

Mario Ferraro: curriculum vitae
e pubblicazioni

Mario Ferraro, nato a Carcare (SV) il 20 Marzo 1949.

Laureato in Fisica (indirizzo di Fisica Teorica), il 20 Luglio 1973 con 110/110 e lode presso l'Università di Torino con una tesi su " Gruppo delle dilatazioni e analisi dei comportamenti asintotici".

Dal 1/11/73 al 30/10/74 titolare di una borsa di studio nell'Istituto di Fisiologia generale e speciale degli animali domestici e Chimica Biologica (Facoltà di Medicina Veterinaria) dell'Università di Torino.

Dal 1/11/1974 al 26/11/1981 titolare di un contratto di ricerca nello stesso Istituto.

Dal 27/11/1981 al 15/10/84 ricercatore confermato presso lo stesso Istituto.

Dal 16/10/84 e' trasferito, su sua richiesta, all'Istituto di Fisica Superiore dell'Università di Torino, Facoltà di Scienze M.F.N.; a partire dal 1/1/88, fa parte del Dipartimento di Fisica Sperimentale della Facoltà di Scienze M.F.N., Università di Torino.

Dal 20/1/83 al 15/2/84, in congedo di studio, ha lavorato presso il **Department of Communication and Neuroscience, University of Keele, Gran Bretagna.**

Durante i periodi 5/8/-20/10/84, 22/3-26/9/85, 2/6-25/9/86 ha lavorato presso il **Department of Communication and Neuroscience, University of Keele, Gran Bretagna.**

Dal 1/12/86 al 31/12/87, in congedo per motivi di studio, e' stato visiting professor presso il **Department of Psychology, University of Alberta, Canada** e l' **Alberta Center for Machine Intelligence and Robotics.**

Dal 1/8/88 al 20/9/88 e' stato visiting professor presso il **Robotics and Perception Laboratory, Queen's University, Kingston, Ontario, Canada.**

Dal 11/6 al 10/9/90 e' stato visiting researcher presso il **Department of Computer Science, University of Melbourne, Australia.**

Durante l'anno accademico 1992/93 e' stato in congedo per motivi di studio presso l' **Institut fur Medizinische Psychologie, Universita' di Monaco, Germania.**

Durante il 1994 e' stato visiting research professor presso il **Department of Psychology and Center for Neural Science, New York University.** In questo periodo ha anche svolto ricerche in collaborazione con il **Department of Applied Science, Harvard University.**

Dal 5/10/2012 al 20/12/2012 e' stato visiting researcher presso il National ITC of Australia Laboratory di Melbourne.

E' risultato idoneo al concorso da professore associato bandito dall'Universita' di Salerno, Settore K05B - INFORMATICA (profilo/posto C), pubblicato sulla Gazzetta n. 21 del 16/03/1999 rettifica sulla Gazzetta n.32 del 23/04/1999.

E' stato chiamato dalla Facolta' di Farmacia dell' Universita' di Torino, con decreto di nomina 53020 del 31/10/2001. Dal 1/11/2001 e' professore associato alla Facolta' di Farmacia dell' Universita'di Torino, mantenendo la sua afferenza al Dipartimento Fisica Sperimentale, Facolta' di Scienze M.F.N. E' stato confermato nel ruolo di professore associato con decreto n. 1195 del 14/03/05.

E' stato associate editor dei giornali internazionali **Spatial Vision** e **Computers in Biology and Medicine.**

E' referee per diversi giornali internazionali quali **Physical Review E** e **Pattern Analysis and Machine Intelligence (PAMI)**

E' uno dei coordinatori della Laurea Magistrale in Fisica Ambientale e Biomedica dell' Universita' di Torino

Fa parte del Governing Board dell' International Society for Group Theoretic Cognitive Science

E' stato responsabile scientifico per l'unita' di Torino del CNR del progetto coordinato del CNR "Integrazione di conoscenze a priori e dati sensoriali" (biennio 95/96, coordinatore Prof. I. De Lotto).

E' stato responsabile scientifico per l'unita' di Torino del CNR del progetto coordinato del CNR "Integrazione di moduli per la percezione dell'ambiente e navigazione di robot" (biennio 97/98, coordinatore Prof. I. De Lotto).

E' stato responsabile scientifico della sezione "Processi Percettivi" dell'Unita' di Ricerca di Torino dell' Istituto Nazionale di Fisica della Materia (Sezione di Fisica Teorica e Cibernetica)

ATTIVITA' DI RICERCA

1 Primi stadi del processo visivo

Ha lavorato su problemi riguardanti le modificazioni strutturali del segmento esterno dei bastoncelli retinici dovute all'assorbimento della luce, con particolare riferimento all'andamento temporale della birifrangenza; nel corso del lavoro e' stato mostrato come l'andamento temporale della birifrangenza sia legato alla presenza di fotoprodotti caratteristici degli ultimi stadi della fotolisi della rodopsina.[1]

Si e' interessato agli aspetti teorici dell'assorbimento della luce da parte di insiemi di molecole fotosensibili:

1. partendo dall'interazione di luce linearmente polarizzata con un insieme di molecole a bassa simmetria sono state ricavate le relazioni matematiche fra la distribuzione delle direzioni dei momenti di assorbimento delle molecole ed i valori delle misure di assorbimento [2].
2. Utilizzando lo schema generalmente accettato di transizioni fotochimiche della rodopsina in seguito all'assorbimento di fotoni e' stato calcolato, mediante il metodo Montecarlo, l'andamento in funzione dello spazio e del tempo della rodopsina e dei suoi fotoprodotti. Inoltre sono state determinate le equazioni differenziali che descrivono il processo di fotolisi e sono state risolte con un sistema alle differenze finite.[7]

Si e' occupato di ricerche riguardanti i fenomeni elettrici indotti dalla luce nelle cellule fotoricettrici di invertebrato ed in particolare dei fenomeni di adattamento. Sono state effettuate misure del potenziale di depolarizzazione evocato da stimoli luminosi in diverse condizioni di adattamento della retina. I risultati mostrano che, per particolari durate dello stimolo adattante, il fenomeno di adattamento e' preceduto da un aumento del livello di depolarizzazione che corrisponde ad un aumento della sensitivita' alla

luce ed e' stato chiamato "facilitazione" da alcuni autori [3].

Inoltre ha lavorato a ricerche riguardanti l'analisi delle fluttuazioni statistiche di potenziale degli stessi recettori. Sono stati effettuati diversi esperimenti per investigare l'andamento delle fluttuazioni del potenziale di cellule fotorecetriche di invertebrato in differenti condizioni di intensita' luminosa. I risultati mostrano che vi e' un aumento delle fluttuazioni(calcolate come varianza del valor medio del potenziale) nel passare da condizioni di buio a condizioni di moderata illuminazione, per poi ridursi nuovamente se l'intensita' luminosa e' ulteriormente accresciuta. Dai dati sperimentali e' stata calcolata la variazione unitaria di conduttanza che e' alla base delle fluttuazioni ed e' stato investigato l'effetto della tetrodotossina (una droga che abolisce lo spike iniziale) sull'andamento degli spettri di potenza delle fluttuazioni. Inoltre e' stato mostrato che gli spettri di potenza hanno un andamento di tipo Lorentziano e, usando un semplice modello per descrivere un evento elementare, e stata calcolata la frequenza degli eventi elementari.[4],[6],[8].

2 Codifica dello stimolo visivo

La collaborazione con ricercatori del **Department of Communication and Neuroscience, University of Keele**, ed in seguito con il **Department of Vision Sciences, Aston University, Inghilterra**, si e' svolta nell'ambito di ricerche sui diversi modi di codifica di pattern da parte del sistema visivo umano. Partendo dall'ipotesi che il riconoscimento di patterns avvenga attraverso la codifica di elementi base e delle loro relazioni e' stato formulato un criterio per caratterizzare processi discreti, o categorici, e processi continui nella discriminazione dei patterns visivi ed e' stato mostrato come questa caratterizzazione possa essere ricavata da un modello probabilistico in cui si assume che gli elementi base di un pattern sono codificati dal sistema visivo mediante l'assegnazione di certi valori che ne determinano le caratteristiche [9],[51].

