

CAMILLO CAMMAROTA

CURRICULUM DELL'ATTIVITÀ SCIENTIFICA E DIDATTICA

Recapito: Dipartimento di Matematica, Università di Roma 'La Sapienza', P.le A. Moro 2 - 00185 Roma. Tel. 0649913252

E-mail: cammar@mat.uniroma1.it.

Pagina web: <http://www.mat.uniroma1.it/~cammar/>

STUDI E POSIZIONI ACCADEMICHE

Laurea in Fisica all'Università di Napoli il 30/3/76 con voti 110/110 e lode, tesi in Meccanica Statistica, relatore Prof. Lucio Russo.

Borsa di studio C.N.R. per la Fisica Matematica dal 1/10/76 presso il Dipartimento di Matematica dell'Università di Roma 'La Sapienza', direttore delle ricerche Prof. Giovanni Gallavotti.

Servizio militare dal 1/9/77 al 28/2/79.

Ripristino Borsa C.N.R. fino all'espletamento della prima tornata del giudizio di idoneità a Ricercatore.

Ricercatore confermato in Fisica Matematica presso il Dipartimento di Matematica dell'Università di Roma La Sapienza dal 1/8/81 al 31/10/93.

Professore Associato presso il Dipartimento di Matematica dal 1/11/93 ad oggi.

Inquadramento disciplinare: Fisica Matematica.

TEMI DI RICERCA

La mia attività di ricerca ha avuto per oggetto prevalentemente la Meccanica Statistica dell'equilibrio e la Teoria della Percolazione; ho inoltre svolto ricerche in Dinamica stocastica dei sistemi di particelle, Teoria dei Campi, Serie temporali. Negli ultimi anni ho intrapreso ricerche in Matematica Applicata con particolare riguardo al settore Biomedico. Le citazioni dei lavori si riferiscono all'elenco completo delle pubblicazioni.

Meccanica Statistica

In questa disciplina il mio interesse è rivolto ai sistemi di molti corpi su reticolo spaziale

Z^d in d dimensioni, descritti all'equilibrio da una misura di probabilità (misura di Gibbs) su uno spazio (spazio delle configurazioni) a infinite dimensioni, che nel caso da me più frequentemente considerato è $\{-1, +1\}^{Z^d}$. La funzione Hamiltoniana, a partire dalla quale si definisce, mediante un procedimento di limite di volume infinito (limite termodinamico), la misura di Gibbs, è sovente somma di funzioni di due variabili estesa alle coppie di siti primi vicini nel reticolo (modello di Ising). I problemi da me studiati vertono su: convergenza di campi stocastici, applicazioni alla teoria euclidea dei campi, decadimento delle correlazioni, disuguaglianze di correlazione e proprietà di monotonia.

La problematica relativa alla **convergenza di campi stocastici** è volta ad estendere i risultati classici di convergenza a campi Gaussiani di somme di variabili aleatorie indipendenti, al caso tipico in Meccanica Statistica in cui le variabili aleatorie sono debolmente interagenti. Un problema specifico da me studiato in (48) è la forma assunta dalla linea aleatoria in Z^2 definita per le configurazioni con condizioni al contorno di tipo misto (linea di separazione tra le fasi nel modello di Ising a bassa temperatura). Ho provato che tale linea, opportunamente riscalata, tende nel limite termodinamico alla legge oraria di un moto Browniano.

Un secondo problema, motivato dalla teoria del **gruppo di rinormalizzazione**, è lo studio delle variabili collettive (di blocco) nel modello di Ising ad alta temperatura, nella regione dei parametri in cui il campo di tali variabili converge ad un campo Gaussiano. Il mio contributo (3) consiste nel riconoscere che il campo di tali variabili è un campo di Gibbs e che la sua Hamiltoniana (Hamiltoniana rinormalizzata) converge in norma nel limite di blocchi grandi ad una Hamiltoniana di oscillatori armonici indipendenti. La convergenza in norma implica inoltre una stima della velocità di convergenza debole della misura alla misura limite Gaussiana.

Alcune tecniche di Meccanica Statistica trovano applicazione in **Teoria euclidea dei campi**, come nel modello gerarchico in cui il campo libero euclideo viene definito come un campo aleatorio indicato da R^2 ottenuto come sovrapposizione di campi di Gibbs su reticoli di passo infinitesimo. Per tale modello ho provato in (1) l'esistenza del limite doppio di volume infinito e di passo infinitesimo del potenziale termodinamico, corrispondente alla densità di energia dello stato fondamentale.

La tecnica della **cluster expansion** ha un ruolo centrale in Meccanica statistica in quanto fornisce in opportune regioni dei parametri fisicamente rilevanti definiti nel piano complesso sviluppi in serie dei potenziali termodinamici, provandone così l'analiticità, e delle funzioni di correlazione, provandone il decadimento nella distanza. Il mio contributo a tale argomento è una nuova dimostrazione della convergenza della serie su cui si basa la teoria (serie dei Mayer) ottenuta mediante una risommazione facente capo a grafi connessi (alberi), dimostrazione che è stata frequentemente adottata in letteratura. Essa viene applicata in (2) allo studio di un problema di decadimento delle correlazioni nel contesto alquanto generale di variabili illimitate e contribuenti all'Hamiltoniana per qualsiasi distanza.

Disuguaglianze di correlazione e proprietà di monotonia

Argomento della ricerca é l'applicazione della nozione di ordine stocastico tra misure di probabilità alla famiglia delle misure di Gibbs indicata dal parametro temperatura. Lo scopo è l'estensione dei risultati classici, nelle due direzioni di ampliare sia la classe delle misure sia la classe delle variabili aleatorie. Riguardo al primo argomento, in (4) ho operato

tale estensione alla classe delle misure di Bernoulli condizionate ad un sottogruppo dello spazio delle configurazioni, di cui la misura di Gibbs è un caso particolare. La probabilità di Bernoulli di un sottogruppo risulta inoltre una funzione completamente monotona nel parametro. Riguardo al secondo, in (7) ho fornito condizioni sufficienti affinché una variabile aleatoria abbia media di Gibbs monotona nella temperatura e ho dato esempi di tali variabili che si inquadrano nella teoria dei grafi aleatori (numero cicломatico) e nella percolazione.

Per la misura di Gibbs del modello di Ising condizionata a particolari eventi, ho trovato esempi in cui le variabili di spin sono correlate sia positivamente sia negativamente (17).

