionali” organizzata dal Gruppo Nazionale di Bioingegneria (GNB), Bressanone (BZ), 20-24 Settembre 1999.

Corso “Elementi di dinamica non lineare: stabilità, biforcazioni e caos”, organizzato dalla Società Italiana Caos e Complessità in collaborazione con la Fondazione ENI Enrico Mattei e il Dipartimento di Elettronica e Informazione del Politecnico di Milano, Milano, 14-16 Febbraio 2000. Prof. Sergio Rinaldi (organizzatore).

XVIII Scuola Annuale di Bioingegneria “Analisi e Modifica di Biomolecole e Cellule” organizzata dal Gruppo Nazionale di Bioingegneria (GNB), Bressanone (BZ), 25-29 Settembre 2000.

PARTECIPAZIONE A PROGETTI DI RICERCA

Componente dell’unità di ricerca di Milano del progetto di ricerca scientifica nazionale, con cofinanziamento MURST, anno 2000-2002: “Metodologie e tecnologie per la valutazione delle relazioni strutturali e funzionali tra Sistema Nervoso Autonomo e Sistema Nervoso Centrale”. Coordinatore nazionale: Prof. Sergio Cerutti.

Collaboratore al progetto: “Bioingegneria dei sistemi cellulari e dei supporti di sintesi”, presentato come Centro di Eccellenza e finanziato dal Politecnico di Milano.

Collaboratore al progetto: “Cooling domes of viscoplastic material”, finanziato dall’ Engineering and Physical Sciences Research Council (UK) tramite il grant EPSRC GR/S47663/01 (2003). Principal Investigator: prof. R. Craster.

PREMI E BORSE DI STUDIO

- Borsa di studio post-dottorato «SNIA S.p.A. - dott. Ennio Denti» 2003, Politecnico di Milano.
- Borsa di studio per l’estero «Isabella Sassi Bonadonna 1998», Associazione Elettrotecnica ed Elettronica Italiana (AEI).
- Borsa di dottorato (XIII ciclo, 1997-2000), Politecnico di Milano

ALTRI DATI

Abilitazione alla professione di Ingegnere ottenuta nel 1999. Iscritto all’Ordine degli Ingegneri della Provincia di Mantova al numero 1426.

ATTIVITÀ DIDATTICA**Corsi di Laurea**

A.A. 2009/'10

- Docente (affidamento) dell'insegnamento *Elaborazione di Segnali* (6 CFU) nell'ambito del corso di laurea magistrale in *Informatica*, Facoltà di SSMMFFNN, Università di Milano.
- Docente (affidamento) dell'insegnamento *Laboratorio di programmazione ad oggetti (edizione online)* (3 CFU) nell'ambito del corso di laurea in *Sicurezza dei sistemi e delle reti informatiche*, Facoltà di SSMMFFNN, Università di Milano.

A.A. 2008/'09

- Docente (affidamento) dell'insegnamento *Laboratorio di Informatica applicata* (6 CFU), nell'ambito del corso di laurea in *Tecnologie per la società dell'informazione*, Facoltà di SSMMFFNN, Università di Milano. Dal corso viene mutuato l'insegnamento *Laboratorio di programmazione ad oggetti* (3 CFU) fruibile dagli studenti dei corsi di laurea in *Informatica* e in *Sicurezza dei sistemi e delle reti informatiche*.
- Docente (affidamento) dell'insegnamento *Laboratorio di programmazione ad oggetti (edizione online)* (3 CFU) nell'ambito del corso di laurea in *Sicurezza dei sistemi e delle reti informatiche*, Facoltà di SSMMFFNN, Università di Milano.
- Docente (affidamento) dell'insegnamento *Elaborazione di Immagini* (5 CFU) nell'ambito del corso di laurea in *Informatica*, Facoltà di SSMMFFNN, Università di Milano.

A.A. 2007/'08

- Docente (affidamento) dell'insegnamento *Laboratorio di Informatica applicata* (6 CFU), nell'ambito del corso di laurea in *Tecnologie per la società dell'informazione*, Facoltà di SSMMFFNN, Università di Milano. Dal corso viene mutuato l'insegnamento *Laboratorio di programmazione ad oggetti* (3 CFU) fruibile dagli studenti dei corsi di laurea in *Informatica* e in *Sicurezza dei sistemi e delle reti informatiche*.
- Docente (affidamento) dell'insegnamento *Laboratorio di programmazione ad oggetti (edizione online)* (3 CFU) nell'ambito del corso di laurea in *Sicurezza dei sistemi e delle reti informatiche*, Facoltà di SSMMFFNN, Università di Milano.
- Docente (affidamento) dell'insegnamento *Elaborazione di Immagini* (modulo da 20 ore) nell'ambito del corso di laurea in *Informatica*, Facoltà di SSMMFFNN, Università di Milano.

A.A. 2006/'07

- Docente (affidamento) dell'insegnamento *Laboratorio di Informatica applicata* (6 CFU), nell'ambito del corso di laurea in *Tecnologie per la società dell'informazione*, Facoltà di SSMMFFNN, Università di Milano. Dal corso viene mutuato l'insegnamento *Laboratorio di programmazione ad oggetti* (3 CFU) fruibile dagli studenti dei corsi di laurea in *Informatica* e in *Sicurezza dei sistemi e delle reti informatiche*.
- Docente (affidamento) dell'insegnamento *Laboratorio di programmazione ad oggetti (edizione online)* (3 CFU) nell'ambito del corso di laurea in *Sicurezza dei sistemi e delle reti informatiche*, Facoltà di SSMMFFNN, Università di Milano.
- Docente (affidamento) dell'insegnamento *Elaborazione di Immagini* (modulo da 20 ore) nell'ambito del corso di laurea in *Informatica*, Facoltà di SSMMFFNN, Università di Milano.