L'influenza sui modi di discriminazione di patterns visivi di fattori quali la complessita' patterns e la durata dello stimolo e' stata investigata nel corso di esperimenti in cui si e' fatto uso di un paradigma sperimentale che permette di manipolare questi fattori e di mettere quindi in evidenza i differenti modi

di codifica. I patterns che formavano lo stimolo venivano generati mediante un gruppo locale di trasformazione ad un parametro (s) e lo stimolo stesso comprendeva diversi di patterns di cui uno differiva dagli altri per un valore ds del parametro s . Ai soggetti venivano presentati stimoli corrispondenti a diversi valori di s per durate di tempo differenti e veniva registrata la frequenza di corrette discriminazioni tra patterns differenti ed uguali. I dati sperimentali, in accordo le previsioni del modello mostrano che se la durata di presentazione dello stimolo e' breve (100 ms) la frequenza di corretto riconoscimento presenta un picco all' interno dell' intervallo di variazione del parametro, viceversa se lo stimolo puo' essere osservato per un periodo relativamente lungo (2 sec) la curva formata dalla frequenza delle risposte corrette ha un andamento monotono [10], [11], [13], [15], [21].

Le caratteristiche dei processi di discriminazione da parte del sistema visivo umano sono state studiate considerando due possibili processi di discriminazione entrambi basati sull' ipotesi che gli stimoli visivi sono codificati, almeno in certe condizioni, mediante un piccolo numero di possibili caratterizzazioni interne. Nel primo processo la discriminazione viene predetta calcolando tutte le possibili rappresentazioni interne ciascuna pesata sulla corrispondente probabilita' di assegnazione, nel secondo dalla differenza, calcolata usando le distanze generalizzate di Minkowski, tra le probabilita' di assegnazione di diverse rappresentazioni interne. Nonostante la diversita' di principio fra questi due processi i risultati delle simulazioni mostrano che i due processi sono in buon accordo con i dati psicofisici. Le relazioni fra i due processi sono state ulteriormente studiate sia analiticamente sia utilizzando simulazioni Montecarlo su di un ragionevole range del numero n di possibili caratterizzazioni interne ed m di elementi dell'immagine [20], [25].

Nell' ambito della ricerca su come lo stimolo visivo venga codificato dal cervello ha anche lavorato a problemi concernenti le illusioni visive. Sono state studiate le variazioni di lunghezza apparente di un segmento in movimento [14] e del periodo apparente di una sorgente luminosa intermittente in movimento [26] in funzione della velocita'. Inoltre e' stato elaborato un modello, basato sulla nozione di campo di forza, per spiegare le caratteristiche di una classe di illusioni visive, quali le illusioni di Poggendorf [31], [41] e di Sanders [39]. Infine sono stati eseguiti esperimenti per studiare fenomeni stereocinetici, ed e' stato proposto un semplice modello interpretativo di

questi fenomeni, [44],[45]

3 Reti neurali

Si e' interessato a problemi riguardanti la formulazione di modelli matematici che descrivano l'attivita' di insiemi di neuroni, specialmente per quel che riguarda la percezione visiva; e' stato proposto un modello in cui lo stimolo visivo viene riprodotto dall' attivita' di un insieme di neuroni mediante successive iterazioni di un sistema dinamico che utilizza l'informazione proveniente dalle derivate spaziali dello stimolo e da particolari strutture che hanno la funzione di "features extractors" e che potrebbero essere identificati con le cellule complesse o ipercomplesse della corteccia visiva. In questo modo viene stabilita una relazione mappa - territorio fra lo stimolo ed il sottoinsieme dei neuroni attivi. Il modello, oltre a spiegare la formazione dei contorni nel campo visivo, si e' dimostrato in grado di render conto di fenomeni psicofisici quali la Cornsweet illusion, l'effetto Krauskopf e le bande di Mach. [5]

E' stato elaborato un modello neuronale che spiega come possano prodursi i diversi modi di discriminazione visiva. Questo modello e' basato sull'idea che la discriminabilita' di pattern e' legata alla loro distanza nello spazio di attivita' di determinati insiemi di filtri. [36]

Ha lavorato ha un nuovo tipo di reti neurali chiamate "Model Based Neural Networks". Queste reti mantengono la tradizionale struttura a percettrone ma in esse i pesi possono essere parametrizzati e le funzioni di trasduzione vengono scelte opportunamente, in modo da permettere alla rete di risolvere specifici problemi di calcolo numerico in algebra e geometria. Si e' dimostrato come con questo metodo si possano ottenere reti neurali in grado di risolvere equazioni algebriche, calcolare lo sviluppo in serie di una funzione, determinare la I e II forma fondamentale e la curvatura media e Gaussiana di una superficie [49], [56]. Sono stati studiate le relazioni fra questo tipo di rete neurale e approcci alla pattern recognition basati sulla teoria dei grafi [88].

4 Fuzzy sets

Ha preso parte ad un progetto di ricerca che ha investigato l'applicabilit  della teoria dei fuzzy sets alla formulazione di modelli di percezione visiva. Per raggiungere questo scopo, tuttavia, si   reso necessario sviluppare ulteriormente la teoria. Partendo dalla definizione di spazi vettoriali dotati una topologia fuzzy si sono dapprima dimostrate le principali propriet  degli spazi vettoriali topologici fuzzy, (ftvs) e si   poi provato che   possibile introdurre una definizione estremamente generale di derivata di funzioni fuzzy continue che gode delle principali propriet  della derivata definita sugli spazi vettoriali topologici ordinari [16], [35]. Utilizzando questi risultati si sono definite, in un successivo lavoro, le variet  differenziabili fuzzy di classe C^1 (C^1 fuzzy manifolds) su di un insieme fuzzy introducendo il concetto di carte ed atlanti fuzzy e dimostrando come   possibile indurre nell'insieme una topologia fuzzy dai ftvs che appartengono alle carte fuzzy [35]. Infine sono stati elaborati gli elementi fondamentali di una geometria fuzzy dello spazio visivo basata sul concetto di fuzzy location, una funzione che tiene conto della imprecisione inerente in ogni valutazione della posizione di un punto nello spazio visivo [30], [34].

5 Invariant recognition

Ha lavorato all'analisi dei fattori globali e locali nella percezione visiva mediante l'uso della topologia differenziale e dei gruppi di trasformazione di Lie. In particolare   stata presentata un'interpretazione probabilistica della teoria delle invarianze percettive basata sull'uso dei gruppi di Lie ed   stato proposto un approccio generale al problema della percezione dei contorni da parte del sistema visivo.[12]

Un secondo progetto in questo ambito, svolto in collaborazione con Lo **Psychology Departement** e l' **Alberta Center for Machine Intelligence and Robotics, University of Alberta, Canada**, ha riguardato il problema del riconoscimento invariante [17], [27], cio  di come sistemi visivi possano riconoscere immagini od oggetti anche se sottoposti a trasformazioni. La teoria dei gruppi di trasformazione di Lie   stata utilizzata per analizzare

le condizioni a cui deve soddisfare la trasformata integrale di una immagine per fornire una rappresentazione dell'immagine che sia invariante sotto una data trasformazione, preservando allo stesso tempo l'informazione concernente lo stato dell'immagine lungo la trasformazione. Sono state definite le condizioni necessarie e sufficienti per l'invarianza di una trasformata integrale sotto due trasformazioni, e cioè che sia nullo il commutatore dei campi vettoriali associati alla trasformazione (generatori delle trasformazioni infinitesime), e che questi campi vettoriali siano linearmente indipendenti [18], [29]. Utilizzando il concetto di coordinata canonica stato proposto un metodo generale per il calcolo del kernel della trasformata integrale [18], [29]. I risultati di questo lavoro mostrano che non esiste una trasformata integrale che sia invariante, nel senso specificato sopra, per tutte le trasformazioni che compongono il moto rigido di un'immagine (in $2D$) o di un oggetto (in $3D$).