Teoria della Percolazione

La mia attività di ricerca in questa disciplina è volta ad estendere le tecniche ed i risultati acquisiti dalla teoria per modelli con misura di Bernoulli (49) ai modelli con misura di Gibbs. La descrizione delle configurazioni microscopiche si effettua in termini di clusters (componenti connesse del reticolo in cui le variabili assumono lo stesso valore) che possono risultare infiniti con probabilità non nulla. Tale approccio ha fornito già la soluzione di importanti problemi in Meccanica statistica e appare utile a risolverne di nuovi quali la caratterizzazione in termini di cluster infiniti della transizione di fase nel modello di Ising tridimensionale. Per questi obiettivi è richiesta una serie di passi intermedi che sono di per sé interessanti. Il primo di essi è la monotonia nella temperatura della media di Gibbs di variabili definite in termini di cluster, che è resa ardua dal carattere non locale di tali variabili. In (6) ho considerato la variabile che conta il numero di cluster di una configurazione del modello di Ising su un grafo con numero di coordinazione non superiore a 3. La media di Gibbs di tale variabile per qualsiasi temperatura è minore o uguale a quella calcolata rispetto alla misura simmetrica prodotto. Nel lavoro (21) si generalizza questo risultato estendendolo a un modello di Ising su qualunque grafo.

Dinamica stocastica dei sistemi di particelle

Problemi quali il propagarsi di un'infezione in una popolazione o la purificazione e il riconoscimento delle immagini, si inquadrano nella teoria dei processi di Markov su spazi non numerabili, quali ad esempio $\{0, 1\}^{Z^d}$. In questo ambito rientrano due lavori, il primo dei quali (50) affronta il problema della stima della probabilità critica nel processo del contatto (o percolazione orientata), conseguendo un risultato assai vicino a quello valutato mediante simulazioni numeriche del modello.

Il secondo lavoro verte su un modello di evoluzione per un sistema di particelle su Z con creazione di nuove particelle e scambi di posizione, assunta una configurazione iniziale semiinfinita. Per tale modello la legge oraria media della prima particella in un opportuno riscaldamento spazio temporale (limite idrodinamico) soddisfa un'equazione alle derivate parziali non lineare che ammette onde viaggianti fra le soluzioni. Il mio contributo (5) è lo studio delle fluttuazioni intorno al moto medio della prima particella, fluttuazioni che ho provato convergere per tempi grandi a quelle di un moto Browniano.

Modelli dinamici di serie temporali

Le serie temporali, provenienti da sequenze di osservazioni e misure, richiedono modelli matematici interpretativi per estrarre l'informazione significativa. Tali metodi si applicano

a svariate discipline ed in particolare mi sono occupato di sequenze di dati cardiaci.

La mia indagine ha preso spunto dai metodi di analisi propri dei sistemi dinamici deterministici non lineari. L'insieme dei dati, mediante immersione in uno spazio di adeguata dimensione, viene studiato come l'attrattore di un sistema dinamico caotico. Alla dimensione (frattale) di tale insieme si attribuisce valore diagnostico. La nozione di **dimensione di correlazione** è stata recentemente introdotta come alternativa alla dimensione di box counting e di Hausdorff, nel caso che esista una misura di probabilità invariante rispetto alla dinamica. Questa nozione viene definita a partire dall'integrale di correlazione della misura invariante, le cui proprietà ho analizzato dal punto di vista delle disuguaglianze di correlazione. Ho investigato il comportamento di tale dimensione nel caso di serie temporali stazionarie definite sia da modelli deterministici sia da modelli stocastici, al crescere della dimensione dello spazio di immersione, al fine di verificarne la convergenza. In (52) si fornisce un esempio di sistema deterministico che perde la proprietà di convergenza non appena sia aggiunta una perturbazione stocastica (rumore dinamico) comunque piccola. In (11) ho proposto una nuova tecnica per trattare la nozione di dimensione in serie temporali con una componente stocastica.

La distribuzione delle frequenze di parole e permutazioni (**dinamica simbolica**) costituisce uno strumento recente nello studio di serie temporali. Nel lavoro (19) si dimostra che la distribuzione delle parole binarie associate alla differenza di una sequenza stazionaria di variabili casuali indipendenti risulta universale, cioè non dipende dalla distribuzione delle variabili. Viene fornito un algoritmo per il calcolo della probabilità delle parole binarie e si usa tale risultato per costruire un test di indipendenza per processi.

L'introduzione di nuovi strumenti di analisi richiede il confronto con strumenti standard, quali l'analisi spettrale. Una comparazione tra l'analisi spettrale e quella simbolica viene effettuata per dati di tilt test nel lavoro (24).

Un problema di analisi di serie temporali non stazionarie viene considerato in (20). Viene adottato un modello del tipo **state space** che consente di stimare il trend mediante un filtro di Kalman; i residui vengono analizzati mediante modelli autoregressivi. Il metodo viene applicato alla serie temporale dei tempi di interbattito in fibrillazione atriale. I risultati vengono messi a confronto con quelli ottenuti mediante dinamica simbolica. Si conclude che la variabilità della frequenza cardiaca in fibrillazione atriale è ben descritta da un processo non stazionario di breve memoria.

Nel lavoro (28) si dimostra che per una serie stazionaria reversibile rispetto al tempo esistono coppie di parole coniugate che hanno la stessa probabilità. Tale risultato consente di eseguire un test di **reversibilità temporale** per la serie dei tempi di interbattito, che risulta nei soggetti normali prevalentemente irreversibile. Ciò conferma che tale serie non può essere descritta da un modello lineare.

Nel lavoro (29) si propone una nuova tecnica per l'analisi delle serie temporali, l'**analisi degli estremi**, che riguarda gli intervalli di accelerazione e decelerazione estratti dalla serie originaria. Per sequenze stazionarie e indipendenti si usa che la distanza tra due massimi consecutivi vale in media 3, indipendentemente dalla distribuzione del processo, e si applica all'analisi della frequenza cardiaca durante la prova da sforzo. Viene anche calcolata la distribuzione della lunghezza degli intervalli di monotonia.

Nel lavoro (31) si propone un test non parametrico di indipendenza seriale basato su un nuovo risultato sulla debole correlazione tra la durata dei 'run' consecutivi; il test viene

applicato alla serie temporale della frequenza cardiaca durante la fibrillazione atriale. Nel lavoro (32) si propone un modello dinamico della serie non stazionaria della frequenza cardiaca durante lo sforzo. Si stimano i parametri del modello dai dati; in particolare il modello contiene un termine di passeggiata casuale con ‘mean reversion’ e una varianza dipendente dal tempo. Nel lavoro (37) si stima la locazione di estremi in serie non stazionarie, fornendo un metodo per il calcolo dell’intervallo di confidenza.