A.A. 2005/'06

- Docente (affidamento) dell'insegnamento *Laboratorio di Informatica applicata* (6 CFU), nell'ambito del corso di laurea in *Tecnologie per la società dell'informazione*, Facoltà di SSMMFFNN, Università di Milano.
- Docente (compito istituzionale) di parte dell'insegnamento di *Tecnologie Web* (modulo da 20 ore) nell'ambito del corso di laurea in *Informatica*, Facoltà di SSMMFFNN, Università di Milano.
- Docente (affidamento) dell'insegnamento *Elaborazione di Immagini* (modulo da 4 ore e coordinatore) nell'ambito del corso di laurea in *Informatica*, Facoltà di SSMMFFNN, Università di Milano.

A.A. 2004/'05

- Docente (affidamento) dell'insegnamento *Laboratorio di Informatica applicata* (6 CFU), nell'ambito del corso di laurea in *Tecnologie per la società dell'informazione*, Facoltà di SSMMFFNN, Università di Milano.

A.A. 2003/'04

- Docente (affidamento) dell'insegnamento *Laboratorio di Informatica applicata* (6 CFU), nell'ambito del corso di laurea in *Tecnologie per la società dell'informazione*, Facoltà di SSMMFFNN, Università di Milano.

Corsi di Master

A.A. 2007/'08

- Docente dell'insegnamento *Metodi statistici per la medicina* (10 ore), nell'ambito del corso di master *Innovazione in Chirurgia*, Politecnico di Milano.

A.A. 2003/'04

- Docente dell'insegnamento *Soft Computing for Medical Application*, nell'ambito del corso di master *Soft Computing for Industrial Applications – IMSCIA*, Università degli Studi di Milano. Il master è stato erogato online e sponsorizzato dalla IEEE.

Corsi di Dottorato

Nel luglio 2003, 2004, 2005 e 2007 ha tenuto la lezione "Studio delle dinamiche non lineari nei sistemi e nei segnali biologici" nell'ambito del corso "Complementi di elaborazione di dati, segnali e immagini biomediche" della scuola di dottorato del Politecnico di Milano (Dottorato in Bioingegneria).

Attività integrative

A.A. 2008/'09

- Seminario dal titolo "Forme della responsabilità nell'ambito dell'informatica" (6 ore) nell'ambito del corso di *Etica ambientale*, tenuto dal prof. Frediano Sessi. Corso di laurea in *Ingegneria Informatica*, Facoltà di Ingegneria, Università di Pavia (sede di Mantova).

A.A. 2004/'05

- Attività didattica integrativa (seminario di 6 ore) nell'ambito del corso di *Sistemi di Elaborazione dell'informazione*, tenuto dal prof. Ernesto Damiani. Corso di laurea in *Informatica*, Facoltà di SSMMFFNN, Università di Milano.

A.A. 2003/'04

- Esercitazioni per il corso di *Elettronica I*, tenuto dal prof. Valentino Liberali. Corso di laurea in *Informatica*, Facoltà di SSMMFFNN, Università di Milano.
- Attività didattica integrativa (seminario di 4 ore) nell'ambito del corso di *Sistemi Operativi*, tenuto dal prof. Vincenzo Piuri. Corso di laurea in *Informatica*, Facoltà di SSMMFFNN, Università di Milano.

Altre attività didattiche

Dal 2004, presso il dipartimento di Tecnologie dell'Informazione dell'Università degli Studi di Milano è stato relatore di **13 tesi**:

- Algoritmo di cancellazione multicanale dell'onda QRST per la caratterizzazione della fibrillazione atriale / Parlato, Edoardo, 2005-2006
- Algoritmo per il calcolo automatico dell'intervallo QT negli elettrocardiogrammi / Tironi, Dario Athos, 2005-2006
- Il Web 2.0 al servizio dell'azienda. Sviluppo di un software per la gestione delle commesse / Maida, Daniel, 2006-2007
- Multimedialità e processo creativo / Ambrosini, Luca, 2006-2007
- Prototipo di un sistema per la fruizione di immagini SAR / Buccio, Marco, 2004-2005
- Ricerca e riconoscimento stellare data un'immagine scattata da un telescopio / Lombardo, Daniele, 2006-2007
- Software di face detection e face tracking applicato ad un robot umanoide / Granata, Cristian, 2006-2007
- Studio di fattibilità e sviluppo di una applicazione Web per il sito del giornale "Il Nuovo Torrazzo" / Priori, Claudio, 2005-2006
- Sviluppo di un'applicazione per la creazione di un cartellino informatico finalizzato alla gestione degli orari dei dipendenti / Ghetti, Matteo, 2004-2005

- j. Virtualizzazione delle risorse hardware : analisi di una piattaforma per applicazioni Web / Bacchi, Antonio Vittorio, 2006-2007
- k. Virtualizzazione delle risorse hardware : progettazione di una piattaforma per applicazioni Web / Vanazzi, Elena Maria, 2006-2007.
- l. Studio delle principali vulnerabilità di applicazioni Web Ajax in linguaggio PHP / Bassini, Paolo, 2007-2008
- m. Progettazione e sviluppo di una applicazione Java/JNI per la visualizzazione di tracciati elettrocardiografici / Mangiavini, Andrea, 2007-2008

e correlatore di **2 tesi**:

- n. Implementazione di tecniche crittografiche per la comunicazione sicura in Reti di sensori : crittografia del pacchetto / Tironi, Paolo, 2006-2007
- o. Implementazione di tecniche crittografiche per la comunicazione sicura in Reti di sensori : firma digitale del pacchetto / Morato, Matteo, 2006-2007.