I risultati sulle relazioni fra processi di riconoscimento invarianti per trasformazioni e teoria dei gruppi di Lie sono stati generalizzati al caso in cui le trasformate integrali non sono invarianti ma tuttavia si trasformano in modo "semplice" se l'immagine è sottoposta ad una trasformazione geometrica. Sono state definite le condizioni necessarie e sufficienti perché una trasformata integrale goda di queste proprietà (che è stata definita di "covarianza") e sono state analizzate le relazioni fra invarianza e covarianza di trasformate integrali.[28]

È stata compiuta un'analisi critica sulle possibilità e limiti dell'applicazione della teoria dei Gruppi di Trasformazione di Lie al problema del riconoscimento invariante considerando dapprima il caso di rappresentazioni di immagini nel dominio cartesiano e successivamente per rappresentazioni nel dominio (u, v) delle trasformate integrali [29], [48]. Inoltre si è iniziato a studiare il problema del riconoscimento di oggetti tridimensionali. Prioritariamente si è cercato di stabilire quali rappresentazioni di superfici di oggetti siano invarianti per moti rigidi (rotazioni e traslazioni) ed al contempo codifichino lo stato trasformazionale. Utilizzando elementi di Geometria Differenziale, ed in particolare di Teoria delle Superfici, sono state elaborate rappresentazioni multidimensionali che sono invarianti sotto l'azione di moti rigidi e conservano la proprietà di unicità, cioè individuano in maniera unica la superficie in questione [29]. Infine è stato presentato un modello neurale di come trasformate integrali possano essere usate da sistemi biologici per ottenere riconoscimento invariante [43].

6 Shape from shading

In questo settore di ricerca il primo progetto, portato a termine durante il periodo di lavoro presso l **University of Alberta**, ha comportato l'elaborazione di un metodo generalizzato di shape from shading per la ricostruzione di superfici ad albedo variabile. Questo approccio e' basato sulla combinazione di due metodi: uno deterministico fondato sulla teoria delle variazioni e uno probabilistico fondato sulla nozione di campo di Markov e sulle sue relazioni con la distribuzione di Gibbs. Il risultato viene ottimizzato determinando il minimo di una funzione "energia" mediante un processo di rilassamento stocastico e di simulated annealing. Le simulazioni hanno dimostrato il buon funzionamento di questo metodo [19], [22].

In seguito ha studiato il problema di ricavare informazioni qualitative riguardo la geometria locale di una superficie utilizzando metodi di geometria differenziale e sono state messe in evidenza le relazioni fra i punti a di curvatura Gaussiana zero di una superficie fisica lambertiana i punti critici dell'immagine corrispondente E' stato dimostrato che i punti critici della funzione di luminosita' dell'immagine corrispondono a punti parabolici o planari della superficie dell'oggetto, tranne nel caso in cui il punto critico e' un massimo globale. E' stato introdotto il concetto di stabilita' del punto critico, rispetto a variazioni di orientazione della sorgente luminosa, e questo ha permesso di stabilire da una parte precise relazioni fra punti planari o parabolici della superficie e analoghi punti dell'immagine; infine, e' stato dimostrato linee a intensita' costanti (isophotes) stabili, nel senso definito prima, corrispondono necessariamente a linee sulla superficie a su cui la curvatura Gaussiana e' nulla ed in particolare a linee di curvatura lungo una curvatura principale nulla.[42]

Durante l'anno presso la New York University, ha lavorato a problemi riguardanti la ricostruzioni di superfici a partire dall'informazione contenuta nelle immagini di queste superfici. In particolare si e' occupato di shape from texture. E' stato dimostrato che informazione sulla curvatura delle supefici puo' essere ottenuta a partire da un analisi delle caratteristiche delle textures quali l'area degli elementi che formano la textures, o la densita' della loro distribuzione sulla superficie.

Nello stesso anno, in collaborazione con ricercatori del **Department of**

Applied Science, Harvard University, e' stato proposto un nuovo approccio al problema dello shape from shading, chiamato *shape from image warping*. E' stato dimostrato che per una larga classe di funzioni di riflettanza vi e' una relazione diretta fra le deformazioni (warps) delle immagini e le trasformazioni geometriche delle superfici in 3D che generano tali immagini, e sono state dimostrate diverse proprieta' di tali trasformazioni, che permettono la ricostruzione delle superfici a partire dalle immagini. La validita' di questo procedimento e' stato dimostrato mediante la ricostruzione di diversi oggetti [47], [53], [54],[60].

Sono state inoltre investigate le condizioni per la ricostruzioni completa di superfici a partire da mappe di profondita' da punti di vista differenti[52]

7 Struttura delle immagini

La collaborazione con l' **Institut fur Medizinische Psychologie, Universita' di Monaco** e' stata centrata sullo studio di rappresentazioni di immagini. E' stato mostrato che rappresentazioni basate sulla curvatura Gaussiana dell'intensita' luminosa possano essere usate per analizzare le proprieta' frattali delle immagini ed, in particolare, e' stata proposta una nuova definizione di dimensione frattale di un' immagine [33],[37].

Inoltre sono state studiate le proprieta' a scale diverse, di rappresentazione intrinsecamente $2D$ di un immagine. [38].

Sono state studiate le proprieta' topologiche delle immagini ed e' stato dimostrato che tutte le immagini sono topologicamente equivalenti [40] [75].

In seguito ha condotto ricerche sulle interazioni che hanno luogo fra differenti elementi delle immagini. Questo lavoro ha dimostrato che queste interazioni, generate dai processi percettivi, diminuiscono l'entropia totale dell'immagini e quindi rendono possibile i processi di riconoscimento. In particolare si e' dimostrato che modelli di immagine usati in computer vision come ad esempio "weak membrane model" od altri fondati sui campi di Markov agiscono come sistemi di image processing proprio perche' sono in grado di stabilire interazioni fra punti differenti dell'immagine [61] .

8 Entropia e scale di rappresentazione di patterns

Scopo di questa ricerca e' stata la definizione e 'analisi dell'informazione spaziale contenuta in patterns visivi. E' stato dimostrato che la struttura delle immagini a diversi livelli di risoluzione spaziale puo' essere caratterizzata mediante la distanza di Kullback-Liebler; in particolare e' stato dimostrato che questa misura di informazione e' direttamente esprimibile in termini di produzione di entropia, come definita nelle termodinamica delle trasformazioni irreversibili, nel caso di sistemi isolati [66]. In particolare questo metodo ha permesso una definizione locale di contenuto di informazione delle immagini, in termini di produzione locale di entropia. Inoltre si e' dimostrato che la produzione locale di entropia integrata lungo le scale di risoluzione fornisce una misura per segmentare l'immagine in area strutturalmente diverse.

Questo metodo e' stato applicato dapprima a processi in cui la trasformazione lungo scale differenti e' lineare (diffusione) [59], [65], [66] ed in seguito e' stato generalizzato a trasformazioni non lineari (diffusione anisotropa) [64], [68], [69], [72].