Matematica applicata ai sistemi biomedici

Ho iniziato nel 1994 un lavoro di applicazione di metodi matematici alla medicina. L’obiettivo primario è di fornire uno strumento a sostegno della indagine clinica nella formulazione della diagnosi. Il lavoro si è svolto in collaborazione con alcuni centri di ricerca clinica e prevalentemente con il Laboratorio di Cardiologia del Dipartimento di Scienze Cliniche dell’Università di Roma La Sapienza. L’analisi di dati reali (e non simulati) provenienti da registrazioni ambulatoriali ha richiesto la soluzione di alcuni problemi: 1) esportazione dei dati mediante il software proprietario installato sulle apparecchiature (elettrocardiografi, Holter); 2) conversione dei dati codificati in formato binario a quello testo; 3) rimozione di artefatti, valori anomali, interferenze di rete. L’analisi dei dati è stata eseguita su una workstation LINUX usando i linguaggi di programmazione C ed R.

Collaborazioni col Policlinico dell’Università di Roma La Sapienza

La prima ricerca riguarda la rottura di tessuti muscolari con pregressa cicatrice chirurgica, nell’ambito di un programma di ricerca finalizzato alla riduzione dei parti cesarei. L’aspetto matematico di tale ricerca consiste nella definizione di un modello che consenta di prevedere la rottura in presenza di una disomogeneità forte e localizzata quale quella costituita da una cicatrice. Il modello adottato è un mezzo elastico bidimensionale con condizioni di sforzo uniforme all’infinito e condizioni di spostamento nullo su di una ellisse fortemente eccentrica simulante la cicatrice. Questo problema ammette soluzione esplicita delle equazioni, mediante il metodo delle trasformazioni conformi (51).

La seconda ricerca, attualmente in corso, riguarda la **variabilità della frequenza cardiaca**. Tale settore, conosciuto internazionalmente come “Heart Rate Variability” (HRV) consiste nello studio della serie temporale definita dalla durata del ciclo cardiaco, ricavata dal tracciato Holter delle 24 ore o porzioni di esso in situazioni normali e di patologia (fibrillazione atriale, trapianto, ischemia, diabete). Lo scopo della ricerca è di definire indici quantitativi che consentano di evidenziare eventuali patologie, in particolare quelle del controllo del sistema nervoso autonomo sul cuore. Uno dei problemi incontrati preliminarmente è la non stazionarietà della serie, e la presenza di correlazioni di lunga portata, dovute a svariate cause di carattere fisiologico, come l’interazione con l’attività respiratoria. Tuttavia la serie differenza si può considerare stazionaria e mescolante. Attraverso l’analisi della autocorrelazione è possibile definire un parametro che esprime la ‘memoria’ del battito (9). La **memoria del cuore** è stata oggetto di una relazione al congresso nazionale della Società Italiana di Medicina Interna del 1999 (41).

Un altro studio preliminare (53) riguarda l’**analisi spettrale** usata in HRV per quantificare il controllo neuroautonomico. Un indice di variabilità è l’ **entropia** usato in alternativa agli indici di variabilità tradizionali, basati sulla deviazione standard, che possono essere influenzati da misture di distribuzioni frequenti in disturbi del ritmo. Questo indice mostra

una variabilità circadiana (10). La entropia discrimina un gruppo di pazienti affetti dal morbo di Steinert da un gruppo di controllo, laddove tutti gli altri indici non mostrano differenze statisticamente significative (13). L'entropia è stata anche usata nella quantificazione del controllo esercitato dal sistema nervoso autonomo sul ritmo cardiaco evidenziando un significativo andamento circadiano in infartuati (12), in gravidanza (22), in diabete (27, 16). Una applicazione della dimensione di correlazione in ambito clinico è in (8).

La distribuzione della durata del battito (differenze) presenta un andamento non Gaussiano e, in analogia con quanto accade ad esempio in serie temporali di dati finanziari, si congettura che appartenga alla classe delle **distribuzioni stabili**. Un test di adattamento ha consentito di stimare l'esponente α che descrive la coda della densità (code pesanti), risultato significativamente diverso da quello Gaussiano; un'applicazione clinica è riportata in (14).

Un'applicazione della dinamica simbolica all'Holter delle 24 ore è in (15). Vengono stimate le frequenze empiriche di parole binarie definite dal segno della differenza tra elementi consecutivi della serie (accelerazioni). Le frequenze per i soggetti con trapianto sono risultate significativamente differenti da quelle del gruppo di controllo. Tale metodo di analisi è stato applicato anche a tracciati di fibrillazione atriale, con risultati che sono compatibili con sequenze di variabili casuali indipendenti (43). La interpretazione clinica che ne consegue è la riduzione di controllo neuroautonomico nella fibrillazione.

I tracciati di fibrillazione atriale sono studiati nella letteratura come esempi di sistemi dinamici non lineari a ridotta complessità. Tale punto di vista viene sottoposto ad analisi in (44). Si osserva che la serie è eteroschedastica, presentando una variabilità crescente con la media, una caratteristica comune alle serie di dati finanziari. Tale comportamento viene spiegato con un modello costituito da una **sequenza non stazionaria** di variabili lognormali e viene data stima dei parametri del modello; l'analisi dei residui mostra che questi sono sostanzialmente rumore, fornendo così una possibile spiegazione dei risultati in letteratura.

La variabilità della frequenza cardiaca dipende dall'età del soggetto; nella letteratura clinica tale fenomeno viene associato ad una riduzione della capacità di controllo del sistema nervoso autonomo. In (23) si definisce un indice di variabilità in termini di accelerazioni consecutive della frequenza e si analizzano tracciati di soggetti raggruppati per tre classi di età. A differenza di altri, l'indice di accelerazione mostra una significativa decrescita nel passaggio da una classe alla successiva e pertanto si congettura che possa essere assunto come indicatore della funzionalità della regolazione autonoma.

L'analisi dell' ECG registrato durante lo sforzo, **test da sforzo**, è lo strumento diagnostico più diffuso per la presenza di ischemia cardiaca, pur presentando una sensibilità e specificità non elevate. Nel lavoro (30) si propone un nuovo metodo diagnostico complementare basato sull'analisi delle aree delimitate dal complesso QRS nell' ECG. Le tecniche matematiche richieste esulano da quelle standard della HRV e sono: filtraggio del rumore e di disturbi ad alta frequenza, riconoscimento automatico di forme d'onda, analisi del trend.