Presso il corso di laurea triennale in Biotecnologie Industriali e Ambientali dell'Università degli Studi di Milano è stato correlatore della tesi dal titolo: "Tecniche per l'analisi morfologica del cariotipo" / Vanessa Guida, 2004-2005.

ATTIVITÀ ORGANIZZATIVE E DI SERVIZIO

È stato **revisore** delle seguenti riviste internazionali:

- IEEE Transactions on Biomedical Engineering;
- Annals of Biomedical Engineering;
- Medical Engineering and Physics;
- Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics;
- Engineering in Medicine and Biology Magazine
- Journal on Computational Intelligence in Bioinformatics and Systems Biology
- IEEE Transactions on Instrumentation & Measurement

E' stato **revisore** per i seguenti congressi internazionali:

- CIMSAs (negli anni: 2006, 2007, 2008 e 2009)
- KES (negli anni: 2006 e 2007)

Dal 2004 è membro della **Commissione Piani di Studio** del Consiglio di Coordinamento Didattico di Informatica - Crema, Università degli Studi di Milano. È stato responsabile dello studio e della realizzazione del software di presentazione dei piani di studio per il Polo Didattico di Crema. Ha supportato il CCD nella revisione dei regolamenti didattici e dei manifesti degli studi dei corsi di laurea ad esso afferenti.

Dal 2004 è membro della **Commissione Trasferimenti** del Consiglio di Coordinamento Didattico di Informatica - Crema, Università degli Studi di Milano.

Dal 2004 svolge le funzioni di **esaminatore** e **coordinatore** della certificazione EUCIP per il CCU dell'Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Tecnologie dell'Informazione (ITA4017).

Dal 2004 svolge le funzioni di **esaminatore** ECDL per il CCU dell'Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Tecnologie dell'Informazione (AHS03).

ATTIVITÀ DI RICERCA

L'attività di ricerca svolta si colloca fundamentalmente nell'ambito dell'elaborazione di segnali, immagini e di serie temporali, con particolare riguardo a due ambiti applicativi fondamentali. Il primo è quello relativo a segnali di origine biologica, sostanzialmente per lo studio del sistema cardiovascolare e dei meccanismi autonomici di controllo. Un secondo ambito applicativo è invece quello legato allo sviluppo di tecniche crittografiche basate sulla biometria. Lo studio ha riguardato aspetti teorici, metodologici, di progettazione di algoritmi e della loro implementazione.

Le competenze maturate nella ricerca sui metodi "non-lineari" di elaborazione delle serie temporali (storicamente sviluppatasi nell'ambito dei sistemi dinamici non lineari) sono state impiegate anche nella soluzione di problemi di matematica applicata. In questo contesto oltre al contributo metodologico, sono stati sviluppati algoritmi per la soluzione di problemi applicativi.

Nel seguito vengono riportate brevemente le linee di ricerca fondamentali secondo le quali si è articolata l'attività. (Per i richiami si veda l'elenco delle pubblicazioni).

A. Elaborazione di segnali, immagini e serie temporali

A.1. Analisi di serie temporali con strumenti sviluppati nell'ambito dei sistemi dinamici non lineari

Una parte significativa dell'attività di ricerca si è svolta nell'ambito dello studio di serie temporali di lungo periodo di origine biologica. Il segnale di variabilità cardiaca (HRV) è stato soggetto di attenzione prioritaria. La ricerca è partita dallo studio dei sistemi dinamici non lineari, approfondendone anche aspetti teorici, come ad esempio lo studio dei "riddled basins" (zone dello spazio di stato in cui nell'intorno di ogni punto si dipartono traiettorie che hanno probabilità finita di evolversi verso almeno una coppia di attrattori distinti). Bacini di attrazione di questo tipo sono ancora più complessi rispetto a quelli a frontiera frattale e di fatto imprevedibili. Successivamente ci si è concentrati sullo studio delle caratteristiche di autosomiglianza multifrattale di serie temporali, considerando le funzioni di struttura (nate nell'ambito dello studio della turbolenza in fluidodinamica) ma anche parametri classici dell'analisi del segnale HRV sul lungo periodo: indici temporali e statistici, geometrici e monofrattali (spettro $1/f^\alpha$, detrended fluctuation analysis, ...). Lo spettro multifrattale può essere associato alla presenza di correlazioni nonlineari nel segnale e per verificare questa ipotesi, quando rilevante, sono stati utilizzati test statistici basati su dati surrogati (Amplitude Adjusted Fourier Transform). Nel caso dell'entropia approssimata, una famiglia di indici statistici che misura la "regolarità" di una serie temporale, sono stati sviluppati due algoritmi originali che tentano di ridurre la complessità algoritmica al minimo teorico. Nella prima fase il lavoro è stato svolto in collaborazione con il dott. Antonello Provenzale (ISAC-CNR, Torino), la prof.ssa Maria Gabriella Signorini (Dipartimento di Bioingegneria, Politecnico di Milano) ed il prof. Edward A. Spiegel (Astronomy Department, Columbia University, New York). I risultati sono stati pubblicati in [A1, B16, D1, D2, D6, D8, F1].