L'approccio termodinamico e' stato applicato in seguito anche alle immagini cromatiche. In questo caso i canali di colore dell'immagine sono stati assimilati a sottosistemi aperti, che quindi possono interagire fra di loro, mentre l'immagine nel suo complesso viene considerata un sistema isolato. E' stato ricavato un sistema di equazioni per l'evoluzione delle immagini attraverso multiple scale: le equazioni del sistema comprendono un termine puramente diffusivo ed un termine non lineare che dipende dalle interazioni fra i canali, modellate per mezzo di forze generalizzate, in analogia alla teoria dei sistemi termodinamici aperti. I risultati dimostrano che le risultanti rappresentazioni delle immagini mantengono le loro strutture fondamentali, durante il passaggio tra scale piu' fini a scale piu' grossolane, mentre gli effetti di rumore vengono eliminati [68], [84].

L' analisi della produzione di entropia in immagini a scale differenti ha anche permesso di ricavare un metodo, particolarmente efficace, di contrast enhancement di immagini biomediche [73], [93].

Una piu' completa analisi della relazione fra diversi tipi di informazione, le rappresentazioni multiscala delle immagini ed active vision e' stata pre-

sentata in [115]

9 Active vision

Si e' occupato dello studio dei meccanismi di esplorazione dello spazio visivo, mediante processi di visione attiva.

La produzione di entropia associato a differenti scale di risoluzioni e' stata usata per costruire una "saliency map" delle immagini: aree di "salincy" "maggiore sono quelle su cui piu' frequentemente viene spostato l'attenzione dell'osservatore [78],[81]. A partire da questa analisi e' stato proposto un modello probabilistico di movimenti saccadici, in cui lo spostamento del "focus of attention" e' la realizzazione di un processo stocastico con probabilita' di transizione non locale in una "saliency map" . L'esplorazione e' determinata da una equazione di Langevin il cui termine casuale e' generato da una distribuzione di Levy; i risultati delle simulazioni sono in accordo con i dati sperimentali [91].

Sono stati inoltre considerati modelli bayesiani di esplorazione dello spazio visivo, ed integrazione fra processi percettivi e motori. Come primo esempio sono state considerate le interazioni fra movimenti saccadici e movimenti della mano nel processo di copiatura di un disegno. Sulla base di alcune semplici "ipotesi minime" riguardanti i fattori che guidano i movimenti oculari e' stato elaborato un modello di rete bayesiana che si e' mostrato in buon accordo con i dati sperimentali. Risultati preliminari di questo lavoro sono stati presentati in [111], ed una trattazione completa e' stata data in [112]

10 Motilita' cellulare

Si e' interessato a problemi di motilita' cellulare. E' stato dimostrato che il moto di cellule neurali puo essere spiegato a partire dall'equazione di Langevin, in cui, oltre le forze di natura stocastica, sono state introdotte interazioni deterministiche: i risultati di una serie di esperimenti hanno convalidato questo modello che permette di analizzare le componenti deterministiche e stocastiche del moto. [70], [77],[80] [85]

E' stato elaborato un semplice metodo per determinare, sulla base delle proprieta' delle traettorie, caratteristiche della motilita' di popolazioni di cellule neurali. [92]. Inoltre e' stato studiato come la motilita' della cellula sia modulata dalle concentrazioni di calcio intra ed extra-cellulari [104]. Il moto delle cellule e' spesso accompagnato da fenomeni di aggregazione: partendo da un modello di motilita' cellulare in cui la densita' di probabilita' della posizione di una cellula e' determinata dall' equazione di Fokker-Planck, si e' calcolata l' entropia del processo in funzione del tempo e si e' mostrato come la rapidita' con cui questa entropia diminuisce e' una misura della velocita' di aggregazione. Su questa base e' stato definito un indice di rapidita' di aggregazione di insiemi di cellule [113].

11 Random walk

Una altro filone di ricerca riguarda l'analisi del random walk. E' stata derivata una formula generale del numero medio di volte un sito e' visitato durante un random walk, e questa formula e' stata applicata a diversi casi di random walk in due dimensioni, derivando gli andamenti asintotici del numero medio di visite [79]. I risultati ottenuti sono stati poi generalizzati al caso di random walks generalizzati al caso di random walks in un numero qualunque di dimensioni, per i quali, oltre al valor medio delle visite ai siti, sono state derivate formule generali per tutti i momenti della statistica [92]. Infine l'analisi e' stata estesa anche ai Levy flights [105]

12 Image Segmentation

Metodi diffusivi sono stati usati per la segmentazione delle immagini: e' stato presentato un nuovo metodo "Diffuse expectation maximization" in cui il convenzionale algoritmo di "expectation maximization" e' accoppiato ad una diffusione sulle classi in cui l'immagine e' segmentata, [101]. Questo metodo e' stato esteso anche a rappresentazioni di immagini su scale multiple [106], ed e' stato generalizzato al caso di metodi bayesiani variazionali [110].

13 Crescita neuritica

E' stato presentato un metodo per discriminare gli effetti di diverse condizioni ambientali che influiscono sulla crescita neuritica. Attraverso un sistema di equazioni di nascita e morte sono state calcolate le distribuzioni del numero di neuriti per neurone in diverse condizioni sperimentali. E' poi stata calcolata la loro entropia, in funzione del tempo: l'andamento dell' entropia ha permesso di ottenere informazioni su modalita' differenti di crescita neuritica [116].

Pubblicazioni

1. Facello, C., Ferraro, M., Laudato, MT., Parola, I., Giulio, L., 1977, Frog outer segments birefringence following intense flashes of light: 'in vivo' experiments. *Atti Fondazione G. Ronchi*, **3**, pp. 447-454.
2. Ferraro, M., 1977, Absorption measures and orientation of absorption momenta in biological structures: a theoretical approach. *Atti Fondazione G. Ronchi*, **6**, pp.938-944.
3. Busso, C., Ferraro, M., Lovisolo, D., 1979, Visual adaptation changes in the time course of receptor potential in the retinula cells of honeybee drone. In: *Developments in Biophysical Research*, Borsellino A., Omodeo, P., Strom, R., Vecli, A. and Wanke E, eds., pp 83-89, Plenum Press, New York and London.
4. Busso, C., Ferraro, M., Lovisolo, D., Mazzetti, P., Vadacchino, M., Veglia, F: Voltage noise analysis in the retinula cells of the honeybee drone. Third European Conference on Visual Perception, Brighton, England, 3-6/9/1980.
5. Borello, L., Ferraro, M., Penengo, P. , Rossotti, ML., 1981, A model of visual perception. *Biological Cybernetics*, **39**, pp 79-85.
6. Lovisolo, D., Vadacchino, M., Ferraro, M., Levi, R.:Spectral analysis of electrical noise in the retinula cells of honeybee drone. Atti del Congresso di Cibernetica e Biofisica, Perugia,12-16/10/1981, pp 18-20.
7. Ferraro, M., Penengo, P., 1982, Montecarlo simulation of light absorption by outer segments of retinal rods. *Atti Fondazione G. Ronchi*, **2**, pp 219-233.

8. Ferraro, M., Levi, R., Lovisolo, D., Vadacchino, M., 1983, Voltage noise in honeybee drone photoreceptors. *Biophysics of Structures and Mechanisms* (in seguito diventato *European Biophysics Journal*) , **10**, pp 129-142.
9. Ferraro, M., Foster, D.H., 1984, Characterization of discrete and continuous modes in visual patterns discrimination. *Biological Cybernetics*, **50**, pp 9-13.
10. Mason, R., Foster, D.H, Ferraro, M., Factors influencing optimal configurations of complex visual displays. Proceedings of the Workshop on Colour Coded vs. Monochrome Displays, Gibson, C.P. ed, Farnborough, U.K., 28/2 - 1/3/1984.
11. Foster, D.H., Ferraro, M., Mason, R., 1984, Discrete and continuous modes of curved lines discrimination influenced by stimulus duration. *Perception*, **13**, n.1, p. A17.
12. Ferraro, M., 1984, Differential Topology in visual perception. Meeting on Mathematical and Statistical Techniques in Applied Vision. Applied Vision Association, London, 24/10/1984.
13. Foster, D.H., Ferraro, M., 1985, Categorical and non-categorical modes of visual line discrimination. Experimental Psychology Society Meeting, Cambridge, U.K., 4-5/7/1985.
14. Banderali, U., De Marco, A., Ferraro, M., Trabucco, A., 1985, Lorentz transformations and perception of a moving bar. *Atti del Congresso di Cibernetica e Biofisica*, Frediani, C., ed., Lipari, Italy, 31/10-2/11/85.