Collaborazione con l'Istituto Medico Legale di Roma dell'Aeronautica Militare

L'analisi spettrale di processi stazionari viene adoperata nella ricerca cardiologica per evidenziare separatamente l'influenza delle due branche del sistema nervoso autonomo che controllano la frequenza cardiaca: le alte frequenze sono un indice dell'attività vagale,

mentre le basse frequenze di quella simpatica. In collaborazione col Reparto di Cardiologia dell'Istituto Medico Legale di Roma dell'Aeronautica Militare, si è analizzato il tracciato di soggetti ipertesi sotto sforzo. Il lavoro è stato eseguito in uno stage del Master in Calcolo Scientifico 2002/2003.

Matematica applicata alle scienze forensi - collaborazione con i RIS.

Le moderne discipline forensi richiedono una valutazione quantitativa della distanza delle tracce (misure antropometriche, spettri vocali ecc.) dalle caratteristiche del sospettato, che tenga conto della loro frequenza nella popolazione. Una modellizzazione matematica del problema può rendere più oggettiva la valutazione delle tracce. Nel lavoro (18) si è affrontata la valutazione della verosimiglianza associata ad una singola traccia, quale ad esempio l'altezza. Si propone una soluzione del problema basata sulla costruzione di una distribuzione normale bivariata concentrata attorno alla diagonale principale. Nel lavoro (25) si estende il precedente considerando il caso di distribuzione non normale e se ne costruisce una rappresentazione congiunta bivariata mediante la teoria delle copule.

Il metodo è stato messo a punto in collaborazione con un Ufficiale del Raggruppamento Carabinieri Investigazioni Scientifiche (RIS) di Roma e applicato per una validazione al database dei RIS.

ELENCO DEI TITOLI DIDATTICI E SCIENTIFICI

DI CAMILLO CAMMAROTA

Partecipazione a congressi con titolo della comunicazione, seminari

- Scuola Internazionale di Meccanica Statistica di Sitges, maggio 1976.
- Primo corso C.I.M.E. di Meccanica Statistica. Bressanone, giugno 1976.
- Corso estivo di Matematica su Teoria della biforcazione, Cortona, luglio 1979.
- Scuola di Fisica Matematica, Ravello, settembre 1980.
- Workshop Probabilistic Methods in Mathematical Physics, Siena. maggio 1991. Comunicazione: *On the temperature dependence of the mean number of clusters*
- Workshop Mathematical Physics of disordered systems, C.I.R.M. Marseille, luglio 1992.
- Congresso Nazionale di Probabilità e Statistica, Milano, luglio 1993. Comunicazione: *Monotonicity properties for Bernoulli and Gibbs measures*
- Convegno nazionale del Gruppo di Fisica Matematica, Roma, ottobre 1993. Comunicazione: *Proprietà di monotonia nella temperatura in percolazione*
- Congresso nazionale della Società Italiana di Matematica Applicata, Anacapri, giugno 1994.
- Congresso Nazionale della Società Italiana di Cardiologia, Roma 12-15 dicembre 1995, La dimensione di correlazione: un indice della presenza di caos nel ritmo cardiaco, (M. Curione, C. Cammarota, M. Laurenti, F. Bernardini, M. Trappolini, L. Cedrone, M. Di Giovine, M. Puletti) *Cardiologia* **40**, 21 (1995)
- Congresso nazionale della Società Italiana di Matematica Applicata, Salice Terme, giugno 1996. Comunicazione: *The correlation dimension of stationary time series with application to the heartbeat analysis*
- Seminario su *Nozioni di dipendenza in Meccanica Statistica* Roma 1997, Dipartimento di Matematica Univ. La Sapienza.
- Simposio 'Cronos e Caos in Cardiologia', Accademia Lanciaiana in Roma, dicembre 1997, Comunicazione: *Basi matematiche della variabilità caotica*
- Congresso Nazionale UMI, Napoli, settembre 1999. Comunicazione: *Una disegualianza di correlazione di tipo deterministico con applicazione al battito cardiaco*

- Congresso Nazionale della Società Italiana di Medicina Interna, Roma, ottobre 1999. *La memoria del cuore* (con G.Guarini e M.Ambrosini, D. Cipriani, presentata da G.Guarini)
- Congresso Nazionale della Società Italiana di Matematica Applicata e Industriale (SI-MAI) Ischia, giugno 2000. Comunicazione: *Analisi matematica della serie temporale del battito cardiaco*
- Incontro culturale su Modelli per l'uso dell'Informazione nelle Scienze e nelle Attività Economiche, Roma, giugno 2000. Comunicazione: *Analisi Matematica dei fenomeni biologici non lineari: le serie storiche cardiache*
- 61^o Congresso Nazionale della società italiana di Cardiologia, Roma 16-20 dicembre 2000 *La memoria elettrica del cuore: confronto tra soggetti sani e soggetti affetti da fibrillazione atriale cronica* (Ambrosini, Nesta, Sette, Di Luozzo, Guarini, Campa, Cammarota). *Fibrillazione atriale cronica: morfologia dello spazio delle fasi del tacogramma cardiaco* (Ambrosini, Nesta, Sette, Di Nucci, Di Luozzo, Campa, Cammarota).
- Simposio su *Fisiologia e fisiopatologia della memoria del cuore* Accademia Lancisiana in Roma 8 maggio 2001 (G. Guarini, C. Cammarota, M. Ambrosini).
- VIII National Congress of the Italian Society of Cardiovascular Research, Turin, Italy, September 20-22, 2001 *A new mathematical method for the analysis of the presumed reinnervation of the transplanted heart* (Cammarota, Guarini, Ambrosini, Sette, Di Luozzo, Nesta, Rossi).
- 102^o Congresso nazionale della società italiana di medicina interna, Roma 23-26 ottobre 2001 *Sulla variabilità dell'attività cinetica del cuore nei cardiopiantati* (Cammarota, Ambrosini, Sette, Di Luozzo, Nesta, Rotunno, Sellitti, Marino, Guarini).
- Assemblea scientifica del Gruppo Nazionale di Fisica Matematica, Montecatini Terme, 25-27 ottobre 2001.
- Workshop on Percolation, Particle Systems and other Stochastic Processes, Milano 29-31 ottobre 2001 Titolo del seminario *A correlation inequality for Bernoulli and Gibbs probability measures*
- Seminario su *La serie temporale della frequenza cardiaca: fenomeni e modelli* Roma, Università di Roma 3, 14/11/20001.
- Congress of the European Society of Mathematical and Theoretical Biology. Milano, luglio 2002. Comunicazione: *Mathematical modeling of the heartbeat time series dynamics* (Cammarota, Rogora, Guarini, Ambrosini)
- Workshop on Non linear Analysis and Cardiovascular system, Rome, october 2002. Comunicazione: *Non stationary model of the heartbeat time series in atrial fibrillation* (Cammarota, Rogora, Guarini, Ambrosini)