In un secondo tempo, a partire dai risultati metodologici ci si è focalizzati maggiormente su aspetti applicativi. In collaborazione con il prof. S. Cerutti (Politecnico di Milano) e il prof. M. Malik (St. George's, University of London, UK) sono stati analizzati i tracciati Holter raccolti durante il trial clinico EMIAT (European Myocardial Infarction Amiodarone Trial). È stata verificata la possibilità di utilizzare α , la pendenza dello spettro delle serie di variabilità cardiaca nelle basse frequenze per la stratificazione del rischio post-infarto. Inoltre si è verificata sperimentalmente la relazione di scaling tra stimatori distinti quando applicati a serie HRV. I risultati sono stati pubblicati in [B6, B13]. Infine, grazie anche al lavoro congiunto svolto con altri centri di ricerca, è stato portato avanti uno studio per confrontare il valore prognostico di un ampio insieme di parametri non lineari applicati alle serie HRV in una popolazione di pazienti affetti da scompenso cardiaco [B7, B10, D9]. Anche la robustezza degli stimatori è stata verificata in uno studio multicentrico [B12] e proprio in questa direzione, ultimamente la ricerca si è rivolta a problemi di consistenza della stima in serie incomplete (mancanza di tratti, artefatti, etc.) [D18].

A.2. Studio della fibrillazione atriale ed estrazione dell'onda di fibrillazione dal tracciato ECG

La ricerca si è focalizzata inizialmente nello sviluppo di algoritmi robusti ed efficaci per l'analisi automatica del segnale elettrocardiografico (ECG) durante la fibrillazione atriale. In particolare, si è migliorata una tecnica classica di estrazione dell'onda fibrillatoria utilizzando templates distinti per parti differenti del complesso QRS (attività ventricolare). La tecnica sviluppata è stata progettata in modo da essere sufficientemente robusta per essere utilizzata in ambito diagnostico. La ricerca è stata svolta in collaborazione con il prof. Sergio

Cerutti (Dipartimento di Bioingegneria, Politecnico di Milano) e del prof. Pierre Maison-Blanche (Lariboisiere University Hospital, Parigi). I risultati sono stati pubblicati in [D7, D11]. L'algoritmo è stato successivamente adattato per la misura del tratto QT [D13].

Successivamente, in collaborazione con l'ing. Luca Mainardi (Dipartimento di Bioingegneria, Politecnico di Milano) sono stati studiati i meccanismi di mantenimento e terminazione della fibrillazione e l'effetto di alcuni farmaci sull'organizzazione atriale. I risultati sono stati pubblicati in [B9, D10, D12].

Più recentemente si è affrontato il problema del calcolo dell'onda fibrillatoria come un problema di "dati mancanti". I punti del tracciato relativi all'attività ventricolare sono stati eliminati e stimati in base ai punti in cui l'attività atriale è predominante. Inoltre si sono applicati metodo tipici dell'analisi in frequenza di serie non equispaziate. I risultati sono stati pubblicati in B17.

A.3. Estrazione di caratteristiche e classificazione di serie di variabilità cardiaca fetale

La ricerca si è focalizzata sull'elaborazione del segnale di variabilità cardiaca fetale (FHR), ottenuto tramite sonda eco durante la gestazione. È stato innanzitutto sviluppato un metodo originale per il calcolo della linea di base, ottimizzato per il funzionamento in tempo reale da monitor cardiocografici. Quindi, dopo una attenta analisi della letteratura sono stati selezionati alcuni parametri che tentano di misurare la variabilità del segnale. Questo insieme di parametri è stato infine ampliato con l'inserimento di nuovi parametri, ritenuti rilevanti allo scopo. Terminato lo studio metodologico, grazie ad una collaborazione con l'Università di Pavia, con la facoltà di medicina dell'Università di Roma "Tor Vergata" e con Agilent Technologies Italia, sono state raccolte numerose registrazioni FHR da neonati sani o potenzialmente patologici. Molti sistemi di classificazione sono stati comparati sul set di parametri: l'analisi discriminante lineare, quadratica e logistica, classificatori a 1-nearest neighbour e reti neurali. Quindi utilizzando metodi classici dell'analisi statistica multivariata (analisi delle componenti principali, analisi della correlazione, regressione multivariata, ...), si è cercato di eliminare dall'insieme dei parametri quelli estremamente correlati agli altri e ridurre, in questo modo, il set di parametri utilizzati. Un insieme di 5 parametri è stato, infine, impiegato nella classificazione attraverso reti neurali con risultati soddisfacenti. La ricerca è stata svolta con la collaborazione del prof. Giovanni Magenes (Dip. Informatica e Sistemistica, Università di Pavia) e della prof.ssa Maria Gabriella Signorini (Dipartimento di Bioingegneria, Politecnico di Milano). I risultati sono stati pubblicati in [D3, D4, D5, F1]. La ricerca ha anche portato allo sviluppo di una libreria numerica che è parte del pacchetto software "zCTG" curato dalla società S.E.A. s.p.a. di Pavia e da Agilent Technologies Italia.

A.4. Biometria

Si sono affrontati aspetti inerenti alla sicurezza dei sistemi biometrici e alla crittazione dei dati biometrici (privacy) [A2, B14]. In particolare, si è sviluppato un algoritmo originale che permetta la verifica dell'identità di un individuo basata sulla combinazione di caratteristiche biometriche multiple [D14, D17, D20, D21]. Il metodo permette di creare identificativi che non rivelino alcuna informazione relativa ai tratti biometrici da cui sono stati derivati, in modo da garantire la privacy anche in caso di smarrimento o furto. Per il metodo è stata depositata una domanda di brevetto in Italia e richiesta l'estensione per l'Europa [C1].

Si è inoltre cominciato a studiare il problema dell'autenticazione biometrica multimodale "continua" per quelle applicazioni in cui deve essere evitata la sostituzione di persona dopo l'identificazione iniziale [B15, D15].