15. Ferraro, M., Foster, D.H., 1986, Discrete and continuous modes of curved-line discrimination controlled by stimulus duration. *Spatial Vision*, **1**, n.3, pp 219-230.
16. Ferraro, M., Foster, D.H., 1987, Differentiation of fuzzy continuous mappings on fuzzy topological vector spaces. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, **121**, pp 589-601.
17. Caelli, T.M., Ferraro, M., 1987, Some new computational techniques for rotation, dilation and translation pattern recognition. *Technical digest*, Optical Society of America Annual Meeting, Rochester, N.Y., pp. 33-34.
18. Ferraro, M., Caelli, T.M., 1988, Relationship between integral transform invariances and Lie group theory. *Journal of Optical Society of America A*, **5**, 1988, pp. 738-742.
19. Bischof, W.F., Ferraro, M., 1988, Curved Mondrians: a generalized approach to shape from shading. *Proceedings CSCSI'88 Conference*, R.Woodham ed., Edmonton, Canada, 6-10/6/1988.
20. Foster, D.H., Ferraro, M., 1988, Discrete labelling processes for discrimination of multi-element images in human vision. In: "From the Pixels to the Features", J.C. Simon ed, Elsevier Science Publisher B.V.
21. Foster, D.H., Ferraro, M., 1989, Visual gap and offset discrimination and its relation to categorical identification in brief line displays. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance.*, **15**, n.1, pp 771-784.
22. Bischof, W.F., Ferraro, M., 1989, Curved Mondrian: shading analysis of patterned objects. *Computational Intelligence*, **5**, 1989, pp.121-126.

23. Ferraro, 1989, Tecniche di rilassamento. In: *La visione delle macchine*, Cantoni,V, Levialdi, S, eds., Tecniche Nuove editrice, Milano, Italy.
24. Zaninetti, L., Ferraro, M., 1990, Transient phenomena and clusters formation. *Astron. Astrophys*, **239**, pp.1-6.
25. Ferraro, M., Foster, D.H., 1991, Almost equivalence of combinatorial and distance processes for discrimination of multielement images. *Biological Cybernetics*, **64**, 315-319.
26. De Marco, A., Ferraro, M., Goslino, M., Rigolone A., Trabucco, A, 1991, Perceived period of a moving flickering source. *Proceedings of the Cybernetics and Biophysics Italian Conference*, **31**, pp. 305-311, C. Frediani ed.
27. Caelli, T.M., Ferraro, M., Barth, E, 1992, Invariant pattern recognition in man and machines. "Neural Networks for human and machine perception", H. Wechsler ed., Academic Press, Boston, USA.
28. Giulianini, F., Ferraro, M., Caelli, T.M., 1992, Transformational properties of integral transforms of images. *Journal Optical Society of America* **9** n.3, pp.494-496.
29. Ferraro, M., 1992, Invariant pattern representation and Lie groups theory. *Advances in Electronics and Electron Physics*, (Invited paper, Special Issue "Image mathematics and image processing") **84**, pp 131-195, 1992.
30. Ferraro, M., Foster, D.H.,1992, Elements for a fuzzy geometry of visual space. Proceedings of the Workshop " Shape in Picture", 7/9-11/9/1992, Driebergen, The Netherland. Published in 1994, NATO ASI Series F, Vol 126, Springer-Verlag.

31. Masini, R., Costa, T., Ferraro, M., 1992, The density of a texture between the verticals can modify the strength of the Poggendorf illusion. *Perception*, **21**, supp. 2, pp. 96-97.
32. Rentschler, I., Juttner, M., Ferraro, M, 1992, Supervised visual learning and classification analyzed in terms of Bayesian classifiers. *Perception*, **21**, supp. 2, pp.68.
33. Barth, E., Zetzsche, C., Ferraro, M., 1992, Fractal properties of images revealed by a curvature scale-space representation. *Perception*, **21**, supp. 2, pp. 98.
34. Ferraro, M., Foster, D.H., 1992, Towards a fuzzy geometry of visual space. *Perception* **21** supp. 2, pp. 6.
35. Ferraro, M., Foster, D.H., 1993, C^1 Fuzzy Manifolds. *Fuzzy Sets and Systems*, **54**, pp.99-106.
36. Costa, T., Ferraro, M., 1993, A neural model of discrete and continuous modes of visual patterns discrimination. *Spatial Vision*, **7**, pp. 243-255.
37. Barth, E., Zetzsche, C., Ferraro, M., Rentschler, I.,1993, 2D-fractal properties from 2D-curvature on multiple scales. Proceedings SPIE Meeting "Geometric Methods in Computer Vision II", B.C. Vemuri, ed, San Diego, Cal. 12-13/7/1993.
38. Barth, E., Ferraro, M., and Zetzsche, C, 1993, On the structure of 2D-curvature scale space. *Perception*, **22**, supp. pp. 21a.
39. Costa, T., Masini, R., Ferraro, 1993, A quantitative study of the Sander illusion. *Perception*, **22**, supp. pp. 50a.

40. Barth, E., Ferraro, M., Zetzsche, C, Rentschler, I., 1993, Computational models for the topological selectivity in early and primitive vision systems. Meeting of Optical Society of America, Toronto, 3-8/10/1993.
41. Masini, R., Costa, T., Ferraro, M., De Marco, A., 1994, Modifications of the Poggendorf effect as a function of random dot textures between the verticals. *Perception and Psychophysics*, **55**, pp. 505-512.
42. Ferraro, M., 1994, Local geometry of surfaces from shading analysis. *Journal Optical Society of America A*, **11**, pp. 1575-1579.
43. Ferraro, M., Caelli T.M., 1994, Lie transformation groups, integral transform, and invariant pattern recognition. *Spatial Vision*, **8**, pp. 33-44.
44. Masini, R. Ferraro, M. e Costa, T., 1994, Fenomeni stereocinetici con margini anomali, *Ricerche di Psicologia*, **17**, pp. 211-228.
45. Masini, R. Ferraro, M. e Costa, T., 1995, Stereokinetics effects with sharp and illusory contours. *Perception*, **23**, pp. 1437-1445.
46. Costa, T., Ferraro, M., 1995, Invariance of pattern recognition under rotations. *Perception*, **24**, pp. 117.
47. Yuille, A., Ferraro, M. e Zhang, T. 1995, Shape from image warping, Harvard technical report, no 95-6.
48. Ferraro, M. e Giulianini, F., 1996 Invariant properties of integral transforms of images, *Proceedings of VIII European Signal Processing Conference*, Trieste, 10-13 Settembre.