- International Symposium on Medical Data Analysis, Roma, ottobre 2002. Comunicazione: *Analysis of stationary periods of heart rate via symbolic dynamics* (Cammarota, Guarini, Ambrosini)
- Consiglio scientifico del Gruppo Nazionale di Fisica Matematica, Montecatini Terme, febbraio 2003. Comunicazione: *Modelli dinamici di serie temporali cardiache: il caso della fibrillazione*
- Convegno Internazionale Large Systems: Some Mathematical Problems and Perspectives Roma, maggio 2003.
- Seminario su *Dinamica simbolica e analisi linguistica di serie temporali cardiache*. Conferenza C.I.B. Università di Roma Tor Vergata 21/01/04.
- American Society of Hypertension Annual Scientific Meeting 2004: *Autonomic nervous system function assessed by analysis of heart rate variability at rest and during exercise in hypertensive and normotensive subjects* (Biagini, Cammarota, Prisco, Di Liberato, Fiori, Graziosi, Perelli, Romano, Lanza) Am. J. Hyp. Vol. 17, n.5 part 2 (2004)
- VII Congress of Italian Society for Applied and Industrial Mathematics, Venezia, 20-24 settembre 2004. *Validazione di un modello non stazionario di conduzione del nodo atrioventricolare nella fibrillazione atriale*, (Cammarota, Rogora; presentato da Rogora).
- Workshop Il Sistema Cuore: Segnali, Metodi e Modelli. CNR - Genova 4-5 novembre 2004. Poster: *A measure of variability of heart rate: dependence on age and comparisons in the time domain* (Germanò, Piccirillo, Cammarota, Guarini, Rogora, Cacciafesta)
- Seminario su *Modelli di serie temporali cardiache* Fac. Ingegneria Roma 1, Dip. MeMoMat 2 maggio 2005.
- Workshop Sistemi Complessi in Fisica Matematica, Capo Miseno 1-3 giugno 2005. Comunicazione: *Dinamica simbolica di aritmie cardiache*
- Acta Biophysica Romana 2006- Univ. Roma Tor Vergata- Febbraio 2006 Comunicazione: *Time irreversibility in human heartbeat*
- Seminario su *Disuguaglianze di correlazione e proprietà di monotonia nella temperatura per la percolazione nel modello di Ising* Dip. Di Matematica Univ. di Firenze, 28/03/06.
- Stochastic processes in Mathematical Physics. Villa La Pietra - Firenze 19-23 giugno 2006.
- International workshop Mathematical and statistical modelling of biomedical systems Università' di Roma Tor Vergata - September 28-29, 2006. Comunicazione: *Linguistic analysis of heartbeat time series*.

- Convegno La Matematica oggi per l'uomo e l'ambiente - Montecatini 29-31 marzo 2007. Comunicazione: *Dinamica simbolica di serie temporali cardiache*
- 5th Conference of the European Study Group on Cardiovascular Oscillations, April 7-9, 2008, Parma. Pubblicazione del contributo in formato elettronico. Presentazione Poster (C. Cammarota, M. Curione) *Variability of RR intervals and QRS complex area during exercise stress test*
- SIMAI Congress - Roma, September 15-19, 2008. Comunicazione: *Time series analysis of data from stress ECG*
- 6th Conference of the European Study Group on Cardiovascular Oscillations. 12th - 14th April 2010 Berlin, Germany. Comunicazione: *Trend and variability of the heart beat RR intervals during the exercise stress test* Coautore M. Curione.
- SIMAI Congress - Cagliari, Giugno 21-25, 2010. Comunicazione: *Dynamical model of non stationary heart rate series* Coautore M. Curione
- SIMAI Congress - Torino, Giugno 25-28, 2012. Comunicazione: *Time delay between RR and RT heart beat intervals assessed by trend extraction of exercise test data* Coautore M. Curione.
- SGCO Congress - Trento - Maggio 25-28, 2014 Comunicazione: *Time delay between RR and RT heart beat intervals in exercise test of normal subjects and elderly ischemic patients* Coautori: M. Curione, A. Quaresima, M. Varrenti
- SGCO Congress - Lancaster (UK) April 10-14 2016, Poster *Amplitude Change in R and T Waves of Exercise Electrocardiogram* Coautore M. Curione
- SIMAI Congress - Milano 13-16 settembre 2016, Presentazione *Amplitude Change in R and T Waves of Electrocardiogram during Exercise*, Coautore M. Curione.

Ho svolto alcune recensioni per Mathematical Review.

Incluso nell'albo recensori di *Journal of the Royal Society Interface*, *Computer Physics Communications*

Incarichi accademici

- Membro della Commissione giudicatrice del Concorso a posti di Professore Associato per il settore Fisica Matematica (D.M. 29.5.97)
- Membro del Consiglio Scientifico del CISB dal 1999 (Centro Interateneo di Ricerca per l'Analisi dei Modelli e dell'Informazione nei Sistemi Biomedici - Università di Roma La Sapienza)

- Membro della Giunta di Direzione del Dipartimento di Matematica de La Sapienza dal 2010 al 2015.
- Membro del Collegio dei Docenti del Dottorato di Ricerca in Meccanica Teorica e Applicata - La Sapienza dal 2012.
- Direttore del Master di II Livello in Calcolo Scientifico dal dicembre 2012.

Insegnamento

In qualità di Ricercatore ho svolto i seguenti corsi di esercitazione presso il Dipartimento di Matematica dell'Università di Roma La Sapienza con i docenti a fianco indicati:

- 76/77 Istituzioni di Matematiche per Biologi (Biancastelli)
- 77/78 Analisi Matematica 2 serale per Fisici e Matem. (Marchetti)
- 79/80 Analisi 1 serale per Matematici (Pulvirenti)
- 80/81 Analisi 2 Fisici (Schiaffino)
- 81/82 Analisi 1 Fisici (Schiaffino)
- 82/83 Analisi 1 Matematici (Matzeu)
- 83/84 Analisi 1 Matematici (Garroni)
- 84/85 Meccanica Razionale Fisici (Scacciatelli)
- 85/86 Analisi 2 Matematici (Longo)
- 86/87 Meccanica Razionale Matematici (Ferrarese)
- 87/88 Meccanica Razionale Matematici (Stazi)
- 88/89 Meccanica Razionale Fisici (Tirozzi)
- 89/90 Istituzioni di Fisica Matematica (Tirozzi)
- 90/91 Meccanica Razionale Matematici (Marchioro)
- 91/92 Istituzioni di Fisica Matematica (Tirozzi)
- 92/93 Analisi 2 Fisici (Troianiello)