B. Matematica Applicata

B.1. Sincronizzazione di oscillatori nonlineari

La ricerca è stata inizialmente motivata dal desiderio di comprendere con maggiore precisione i meccanismi di sincronizzazione relativi ad alcuni fenomeni biologici che sono alla base di segnali come l'elettrocardiogramma o l'elettroencefalogramma. Vista la complessità dei fenomeni, si è scelto di ridurre la complessità in modelli semplificati dei quali approfondire lo studio.

In una prima fase, ci si è rivolti all'analisi di una popolazione di oscillatori accoppiati in fase a campo medio, situazione analoga a quella delle cellule del nodo seno atriale, che iniziano la sequenza di contrazione cardiaca. Sono state considerate sia la versione discreta che quella continua del modello di Kuramoto. Per questo secondo, si è studiata la transizione verso la sincronizzazione. Gli schemi di sincronizzazione dopo soglia sono stati studiati con metodi numerici e perturbativi. Il lavoro è stato svolto in collaborazione con il prof. Neil Balmforth (UCSC, USA). I risultati della ricerca sono stati pubblicati in modo organico ed estensivo in [B1]; risultati parziali sono stati pubblicati in [E1].

Successivamente, si è studiato il comportamento di un numero elevato di mappe logistiche accoppiate in maniera gerarchica. Le singole mappe sono prima state raccolte in gruppi e quindi i gruppi sono stati organizzati in un albero a formare un sistema con un numero enorme di gradi di libertà. Il sistema può essere metafora matematica di complessi sistemi naturali organizzati gerarchicamente, come il sistema nervoso (si pensi ad esempio alla variazione di sincronizzazione tra le cellule nervose che sembra avvenire durante un attacco epilettico). Il lavoro è stato svolto in collaborazione con il dott. Antonello Provenzale (ISAC-CNR di Torino) e il prof. Neil Balmforth (UCSC, USA). I risultati sono stati pubblicati in [B4].

B.2. Fluidodinamica non-Newtoniana

La ricerca ha considerato fluidi non-Newtoniani (legame sforzo-deformazione nonlineare) che vengono estrusi o versati su di un piano inclinato, con particolare riferimento alla lava. Si è inoltre lasciata variare la viscosità in funzione della temperatura. Si è innanzitutto operata un'approssimazione per ridurre la dimensione del sistema (lubrication theory) e si sono studiate alcune situazioni limite. Si è sviluppato un algoritmo per integrare numericamente il sistema di equazioni alle derivate parziali 2D risultante; ispirandosi quindi ai risultati computazionali si sono sviluppate due ulteriori approssimazioni che considerino l'evolversi della temperatura nella crosta superficiale. Il lavoro è stato principalmente svolto presso la "University of California at Santa Cruz", Santa Cruz (CA), USA, sotto la supervisione del prof. Neil Balmforth e con la collaborazione del Prof. Richard V. Craster (Imperial College, London, UK). I risultati sono stati pubblicati in [B3, B5]. In un secondo momento, si è anche sviluppato un secondo codice numerico per studiare l'andamento del fluido su scale temporali molto lunghe. I risultati hanno portato alla stesura dei due lavori [B8, B11].

B.3 Varie

La ricerca ha spaziato anche in ambiti differenti da quelli elencati precedentemente. In generale il contributo originale è sempre derivato dalle competenze metodologiche maturate nell'ambito dell'elaborazione dei segnali e delle immagini. Ad esempio si è stimato statisticamente l'errore dovuto alla modellazione in una tecnica originale ideata per valutare il volume di materiale usurato nel componente acetabolare di protesi d'anca [B2]. Oppure si sono studiate le metodiche spettrali per la soluzione di equazioni differenziali alle derivate parziali di tipo diffusione-reazione in due dimensioni (equazioni che emergono da disparati fenomeni di tipo fisico o biologico) [E2].

ELENCO DELLE PUBBLICAZIONI SCIENTIFICHE

Le pubblicazioni possono essere classificate come segue:

- 2 Capitoli di libri scientifici pubblicati da casa editrice internazionale con comitato scientifico di redazione
- 17 Pubblicazioni in riviste scientifiche internazionali con comitato scientifico di redazione
- 1 Brevetti
- 22 Pubblicazioni presentate a congressi internazionali con comitato scientifico di revisione
- 2 Rapporti tecnici
- 1 Tesi di dottorato di ricerca
- 1 Riviste di divulgazione internazionale
- 3 Abstracts presentati a convegni internazionali con comitato scientifico di revisione

Capitoli di libri scientifici pubblicati da casa editrice internazionale con comitato scientifico di redazione

[A1] Maria G. Signorini, **Roberto Sassi**, Sergio Cerutti, "Assessment of nonlinear dynamics in heart rate variability signals" in *Nonlinear biomedical signal processing, Volume II: Dynamic Analysis and Modelling*, Metin Akay eds, pp 263-281 (IEEE Press, New York, 2000). ISBN: 978-0-7803-6012-9

[A2] S. Cimato, M. Gamassi, V. Piuri, **R. Sassi**, F. Scotti. "Privacy in Biometrics" in: *Biometrics: Theory, Methods, and Applications*, pp. 633-654, N. V. Boulgouris, K. N. Plataniotis and E. Micheli-Tzanakou editors. (IEEE/Wiley Press, 2009). ISBN: 978-0-470-24782-2.

Pubblicazioni in riviste scientifiche internazionali con comitato scientifico di redazione

[B1] Neil J. Balmforth and **Roberto Sassi**, "A shocking display of synchrony", *Physica D*, 143, 21-55 (2000). ISSN: 0167-2789.