49. Ferraro, M , Caelli, T. 1996, Solving algebraic and geometrical problems using neural networks. In "Neural Nets: Proceeding of WIRN96", (Marinaro and Tagliaferri eds) pp 119-124, Springer Verlag, Berlin.
50. Ferraro, M. 1996, Integration of visual modules. In: Human and Machine Perception:Information Fusion (Cantoni, Di Gesu, Setti, Tegolo, eds) Plenum Press.
51. Ferraro, M., Foster, D.H. 1996 Discrete and continuous modes of visual pattern encoding. Proceedings of the workshop "Downward Processes in the Perception Representation Mechanisms", Ischia 21/25 Ottobre 1996, World Scientific, Singapore.
52. Ferraro, M. Costa, T. 1997. From view-dependent to view-independent representations of objects surfaces. In: Advances in Visual Form Analysis, Arcelli, Cordella, Sanniti di Baja, (eds.) World Scientific, pp.199-206.
53. Yuille, A., Ferraro, M. e Zhang, T. 1997, Surface shape from warping. Proceedings of CVPR97, International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Portorico, 17-19 Giugno 1997
54. Yuille, A., Ferraro, M. e Zhang, T. 1997, Relating image warping to 3D geometry deformations, in *Image Analysis and Processing*, (A. Del Bimbo ed.), Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag, Berlin, pp. 361-368.
55. Ferraro, M., Boccignone, G, 1998, A note on the representation of visual information, Atti del Convegno " Tecniche di Intelligenza Artificiale e Pattern Recognition per la Visione Artificiale", Ferrara, 5-6/4/1998, pp.69-74.

56. Ferraro, M , Caelli, T. 1998, Neural computation of algebraic and geometrical structures. *Neural Networks*, **11**, pp.699-707.
57. Bedini, L., Cannata, A., Ferraro, M., Salerno, E., Tonazzini, A. 1998 Visual module integration for optical flow estimation. Proceeding of the IX European Signal Processing Conference.
58. Ferraro, M, 1998 On the entropy of viewer dependent representations of surfaces. Journal of Mathematical Psychology, Abstract of 29th Mathematical Phsycology Meeting, Keele, 31/8-3/9, 1998).
59. Ferraro, M., Boccignone, G, 1998,Information properties in fine-to-coarse image transformations. Proceedings of International Conference on Image Processing, Chicago, 4-7 October, 1998
60. Yuille, A., Ferraro, M. e Zhang, T. 1998, Image Warping for Shape Recovery and Recognition *Computer Vision and Image Understanding*, **72** pp 351-359.
61. Boccignone, G, Ferraro, M., 1999, An information-theoretic approach to interactions in images. *Spatial Vision*, **12**, pp.345-362.
62. Ferraro, M.,1999, La percezione visiva come un processo di inferenza: una prospettiva della visione artificiale. In: "La percezione visiva" Purghe' F., Stucchi, N., Olivero, A. (eds), pp 671-694, UTET, Torino.
63. Di Gregorio F., Distasi C., Gilardino A., Ferraro M., Lovisolo D., 1999, Live-cell microscopy and quantitative analysis of cell motility in developing neurons, Abstracts, INFM Meeting, Catania, 14/18 Giugno, 1999.

64. Boccignone, G., Ferraro, M., Caelli T., Visual information from anisotropic transformations Proceedings of the International Conference on Image Analysis and Processing (ICIAP 99), Venezia, 23/27 Settembre 1999.
65. Boccignone, G., Ferraro, M., Caelli T., 1999 Local Structure in Images from Entropy Production, Proceeding of the International Conference on Image Processing (ICIP'99), Kobe, 24/28 Ottobre 1999.
66. Ferraro, M., Boccignone, G., Caelli, T., 1999 On the representation of image structures via scale space entropy conditions. *Pattern Analysis and Machine Intelligence, PAMI*, **21**, pp. 1199-1203.
67. Ariano P., Di Gregorio F., Distasi C., Ferraro M., 2000, Dynamics of cellular motility. Abstracts, INFM Meeting, Genova, 12/16 Giugno, 2000.
68. Boccignone, G., Ferraro, M., Caelli, T. Entropy production in colour images. Proceeding of the 15th International Conference on Pattern Recognition (ICPR2000), Barcellona September 3-8, 2000
69. Ferraro, M., Boccignone, G., Caelli, T. Isotropic vs. Anisotropic encoding of visual information. Proceedings of the International Conference on Image Processing (ICIP2000), 10-13 September 2000, Vancouver BC.
70. Zamburlin P., Ariano P., Ferraro M., Lovisolo, D., Distasi C., 2000, In vitro analysis of the motility of developing neurons and glial cells. Abstracts, III Neurobiology Conference Torino 11/14 Ottobre, 2000.

71. Barth, E. and Ferraro, M. 2000, On the geometric structure of spatio-temporal patterns In *Algebraic Frames for the Perception-Action Cycle* G Sommer and Y Zeevi (eds), pp. 134-143, Springer Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag.
72. Boccignone, G., Ferraro, M., Caelli, T. 2001 Encoding visual information using anisotropic transformations. *Pattern Analysis and Machine Intelligence, PAMI*, **23**, pp. 207-211.
73. Boccignone, G., Ferraro, M. 2001 Multiscale contrast enhancement *Electronic Letters* **37**, pp. 751-752.
74. Ferraro, M, Boccignone, G and Caelli, T. 2001 On the Representation of Visual Information. In *Visual Form 2001*,, C. Arcelli, L.P. Cordella, G. Sanniti di Baja eds., Lectures Notes in Computer Science, Springer Verlag pp. 176-185.
75. Barth, E, Ferraro, M, Zetsche, C. 2001 Global topological properties of images derived from local curvature features. In *Visual Form 2001*,, C. Arcelli, L.P. Cordella, G. Sanniti di Baja eds., Lectures Notes in Computer Science, Springer Verlag pp. 285-294.
76. Ariano P., Distasi C., Ferraro M., Gilardino A., Lovisolo D., Zamburlin P., 2001, In vitro analysis of neuron-glia cells interactions during cellular migration. Abstracts, INFM Meeting, Roma, 18/22 Giugno, 2001.
77. Distasi C., Ariano P., Zamburlin P., Gilardino A., Lovisolo D., Ferraro M., 2001, In vitro analysis of neuronal migration. in developing chick ciliary ganglion neurons Abstracts, Congresso Nazionale Societa' Italiana di Neuroscienze, Torino, 8/11 Settembre, 2001.

78. Boccignone, G., Ferraro, M., Caelli, T. 2001 An information theoretic approach to active vision In: Proceedings 11th International Conference On Image Analysis and Processing (ICIAP2001) E. Ardizzone, V. Di Gesu' eds, Palermo 26-28/09/2001.
79. Ferraro, M., Zaninetti, L. 2001. On the number of times a site is visited in two-dimensional random walks. *Physical Review E*, **64**, 056107-1-5 .
80. Distasi, C., Ariano, Zamburlin, P., Ferraro, M. 2002 In vitro analysis of neuron-glia cell interactions during cellular migration. *European Biophysics Journal*, **31**, pp. 81-88.
81. Ferraro, M., Boccignone, G. and Caelli, T. 2002 Entropy-Based Analysis of Visual Information. *Pattern Recognition Letters*, **23**, 1391-1398.
82. Ariano, P. Erriquez, J., Gilardino, A., Ferraro, M., Lovisolo, D., and Distasi, C. 2002 In vitro analysis of neuron-glia interactions during cellular migration. Atti del XVI Congresso di Biofisica Pura ed Applicata, Trento, 11-14/9/2002.
83. Ariano, P. Erriquez, J., Gilardino, A., Ferraro, M., Lovisolo, D., Zamburlin, P. and Distasi, C. 2002 In vitro analysis of intracellular calcium fluctuations during cellular migration. Atti del Congresso Nazionale di Fisica della Materia, Bari, 24-28/6/2002.
84. Boccignone, G., Ferraro, M., Caelli, T. 2002 Generalized spatio-chromatic diffusion *Pattern Analysis and Machine Intelligence, PAMI*, **24**, pp. 1298-1309.
85. Ariano, P., Distasi, C. Zamburlin, P., Erriquez, J., Gilardino A., Lovisolo D, Ferraro, M. 2003 Dynamics of neuron motility. Biophysical Society 2003 Meeting, San Antonio TX, 1-5/3/2003.