In qualità di Professore Associato ho svolto i seguenti corsi:

- 93/94 Istituzioni di Matematiche per Biologi
- 94/95 Istituzioni di Matematiche per Biologi. Analisi Matematica - Scienze Statistiche (supplenza)
- 95/96 Istituzioni di Matematiche per Biologi. Istituzioni di Matematiche per Scienze Naturali (supplenza). Corso superiore di Matematica per Chimici (supplenza)
- 96/97 Istituzioni di Matematiche per Biologi. Istituzioni di Matematiche per Scienze Naturali (supplenza)
- 97/98 Istituzioni di Matematiche per Biologi. Istituzioni di Matematiche per Scienze Naturali (supplenza)
- 98/99 Istituzioni di Matematiche per Biologi. Istituzioni di Matematiche per Scienze Naturali (supplenza)
- 99/00 Istituzioni di Matematiche per Biologi. Istituzioni di Matematiche per Scienze Naturali (supplenza)
- 00/01 Istituzioni di Matematiche per Biologi. Istituzioni di Matematiche per Scienze Naturali (supplenza)
- 01/02 Calcolo e Biostatistica per Biologi. Istituzioni di Matematiche per Scienze Naturali (supplenza)
- 02/03 Calcolo e Biostatistica per Biologi. Istituzioni di Matematiche per Scienze Naturali (supplenza)
- 03/04 Calcolo e Biostatistica per Biologi. Istituzioni di Matematiche per Scienze Naturali (supplenza). Corso integrato di metodologia medico-scientifica per la Facolta' di Medicina (partecipazione)
- 04/05 Calcolo e Biostatistica per Biologi. Biostatistica II per Biologi. Istituzioni di Matematiche per Scienze Naturali (supplenza). Corso integrato di metodologia medico-scientifica per la Facolta' di Medicina (partecipazione).
- 05/06 Calcolo e Biostatistica per Biologi. Biostatistica II per Biologi. Istituzioni di Matematiche per Scienze Naturali (supplenza). Corso integrato di metodologia medico-scientifica per la Facolta' di Medicina (partecipazione).
- 06/07 Calcolo e Biostatistica per Biologi. Biostatistica II per Biologi. Istituzioni di Matematiche per Scienze Naturali (supplenza). Corso integrato di metodologia medico-scientifica per la Facolta' di Medicina (partecipazione).
- 07/08 Calcolo e Biostatistica per Biologi. Biostatistica II per Biologi. Istituzioni di Matematiche per Scienze Naturali (supplenza). Corso integrato di metodologia medico-scientifica per la Facolta' di Medicina (partecipazione).
- 08/09 Calcolo e Biostatistica per Biologi. Biometria per Biologi.

- 09/10 Calcolo e Biostatistica per Biologi. Biometria per Biologi
- 10/11 Meccanica Razionale per Matematici; Calcolo e Biostatistica per Biologi.
- 11/12 Meccanica Razionale per Matematici; Calcolo e Biostatistica per Biologi.
- 12/13 Meccanica Razionale per Matematici; Calcolo e Biostatistica per Biologi.
- 13/14 Meccanica Razionale per Matematici.
- 14/15 Analisi di Sequenze Dati per Matematici; Calcolo e Biostatistica per Biologi.
- 15/16 Analisi di Sequenze Dati per Matematici; Calcolo e Biostatistica per Biologi.
- 16/17 Analisi di Sequenze Dati per Matematici; Calcolo e Biostatistica per Biologi.

Master

Master in *Calcolo Scientifico* presso il Dipartimento di Matematica della Sapienza

- Anno 2002/2003 *Modelli matematici per l'analisi dei segnali biomedici.*
- Anno 2004/2005 *Matematica Applicata; Modelli matematici per le serie temporali* (In collaborazione con E. Rogora)
- Anno 2005/2006 *Matematica Applicata; Modelli matematici per le serie temporali* (In collaborazione con E. Rogora)
- Anno 2006/2007 *Matematica Applicata*
- Anno 2007/2008 *Modelli matematici per le serie temporali*
- Anno 2008/2009 *Modelli matematici per le serie temporali*
- Anno 2009/2010 *Modelli matematici per le serie temporali*
- Anno 2010/2011 *Modelli matematici per le serie temporali*
- Anno 2011/2012 *Modelli matematici per le serie temporali*
- Anno 2012/2013 *Modelli matematici per le serie temporali*
- Anno 2013/2014 *Modelli matematici per le serie temporali*
- Anno 2014/2015 *Modelli matematici per le serie temporali*
- Tutor dello Stage presso il Reparto di Cardiologia dell'Istituto Medico Legale di Roma dell'Aeronautica Militare avente per argomento: Analisi spettrale della variabilità R-R del segnale elettrocardiografico in soggetti ipertesi sotto sforzo. Anno 2002/03 - Stage premiato dal Master.

- Tutor dello Stage presso la Stazione Sperimentale dell'Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, CNR - Roma Tor Vergata: Analisi di Serie Temporali di interesse geofisico: una applicazione a dati lidar ad alta risoluzione.
- Tutor dello Stage presso ENEL Green Power - Roma: Previsione di brevissimo termine della produzione elettrica da impianti eolici.
- Tutor dello Stage presso INTECS - Roma: Analisi di segnali acustici mediante Wavelets per il rilevamento di suoni inerenti spari in ambiente aperto

Tesi

Aspetti e calcolo della dimensione di serie temporali con applicazione all'analisi del ritmo cardiaco. Laurea in Matematica A.A. 95/96.

Modelli probabilistici di serie temporali con applicazione all'analisi del ritmo cardiaco. Laurea in Matematica A.A. 96/97.

Metodi di Fourier e wavelet per il trattamento del segnale ECG. A.A. 2009/10

Analisi wavelet del trend per serie temporali della frequenza cardiaca nel test ergometrico. Laurea magistrale in Matematica per le Applicazioni 2012/13

Wavelet and Fourier analysis of EEG time series artifacts Laurea magistrale in Matematica per le Applicazioni 2012/13

Altre attività didattiche

Presidente di Commissione per gli Esami di Stato di Scuola Media Superiore negli A.S. 98/99, 99/00, 00/01.

Libri

Libro di testo *Elementi di Calcolo e di Statistica* (47) per l'insegnamento della matematica di base.

Divulgazione scientifica

Articolo: L'inquinamento da elettrosmog: cause ed effetti. Il Sole 24 Ore - Ambiente e sicurezza (R. Gigante, C. Cammarota) **5**, 2000.