[B2] M. T. Raimondi, **R. Sassi** and R. Pietrabissa, "A method for the evaluation of the change in volume of retrieved acetabular cups", *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineering, Part H (The Journal of Engineering in Medicine)*, 214, 577-587 (2000). ISSN: 0954-4119.

[B3] N. J. Balmforth, R. V. Craster and **R. Sassi**, "Shallow viscoplastic flow on an inclined plane", *Journal of Fluid Mechanics*, 470, 1-29 (2002). ISSN: 0022-1120.

[B4] Neil J. Balmforth, Antonello Provenzale and **Roberto Sassi**, "A hierarchy of coupled maps", *Chaos*, 12, 719-731 (2002). ISSN: 1054-1500.

[B5] Neil J. Balmforth, R. V. Craster and **R. Sassi**, "Dynamics of cooling viscoplastic domes", *Journal of Fluid Mechanics*, 499, 149-182 (2004). ISSN: 0022-1120.

[B6] **R. Sassi**, S. Cerutti, K. Hnatkova, M. Malik and M. G. Signorini, "HRV scaling exponent identifies post-infarction patients who might benefit from prophylactic treatment with Amiodarone", *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 53, 103-110 (2006). ISSN: 0018-9294.

[B7] R. Maestri, G. D. Pinna, R. Balocchi, G. d'Addio, M. Ferrario, A. Porta, **R. Sassi**, M. G. Signorini, M. T. La Rovere, "Clinical correlates of non-linear indices of heart rate variability in chronic heart failure patients". *Biomedizinische Technik (Biomedical engineering)*, 51, 220-223, (2006). ISSN: 0013-5585. [Special Issue: 30 papers were selected from the ESGCO 2006 Conference and further went through a second revision process before being published on the journal].

[B8] N. J. Balmforth, R. V. Craster, A. Rust, **R. Sassi**, "Viscoplastic flow over an inclined surface". *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics*, 139, 103-127 (2006). ISSN: 0377-0257. The paper was further republished with several typographical errors removed in *J. Non-Newtonian Fluid Mech.* 142, 219-243 (2007).

- [B9] Valentina D.A. Corino, **Roberto Sassi**, Luca T. Mainardi, Sergio Cerutti. "Signal processing methods for information enhancement in atrial fibrillation: spectral analysis and non-linear parameters". *Biomedical signal processing and control*, 1, 271-281 (2006). ISSN: 1746-8094.
- [B10] R. Maestri, G.D. Pinna, A. Accardo, P. Allegrini, R. Balocchi, G D'addio, M. Ferrario, D. Menicucci, A. Porta, **R. Sassi**, M.G. Signorini, M.T. La Rovere, S. Cerutti. "Nonlinear indices of Heart Rate Variability in chronic heart failure patients: Redundancy and comparative clinical value". *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*, 18, 425-433 (2007). ISSN: 1045-3873.
- [B11] N. J. Balmforth, R. V. Craster, P. Perona, A. C. Rust, **R. Sassi**. "Viscoplastic dam breaks and the Bostwick consistometer". *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics*, 142, 63-78 (2007). ISSN: 0377-0257.
- [B12] Roberto Maestri, Gian Domenico Pinna, Alberto Porta, Rita Balocchi, **Roberto Sassi**, Maria Gabriella Signorini, Maria Dudziak, Grzegorz Raczak. "Assessing nonlinear properties of heart rate variability from short-term recordings: are these measurements reliable?". *Physiological Measurement* 28, 1067-1077 (2007). ISSN: 0967-3334.
- [B13] Sergio Cerutti, Federico Esposti, Manuela Ferrario, **Roberto Sassi**, Maria Gabriella Signorini. "Long-term invariant parameters obtained from 24-h Holter recordings: a comparison between different analysis techniques". *Chaos* 17, 015108-1-9 (2007). ISSN: 1054-1500. [L'articolo è stato anche selezionato per il numero del 1 Aprile 2007 del *Virtual Journal of Biological Physics Research*].
- [B14] S. Cimato, **R. Sassi**, and F. Scotti, "Biometrics and privacy", *Recent Patents on Computer Science*, 1, 98-109 (2008). ISSN: 1874-4796.
- [B15] A. Azzini, S. Marrara, **R. Sassi**, and F. Scotti, "A fuzzy approach to multimodal biometric continuous authentication", *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 7, 243-256 (2008). ISSN: 1568-4539.
- [B16] **R. Sassi**, M. G. Signorini and S. Cerutti, "Multifractality and heart rate variability", *Chaos*, 19, 028507-1-5 (2009). ISSN: 1054-1500. (The paper was also selected for the Volume 18, Issue 1 of *Virtual Journal of Biological Physics Research*).
- [B17] **R. Sassi**, V. D. Corino and L. T. Mainardi, "Analysis of Surface Atrial Signals: Time Series with Missing Data?", *Annals of Biomedical Engineering*, 37, 2082-2092 (2009). ISSN: 0090-6964.

Brevetti

- [C1] Cimato S., Gamassi M., Piuri V., Sana D., **Sassi R.**, Scotti F. "Metodo di generazione e di verifica di una informazione di sicurezza ottenuta mediante letture biometriche". MI2006A000641. Università degli Studi di Milano. Domanda di brevetto depositata il 31 Marzo 2006. Deposito internazionale PCT/IT2007/000235.