86. Ariano, P. Erriquez, J., Gilardino, A., Ferraro, M., Lovisolo, D., and Distasi, C. 2003 In vitro analysis of calcium fluctuations during neuronal and glia migration. European Molecular Biology Organization (EMBO) Meeting, Heidelberg, May 2003.

87. J. Erriquez, P. Ariano, A. Gilardino, P. Zamburlin, M. Ferraro, D. Lovisolo, C. Distasi. 2003 Role of intracellular calcium fluctuations in migrating developing neurons. International Brain Research Organization (IBRO) Sixth World Congress of Neuroscience, Praga, 10-15/7/2003. delberg, May 2003.

88. Caelli, T., Bischof, W. and Ferraro, M. 2003, A comparison of Neural and Graphical Models for Structural Pattern Recognition, Invited paper, IAPR - TC3 International Workshop on Artificial Neural Networks in Pattern Recognition Florence, Italy, September 12-13, 2003

89. P. Ariano, A. Gilardino, J. Erriquez, P. Zamburlin, M. Ferraro, D. Lovisolo, C. Distasi. 2003 The migration of developing neurons is dependent on calcium signalling. Congresso della Societa' Italiana di Neuroscienze, Pisa, 26-29/9/2003.

90. Ariano, P., Gilardino, A., Erriquez, J., Zamburlin, P., Ferraro, M., Lovisolo, D., Distasi C., 2003 Rate of Migration in developing neurons modulated by calcium variations INFM Meeting, Genova.

91. G. Boccignone , M. Ferraro, 2004, Modelling gaze shift as a constrained random walk, *Physica A*, **331**, pp. 207-218.

92. M. Ferraro, L. Zaninetti, 2004, Statistics of visits to sites in random walks, *Physica A*, **338**, pp.307-318

93. M. Ferraro, G. Boccignone, 2004, Image contrast enhancement via entropy production, *Real Time Imaging*, **10**, pp. 229-238.

94. M. Ferraro, 2004, Probabilistic methods for image processing, First Workshop on Contact Mechanics and Free Discontinuity Problems, Fisciano (SA), 8/7-9/7 2004
95. P. Ariano, A. Gilardino, P. Zamburlin, C. Distasi, M. Ferraro 2004, A simple method to study cellular migration. *Journal of Neuroscience Methods*, **141**, pp.171-176 .
96. P.Ariano, J. Erriquez, A. Gilardino, M. Ferraro, D. Lovisolo, C. Distasi 2004. Spontaneous glial and neuronal calcium activity in developing network of the vertebrate nervous system. INFM Meeting, Genova.
97. A. Bert, I. Dmitriev, S.Aglizzo, N. Pietrosevoli, M. Ferraro, T. Gallo, D. Regge, M. Mandelkern, 2004. A New automated method for the colon segmentation in CT-Colonography CAD. Proceedings of the IEEE Medical Imaging Conference, Rome.
98. D. Lovisolo, P.Ariano, J. Erriquez, A. Gilardino, M. Ferraro, A. Florio, C. Distasi 2004. Calcium-dependent migration and calcium activity in developing glial and neuronal cells in culture. Society for Neuroscience Annual Meeting, San Diego (CA) 23-27/10/2004
99. S.Aglizzo, A. Bert, I. Dmitriev, N. Pietrosevoli, M. Ferraro, T. Gallo, D. Regge, 2004. Study of second-order statistics in CT-colonography computer-aided diagnosis. Proceedings of the RSNA 90th Annual Meeting, Chicago, 28/11-3/12, 2004.

100. Boccignone, G, Ferraro, M, Napoletano, P. 2004 Diffused expectation maximization for image segmentation *Electronics Letters* **40**, pp. 1107-1108.
101. Boccignone, G., Caggiano, V., Napoletano, P., Ferraro, M. Image Segmentation via multiresolution diffused expectation-maximization, IEEE International Conference on Image Processing, (ICIP05), Genova 11/14 September 2005.
102. P.Ariano, J. Erriquez, A. Gilardino, M. Ferraro, D. Lovisolo, C. Distasi 2005. Calcium-dependent migration in developing glial and neuronal cells in culture, INFM Meeting, Genova.
103. Boccignone, G., Marcelli A., Napoletano P., Ferraro M., 2006 Inference of moving forms via Belief Propagation, International Conference on Pattern Recognition (ICPR2006), Hong Kong, 20-24/8/2006
104. Ariano P., Erriquez J., Gilardino A., Ferraro M., Lovisolo D., Distasi C. (2006) Calcium signals and the in vitro migration of chick ciliary ganglion cells *Cell Calcium*, **40**, pp. 63-71.
105. Ferraro, M, Zaninetti, L. (2006) Mean number of visits to sites in Levy flights *Physical Review E*, **73**, 057102-1-4.
106. Boccignone, G., Caggiano, V., Napoletano, P., Ferraro, M. (2007) A multiresolution diffused expectation-maximization algorithm for medical image segmentation. *Computers in Biology and Medicine* , **37**, pp. 83-96.

107. Boccignone, G., Marcelli, A., Napoletano, P., Ferraro, M. (2007) Motion Estimation via Belief Propagation Proceeding of the International Conference on Image Analysis and Processing (ICIAP07) Modena 10-14/9/2007, pp.55-60

108. Boccignone, G., Ferraro, M., Napoletano, P. (2007) A Variational Bayes approach to image segmentation. Proceedings of the International Symposium on Brain, Vision and Artificial Intelligence Napoli 9-13/10/2007.

109. Zaninetti L., Ferraro M., (2008) On the Truncated Pareto Distribution with applications, *Central European Journal of Physics*, **6**, pp. 1-6.

110. Boccignone G., Ferraro, M. and Napoletano, P. (2008) Embedding diffusion in variational Bayes:a technique for segmenting images *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence* (IJPRAI), **22**, pp. 811-827

111. Ruben Coen Cagli, R., Coraggio, P., Napoletano P., Boccignone G., and Ferraro, M. (2008) Towards a Characterization of Oculomotor Behavior in a Drawing Task. Proceedings of the 6th International Conference on Computer Vision Systems (ICVS 2008), 12-15 May Santorini, Greece.

112. Coen Cagli R., Coraggio, P., Napoletano, P., Schwartz, O., Ferraro, M., Boccignone, G. (2009) Visuomotor characterization of eye movements in a drawing task, *Vision Research*, **49**, pp. 810-818.

113. Monti, D., Ariano, P., Distasi, C., Zamburlin, P., Bernascone, S., Ferraro, M. (2009) Entropy measures of cellular aggregation, *Physica A*, **38** pp. 2762-2770.

114. Allasia W., Culeddu C., Gallo F., Vigilante M., Ferraro M., Automatic video processing for traffic sign recognition Fifth IASTED European Conference on Internet and Multimedia Systems and Applications Cambridge (UK) July 13-15 2009
115. Ferraro, M. Boccignone, G. (2009) Coupling the world with the observer: from analysis of information to active vision, *Spatial Vision*, **22**, pp.361-381.
116. Zamburlin P., Lovisolo D., Ariano P., Panero R., Ferraro, M. (2009) A quantitative approach to the dynamics of neurite sprouting induced by a neurotrophic factor *Journal of Neuroscience Methods*, **185**, pp. 178-183.
117. Monti D, Ariano P, Distasi C, Zamburlin P, Bernascone S, Ferraro M. Entropy measures of cells aggregation. XIII National Congress of the italian Society of Neuroscience, Milano 2-5 october 2009.
118. Boccignone G, Ferraro M. Gaze shifts as dynamical random sampling, 2nd European Workshop on Visual Information Processing (EUVIP 2010), Paris, 5-7/07/2010.
119. Bernascone S., Erriquez J., Ferraro M., Genazzani A, Distasi C. (2010) Novel adenosine and cAMP signalling pathways in migrating satellite glial cells, *Cell Calcium*, **46**, pp. 83-90.
120. Ruffinatti F. A. Lovisolo D., Distasi C., Ariano P., Erriquez J., Ferraro M. (2011) Calcium signals: analysis in time and frequency domains. *Journal of Neuroscience Methods*, **199**, pp. 310-320.
121. Davide Lovisolo D., Antoniotti S., Ariano P., Distasi C., Farcito S., Dalmazzo S., Ferraro M., Gilardino A., Ruffinatti F., Zamburlin P. (2011)

Seeing Neurons at work, *Atti Accademia delle Scienze di Torino, Atti Sc. Fis.* 145 pp. 27-34.