**ELENCO DELLE PUBBLICAZIONI
DI CAMILLO CAMMAROTA**

Articoli su rivista

1. C. Cammarota, Ising-Like Field Theory, *Journal of Statistical Physics* **25**,143-152, (1981)
2. C. Cammarota, Decay of Correlations for Infinite Range Interactions in Unbounded Spin Systems, *Communications in Mathematical Physics* **85**, 517-528 (1982)
3. C. Cammarota, The Large Block Spin Interaction, *Il Nuovo Cimento* **96B**, 1-16 (1986)
4. C. Cammarota, L. Russo, Bernoulli and Gibbs probabilities of subgroups of $\{0, 1\}^S$, *Forum Mathematicum* **3**, 401-414 (1991)
5. C. Cammarota, P.A. Ferrari, Invariance principle for the edge of the branching exclusion process, *Stochastic Processes and their applications* **38**, 1-11 (1991)
6. C. Cammarota, On the temperature dependence of the mean number of clusters, *Journal of Statistical Physics* **63**, 783-790 (1991)
7. C. Cammarota, Stochastic order and monotonicity in temperature for Gibbs measures, *Letters in Mathematical Physics* **29**, 287-295 (1993)
8. M. Curione, F. Bernardini, L. Cedrone, E. Proietti, C. Danese, A.M. Pellegrino, R. De Rosa, G. Di Siena, K. Vacca, C. Cammarota, P. Cugini, The chaotic component of human heart rate variability shows a circadian periodicity as documented by the correlation dimension of the time-qualified sinusal RR intervals, *Clin. Ter.* **149**, 409-412 (1998)
9. G. Guarini, C. Cammarota, D. Fidente, O. Marino, M. Ambrosini, The auto-correlation of cardiac beat as a method of research of the heart's memory (First communication), *Clin. Ter.* **149**, 215-217 (1998).
10. P. Cugini, M. Curione, C. Cammarota, Bernardini, Proietti, Cedrone, Danese, Evidence that the information entropy estimating the nonlinear variability of sinusal R-R intervals shows a circadian rhythm *J. Clin. Basic Cardiol.* **2**, 275-278 (1999).
11. C. Cammarota, Estimating correlation exponents of the heartbeat time series *Int. Jour. Bif. Chaos* **10**, 1513-1520 (2000).
12. P. Cugini, M. Curione, C. Cammarota, F. Bernardini, D. Cipriani, E. Proietti, L. Cedrone, C. Danese, S. Coda, G. P. De Francesco, S. Fontana, R. De Rosa, A. M. Pellegrino, Disorder and Circadian Periodicity in Within-Day Variability of Sinusal R-R Intervals in Myocardial Infarcted Patients *J. Clin. Basic Cardiol.* **3**, 53-58 (2000).

13. P. Cugini, M. Curione, C. Cammarota, A. Mammarella, F. Bernardini, D. Cipriani, A. Cola, R. De Rosa, T. De Laurentis, C.M. Cardarello, V. Paoletti, M. Paradiso, Reduced Disorder in Heart Rate Variability as an Early Finding of Cardiac Involvement in Steinert's Disease: Evidence Provided by the Estimation of Entropy on the Hourly-Qualified Sinusal R-R Intervals *J. Clin. Basic Cardiol.* **4**, 67-72 (2001).
14. P. Cugini, C. Cammarota, M. Curione, D. Cipriani, R. De Rosa, P. Francia, E. De Marco, Periodicità circadiana del disordine nella variabilità giornaliera della frequenza cardiaca umana: ulteriore dimostrazione tramite approccio cronobiologico ai valori dell'esponente alfa stimato sugli intervalli sinusali R-R *Clin. Ter.* **152**, 15-19 (2001).
15. M. Ambrosini, C. Cammarota, G. Guarini, Heart rate stationarity in heart transplanted patients *Clin. Ter.* **152**, 363-366 (2001).
16. P. Cugini, M. Curione, C. Cammarota, F. Bernardini, D. Cipriani, R. De Rosa, P. Francia, T. De Laurentis, E. De Marco, A. Napoli, F. Fallucca, Is reduced entropy in heart rate variability an early finding of silent cardiac neurovegetative dysautonomia in type 2 diabetes mellitus? *J. Clin. Basic Cardiol.* **4**, 289-294 (2001).
17. C. Cammarota, Positive and negative correlations for conditional Ising distributions, *Reviews on Mathematical Physics*, **14** 1099-1113 (2002).
18. B. Cardinetti, C. Cammarota, Negative conclusion cases in Bayesian approach: a method for likelihood ratio evaluation. *Law, Probability and Risk* **4**, 79-88 (2005)
19. C. Cammarota, E. Rogora, Testing independence in time series via universal distributions of permutations and words. *Int. Jour. Bif. Chaos* **15**, 1757-1765 (2005)
20. C. Cammarota, E. Rogora, Independence and symbolic independence of nonstationary heartbeat series during atrial fibrillation, *Physica A* **353**, 323-335 (2005).
21. C. Cammarota, An inequality for the Gibbs mean number of clusters. *Jour. Math. Phys* **46**, 1-7 (2005)
22. M. Curione, P. Cugini, A. Napoli, A. Colatrella, S. Di Bona, C. Cammarota, S. Amato, C. Castro, F. Fallucca, A lower level in circadian rhythm of entropy in electrocardiographic R-R intervals suggests a prevalence of the sympathetic system in early physiological pregnancy. *Chronobiology International* **22**, 1-12 (2005)
23. G. Germanò, G. Piccirillo, C. Cammarota, G. Guarini, E. Rogora, M. Cacciafesta, A measure of acceleration of heart rate: dependence on age and comparisons *Geriatric Medicine Journal* **1**, 105-108 (2006)
24. C. Cammarota, E. Rogora, Spectral and symbolic analysis of heart rate data during the tilt test *Physical Review E* **74**, 042903 (2006)
25. B. Cardinetti, C. Cammarota, Negative conclusion cases: further proposal for likelihood ratio evaluation. *Law, Probability and Risk* **5**, 119-134 (2006)