Publicazioni presentate a congressi internazionali con comitato scientifico di revisione

- [D1] Maria G. Signorini, **Roberto Sassi**, Federico Lombardi, Sergio Cerutti, "Regularity patterns in heart rate variability signal: the approximate entropy approach" *Proceedings of IEEE-EMBS Conference, Hong Kong, 1998*, pp 306-309 (IEEE Press, Piscataway, NJ, USA). ISBN: 0-7803-5164-9. ISSN: 1094-687X.
- [D2] M.G. Signorini, M. Calò, **R. Sassi**, S. Guzzetti, S. Cerutti "Nonlinear analysis of heart rate variability signal in heart transplanted subjects: bicaval vs standard orthotopic techniques", *Proc. of the joint BSI IEEE-EMBS Conference, Chicago, 2000*. (CD-Rom, IEEE Press, Piscataway, NJ, USA). ISSN: 1094-687X.
- [D3] M.G. Signorini, A. de Angelis, G. Magenes, **R. Sassi**, D. Arduini, S. Cerutti, "Classification of fetal pathologies through fuzzy inference systems based on a multiparametric analysis of fetal heart rate", *Computers in Cardiology 2000, Cambridge (MA), USA*, edited by IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, pp 435-438 (IEEE Computer Society Press, NY, 2000). ISSN: 0276-6574.
- [D4] G. Magenes, M.G. Signorini, **R. Sassi**, D. Arduini, "Multiparametric analysis of fetal heart rate: comparison of neural and statistical classifiers", *MEDICON 2001 - IX Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing, IFMBE Proceedings, Pula, Croatia, 2001 Part I*, pp 360-363. ISBN: 953-184-023-7.

- [D5] G. Magenes, M.G. Signorini, **R. Sassi**, “Automatic diagnosis of fetal heart rate : comparison of different methodological approaches”, Proc. of the IEEE-EMBS Conference, Istanbul, Turkey, 2001, pp 1604-1607 (IEEE Press, Piscataway, NJ, USA). ISBN: 0-7803-7211-5. ISSN: 1094-687X.
- [D6] M.G. Signorini, **R. Sassi**, S. Cerutti, “Working on the NOLTISALIS Database: measurement of nonlinear properties in heart rate variability signals”, Proc. of the IEEE-EMBS Conference, Istanbul, Turkey, 2001, pp547-550 (IEEE Press, Piscataway, NJ, USA). ISBN: 0-7803-7211-5. ISSN: 1094-687X.
- [D7] L.T. Mainardi, M. Matteucci, **R. Sassi**, “On Predicting The Spontaneous Termination Of Atrial Fibrillation Episodes Using Linear And Non-Linear Parameters Of ECG Signal And RR Series”, Computers in Cardiology 2004, Chicago (IL), USA, edited by IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, vol. 31, pp 665-668 (IEEE Computer Society Press, NY, 2004). ISSN: 0276-6574.
- [D8] M. Ferrario, M.G. Signorini, **R. Sassi**, S. Cerutti, “Multiscale entropy analysis of 24 hours heart rate variability time series”, MEDICON and HEALTH TELEMATICS 2004, “X Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering”, Ischia (Naples), Italy, IFMBE Proceedings 2004, vol. 6, 4 pages. ISBN: 88-7780-308-8.
- [D9] R Maestri, GD Pinna, P Allegrini, R Balocchi, A Casaleggio, G D'Addio, M Ferrario, D Menicucci, A Porta, **R Sassi**, MG Signorini, MT La Rovere, S Cerutti, “Linear and Non-Linear Indices of Heart Rate Variability in Chronic Heart Failure: Mutual Interrelationships and Prognostic Value”, Computers in Cardiology 2005, Lyon, France, edited by IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, vol. 32, 981-984 (IEEE Computer Society Press, NY, 2005). ISSN: 0276-6574.
- [D10] LT Mainardi, **R Sassi**, “Analysis of Scaling Behaviour of ECG Signal during Atrial Fibrillation”, Computers in Cardiology 2005, Lyon, France, edited by IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, vol. 32, 627-630 (IEEE Computer Society Press, NY, 2005). ISSN: 0276-6574.
- [D11] **R. Sassi**, L.T. Mainardi, P. Maison-Blanche, S. Cerutti. “Estimation of spectral parameters of residual ECG signal during atrial fibrillation using autoregressive models”. *Folia Cardiologica*. (2005) vol. 12, suppl. C, pp. 108-110. Special Issue: Proc. of the joint ISHNE and ISE Congress. ISSN: 1507-4145.
- [D12] V.D.A. Corino, F. Ziglio, F. Lombardi, **R. Sassi**, L.T. Mainardi, “Analysis of Atrial Signal during Adrenergic Activation in Atrial Fibrillation”, Computers in Cardiology 2006, Valencia, Spain, edited by IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, vol. 33, 141-144 (IEEE Computer Society Press, NY, 2006). ISSN: 0276-6574.
- [D13] D.A. Tironi, **R. Sassi**, L.T. Mainardi, “Automated QT Interval Analysis on Diagnostic Electrocardiograms”, Computers in Cardiology 2006, Valencia, Spain, edited by IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, vol. 33, 353-356 (IEEE Computer Society Press, NY, 2006). ISSN: 0276-6574.
- [D14] S. Cimato, M. Gamassi, V. Piuri, D. Sana, **R. Sassi**, F. Scotti. “Personal identification and verification using multimodal biometric data”. in: *CIHSPS 2006: proceedings of the 2006 IEEE International conference on computational intelligence for homeland security and personal safety*, Alexandria, VA, USA, 16-17 October 2006. - Piscataway : Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2007, p. 41-45. ISBN: 1-4244-0745-1.
- [D15] A. Azzini, S. Marrara, **R. Sassi**, F. Scotti. “A Multimodal Approach for Biometric Authentication” in: *Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems*, 11th International Conference, KES 2007, Vietri sul Mare, Italy, September 12-14, 2007. Proceedings, Part II. Lecture Notes in Computer Science. Bruno Apolloni, Robert J. Howlett, Lakhmi C. Jain (Eds.), vol. 4693, pp. 801-808 (Springer.2007). ISBN: 978-3-540-74826-7.
- [D16] **R. Sassi**, V.D.A. Corino, L.T. Mainardi. “Analysis of Surface Atrial Signals Using Spectral Methods for Time Series with Missing Data”. *Computers in Cardiology* 2007, Durham, North Carolina, USA, vol. 34, 153-156. ISSN: 0276-6574.
- [D17] S. Cimato, M. Gamassi, V. Piuri, **R. Sassi**, F. Scotti. “A biometric verification system addressing privacy concerns” in: *Computational Intelligence and Security*, 2007 International Conference on, Harbin, China. 15-19 Dicembre 2007, pp. 594-598, IEEE Computer Society Press. ISBN: 978-0-7695-2823-6.

[D18] **R. Sassi** and L. T. Mainardi, “Editing RR series and computation of long-term scaling parameters”, in *Computers in Cardiology 2008*, Bologna, Italy, vol. 35, 565-568. ISSN: 0276-6574.

[D19] L. T. Mainardi, M. Bertinelli and **R. Sassi**, “Analysis of T-wave alternans using the Ramanujan transform”, in *Computers in Cardiology 2008*, Bologna, Italy, vol. 35, 605-608. ISSN: 0276-6574.

[D20] S. Cimato, M. Gamassi, V. Piuri, **R. Sassi**, F. Scotti, “Privacy-Aware Biometrics: Design and Implementation of a Multimodal Verification System”, *Proceedings of the Annual Computer Security Applications Conference, (ACSAC) 2008*, IEEE Computer Society Press, pp 130-139.

[D21] S. Cimato, M. Gamassi, V. Piuri, **R. Sassi**, and F. Scotti, “A multi-biometric verification system for the privacy protection of iris templates”, in *Proceedings of the International Workshop on Computational Intelligence in Security for Information Systems CISIS’08*, Springer-Verlag, *Advances in Soft Computing* 53, pp. 227-234, 2009.

[D22] R. Sassi, “Characterizing Histograms of Heartbeat Interval Differences with Gaussian Mixture Densities”, in *Computers in Cardiology 2009*, Park City (Utah, USA), vol. 36. ISSN: 0276-6574. (Proceedings in press)

Rapporti tecnici

[E1] **R. Sassi**, “Nonlinear coupled oscillators” in Woods Hole Oceanographic Institution Technical Report, WHOI-2000-07, pp 141-166 (Woods Hole MA, 2000). <http://hdl.handle.net/1912/94>.

[E2] R. V. Craster, **R. Sassi**, “Spectral algorithms for reaction-diffusion equations”, *Note del Polo – Ricerca N.99*, Rapporto Interno, Università di Milano, Polo di Ricerca di Crema, 2006.

Tesi di Dottorato di Ricerca

[F1] **R. Sassi**, *Analysis of heart rate variability complexity through fractal and multivariate approaches*, Tesi di Dottorato, Dipartimento di Bioingegneria, Politecnico di Milano (2001).

Riviste di divulgazione internazionale

[G1] S. Cimato, M. Gamassi, V. Piuri, **R. Sassi**, F. Scotti, “Privacy Issues in Biometric Identification”, in “*Information Security 2006*”, Nigel Llyod ed., Touch Briefings, pp 40-42, 2006. ISBN:1-905052-96-0.

Abstracts presentati a convegni internazionali con comitato scientifico di revisione

[H1] M.G. Signorini, G. Magenes, **R. Sassi**, D. Arduini, “New Approaches to the Fetal Heart Rate Signal Analysis for Detection of Possible Pathological Conditions”, *Proc. of the joint BSI IEEE-EMBS Conference*, Chicago, 2000. (CD-Rom, IEEE Press, Piscataway, NJ, USA).

[H2] N.J. Bamforth, R.V. Craster, **R. Sassi**, “Evolving Viscoplastic Flows Upon Slopes”, *EGS XXVII General Assembly*, Nice 21-26 April 2002, abstract #449. 2002EGSGA..27..449B.

[H3] N.J. Balmforth, R. V. Craster, **R. Sassi**, “Models of cooling lava”, *EGS - AGU - EUG Joint Assembly*, Abstracts from the meeting held in Nice, France, 6 - 11 April 2003, abstract #14817. 2003EAEJA....14817B.

ELENCO DELLE RIVISTE

Si allega un elenco delle riviste citate, corredato di ISSN e Impact Factor (2008 JCR).

RIVISTA	ISSN	2008 JCR
Annals of Biomedical Engineering	0090-6964	2.605
Biomedical signal processing and control (Elsevier)	1746-8094	
Biomedizinische Technik (Biomedical engineering)	0013-5585	0.592
Chaos	1054-1500	2.152
Fuzzy Optimization and Decision Making (Springer)	1568-4539	
IEEE Transactions on Biomedical Engineering	0018-9294	2.496
Journal of Cardiovascular Electrophysiology	1045-3873	3.798
Journal of Fluid Mechanics	0022-1120	2.315
Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics	0377-0257	1.967
Physica D (Nonlinear Phenomena)	0167-2789	1.926
Physiological Measurement	0967-3334	1.691
Proceedings of the Institution of Mechanical Engineering, Part H (The Journal of Engineering in Medicine)	0954-4119	1.402
Recent Patents on Computer Science (Bentham)	1874-4796	