26. C. Cammarota, E. Rogora, Alcune applicazioni della Matematica all'analisi dell'elettrocardiogramma *Bollettino dell'Unione Matematica Italiana - Sez. A - La matematica nella Società e nella Cultura* **10-A**, 537-561(2007)
27. P. Cugini, M. Curione, C. Castro, A. Napoli, P. Francia, A. Colatrella, S. Di Bona, C. Cammarota, G. Cardarelli, S. Amato, F. Fallucca, The loss of entropy circadian rhythm in sinusual R-R intervals of type 1 diabetic pregnant women suggests an indeterministic chaos in cardiac pacing (minimum delirium cordis syndrome). A newly identifiable type of silent cardiac dysautonomia? *Acta Cardiologica* **62**, 257-264 (2007)
28. C. Cammarota, E. Rogora, Time reversal, symbolic series and irreversibility of human heartbeat *Chaos, Solitons and Fractals* **32**, 1649-1654 (2007)
29. C. Cammarota, M. Curione, Analysis of extrema of heartbeat time series in exercise test *Mathematical Medicine and Biology* **25**, 87-97 (2008)
30. M. Curione, C. Cammarota, G. Cardarelli, S. Di Bona, T. Montesano, L. Travascio, M. Colandrea, M. Colotto, M. Ciancamerla, G. Ronga, QRS area monitoring during stress test: a novel index to separate normal to ischaemic patients? *Archives of Medical Science* **4**, 51-56 (2008)
31. C. Cammarota, The difference-sign runs length distribution in testing for serial independence. *Journal of Applied Statistics* **38**, 1033-1043 (2011)
32. C. Cammarota, M. Curione, Modeling trend and time-varying variance of heart beat RR intervals during stress test *Fluctuation and Noise Letters* **10**, 169-180 (2011)
33. C. Cammarota, M. Curione, Time delay between RR and RT heart beat intervals assessed by trend extraction of exercise test data *Fluctuation and Noise Letters* **11**, 1250019 1-18 (2012)
34. M. Curione, C. Castro, C. Cammarota, G. Tonnarini, M. Pasquali, Progressive loss in circulating volume during haemodialysis can be monitored by time voltage integral area of QRS complex: pilot study *Archives of Medical Science* **9**, 544-547 (2013)
35. J. Pepe, M. Curione, S. Morelli, M. Varrenti, C. Cammarota, et al., Parathyroidectomy eliminates arrhythmic risk in primary hyperparathyroidism, as evaluated by exercise test *European Journal of Endocrinology* **169**, 255 - 261 (2013).
36. Iliceto, P., Fino, E., Cammarota, C., Giovani, E., Petrucci, F., Desimoni, M., Sabatello, U., Candilera, G., Oei, T.P. Factor structure and psychometric properties of the Italian version of the Gambling Relations Cognitions Scale (GRCS-I), *Journal of Gambling Studies*, DOI 10.1007/s10899-013-9405-6 (2013)
37. Cammarota, C. Estimating the turning point location in shifted exponential model of time series, *Journal of Applied Statistics*, **44**:7, 1269-1281 (2017)

38. C. Cammarota, M. Curione, Trend Extraction in Functional Data of Amplitudes of R and T Waves in Exercise Electrocardiogram *Fluctuation and Noise Letters*, 2017 (doi: 10.1142/S0219477517500146)

Atti di Convegni

39. C. Cammarota, On the temperature dependence in percolation , *Proceedings of the International Workshop on Probabilistic methods in Mathematical Physics, Siena, 1991* Eds. Guerra, Loffredo, Marchioro. World Scientific, 108-113 (1992)
40. C. Cammarota, Basi matematiche della variabilità caotica, *Simposio 'Cronos e Caos in Cardiologia'* , *Accademia Lancisiana in Roma, dicembre 1997, Atti dell'Accademia Lancisiana*, vol. XLII, 1, 63-67(1998).
41. G.Guarini, C. Cammarota, M.Ambrosini, D. Cipriani, La memoria del cuore *Congresso Nazionale della Società Italiana di Medicina Interna Roma*, ottobre 1999.*Il Policlinico, Sez.Prat.* **106**, 429-438, Ed. L. Pozzi.
42. G.Guarini, C. Cammarota, M.Ambrosini, Fisiologia e fisiopatologia della memoria del cuore. *Atti dell'Accademia Lancisiana in Roma*, vol. XLV, 69-73 (2002).
43. C. Cammarota, G. Guarini, M. Ambrosini, Analysis of stationary periods of heart rate via symbolic dynamics, *Proceedings of the Third International Symposium on Medical Data Analysis*, A.Colosimo et al. Editors, Rome 2002, Lecture Notes in Computer Science n. 2526, 13-19, Springer, 2002
44. C. Cammarota, G. Guarini, E. Rogora, M. Ambrosini, Non stationary model of the heartbeat time series in atrial fibrillation, In *Mathematical Modelling and Computing in Biology and Medicine (V. Capasso Ed.) Proceedings of the Congress of the European Society of Mathematical and Theoretical Biology, Milan 2002*, 221-226. Società Editrice Esculapio, Bologna 2003.
45. C. Cammarota, E. Rogora, Validation of nonstationary model of atrioventricular node conduction in atrial fibrillation, *Applied and Industrial Mathematics in Italy* Proceedings of the 7th SIMAI Conference, Venice, Italy 20 - 24 September 2004, edited by M. Primicerio, R. Spigler, V. Valente. World Scientific, 2005.
46. Cammarota, C. Time series analysis of data from stress ECG, Eds. DeBernardis, E; Spigler, R; Valente, V, *Applied and Industrial Mathematics in Italy III. Series on Advances in Mathematics for Applied Sciences 9th Conference of the Italian-Society-for-Applied-and-Industrial-Mathematics SEP 15-19, 2008, Rome, ITALY.*

Libri

47. C. Cammarota, *Elementi di Calcolo e di Statistica*. Libreria Scientifica Dias. Roma 2001.

Pubblicazioni in proprio

48. C. Cammarota, The Brownian bridge and the phase separation line in the two dimensional Ising model, Pubblicato in proprio a Roma (1978)
49. C. Cammarota, Lezioni di Teoria della Percolazione tenute dal Prof. L. Russo per il Dottorato di Ricerca in Matematica, Pubblicato in proprio a Roma (1986)
50. C. Cammarota, A transition matrix for the oriented percolation process. Pubblicato in proprio a Roma nella serie C.A.R.R. Reports in Mathematical Physics n. 3 (1987)
51. C. Cammarota, E. Caglioti, Sugli sforzi elastici di un tessuto muscolare con cicatrice, Pubblicato in proprio presso Dipartimento di Matematica Univ. Roma La Sapienza (1995)
52. C. Cammarota, Some remarks on the correlation dimension of stationary time series. Pubblicato in proprio presso Dipartimento di Matematica Univ. Roma La Sapienza (1996)
53. C. Cammarota, D. Cipriani, The periodicity of the heartbeat: a comparative analysis in time and frequency domain, Pubblicato in proprio presso il Dipartimento di Matematica Univ. Roma La Sapienza n. 5/1999.