122. Boccignone G, Ferraro M. Modelling eye movement control via a constrained search approach. 3rd European Workshop on Visual Information Processing (EUVIP 2011), Paris, 4-6/07/2011.
123. Boccignone G, Ferraro, M. The active sampling of gaze-shifts. 16th International Conference on Image Analysis and Processing (ICIAP 2011), Ravenna, 13-16/09/2011.
124. Ferraro M., Zaninetti L. (2011) Statistics of cross sections of Voronoi tessellations, *Phys. Rev. E*, **84**, 041107-1– 041107-4 .
125. Ruffinatti F.A., Ferraro M., Lovisolo D., Distasi C. "Time-Frequency characterization of oscillatory calcium signals". ICSM (Ion Channel Signaling Mechanisms) Meeting, Marrakesh, Morocco, October 31-November 4, 2011; p.96.
126. Costa T., Boccignone G., Ferraro M. (2012) Gaussian mixture model of heart rate variability. PloS ONE, **7**, pp. e37731 1-8.
127. Ferraro M., Zaninetti L. (2012) On the statistics of area size in two-dimensional thick Voronoi Diagrams. *Physica A*, **391** pp.4575-4582.
128. Crespi S., Robino C., Boccignone G., Ferraro M., de' Sperati C. (2012) Spotting expertise in the eyes: billiards knowledge revealed by gaze shifts and detected through machine learning. *Perception*, **41** (supp), pp 102-102.
129. Boccignone G., Ferraro M. (2013) Feed and fly control of visual scan-paths for foveation image processing. *Ann. Telecommun.*, **68**, 201-217.

130. Boccignone G., Ferraro M. (2013) Gaze shift behavior on video as composite information foraging. *Signal Processing: Image Communication*, **28**, pp 949-966.

131. Allasia W., Lorio S., Gallo F., Ferraro M. A statistical approach for the automatic recognition of traffic sign deterioration. The Fifth International Conferences on Advances in Multimedia (MMEDIA 2013) April 21 - 26, 2013, Venice, Italy. IEEE Proceedings ISBN: 978-1-61208-265-3, ISBN: 978-1-61208-265-3 Pages: 25-28 MMEDIA 2013 Editors: Philip Davies, David Newell.

132. Clavelli A., Karatzas D., Lladós J., Ferraro M., Boccignone G. Towards Modelling an Attention-Based Text Localization Process. 6th Iberian Conference on Pattern Recognition and Image Analysis (IBRIA2013) Madeira, Portugal. June 5-7 2013. Published in: Pattern Recognition and Image Analysis, (Sanches J. , Micó L. Cardoso J., eds.) pp. 296-303. Lecture Notes in Computer Science, **7887**, Springer Berlin Heidelberg.

133. Ruffinatti F., Gilardino A., Lovisolo, D., Ferraro M. (2013). Spatial Wavelet Analysis of Calcium Oscillations in Developing Neurons. PloS ONE, **8** pp e75986-1-e75986-10.

134. Li S., Caelli T., Ferraro M., Pathirana, P. N. (2013). A novel bio-kinematic encoder for human exercise representation and decomposition. Part 1: Indexing and modelling. DOI: 10.1109/ICCAIS.2013.6720524: International Conference on Control, Automation and Information Sciences (ICCAIS 2013) 25-28 November, Nha Trang Vietnam.

135. Li S., Caelli T., Ferraro M., Pathirana, P. N. (2013). A novel bio-kinematic encoder for human exercise representation and decomposition. Part 2: Robustness and optimisation DOI: 10.1109/ICCAIS.2013.6720524: International Conference on Control, Automation and Information Sciences (ICCAIS 2013) 25-28 November, Nha Trang Vietnam.

136. Boccignone G., Ferraro M. (2014) Ecological Sampling of Gaze Shifts *IEEE Transactions on System Man and Cybernetics* **44**, pp. 266-279.
137. Boccignone G., Ferraro M., Crespi S., Robino C., de Sperati C. (2014) The experts eye: Detecting the signature of expertise using a multiple-kernel Relevance Vector Machine classification technique. *Journal of Eye Movement Research*, **7**, pp. 1-15.
138. Clavelli A., Karatzas D., Lladós J., Ferraro M., Boccignone G. (2014). Modelling task-dependent eye guidance to objects in pictures *Cognitive Computation*, **6**, pp. 558-584
139. Costa T. and Ferraro M. (2014) A statistical mechanical problem? *Front. Psychol*, **5**, Article 947 pp 1-8 02 September 2014 — doi: 10.3389/fpsyg.2014.00947
140. Li S., Ferraro M., Caelli T., Pathirana, P. N. (2014) A Syntactic Two-component Encoding Model for the Trajectories of Human Actions, *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, **18** pp. 1903-1914.
141. Ferraro M., Zaninetti L. (2015) On non-Poissonian Voronoi tessellations. *Applied Physics Research*, **7**, pp. 108-125.

ATTIVITA' DIDATTICA

Anno accademico 1973/74. Ciclo di esercitazioni per il corso di Struttura della Materia, corso di Laurea in Fisica. Ciclo di seminari dal titolo "Struttura della Materia e Biofisica" presso l'Istituto di Fisica Superiore (Facolta' di Scienze MFN).

Anno accademico 1974/75. Ciclo di seminari dal titolo "Processi Fisico-Chimici della percezione visiva".

Anno accademico 1977/78. Ciclo di seminari "Metodi matematici nello studio della percezione visiva".

Anno accademico 1979/80. Ciclo di seminari " Teoria dei sistemi ed applicazioni biologiche".

Anno accademico 1981/82. Ciclo di esercitazioni per il corso di Biomatematica (corso di Laurea di Medicina Veterinaria). Ciclo di esercitazioni di Fisica Sperimentale I, corso di Laurea in Geologia, Facolta' di Scienze MFN.

Anno accademico 1982/83. Ciclo di esercitazioni per il corso di Biomatematica (corso di Laurea di Medicina Veterinaria). Ciclo di esercitazioni di Fisica Sperimentale I, corso di Laurea di Geologia, Facolta' di Scienze MFN.

Anno accademico 1983/84. In congedo per motivi di Studio.

Anno accademico 1984/85. Ciclo di esercitazioni di Fisica Sperimentale I, corso di Laurea in Geologia, Facolta' di Scienze MFN.

Anno accademico 1985/86. Ciclo di Lezioni di Termodinamica nell' ambito del corso di Fisica Sperimentale I, corso di Laurea di Geologia.

Ciclo di esercitazioni di Fisica Sperimentale I, corso di Laurea di Geologia. Assistenza ai Laboratori di Esperimentazioni di Fisica I, corso di Laurea in Fisica.

Anno accademico 1986/87. Mentre e' visiting professor presso il Department of Psychology, University of Alberta tiene un ciclo di lezioni per studenti di Master e Phd dal titolo "From images to surfaces".

Anno accademico 1987/88. Ciclo di lezioni (serali) "Teoria degli errori" per il corso di Esperimentazioni di Fisica I, corso di Laurea in Fisica.

Ciclo di esercitazioni di Fisica Sperimentale II, corso di Laurea in Geologia.

Anno accademico 1988/89. Ciclo di Lezioni (serali) di "Teoria degli errori" per il corso di Esperimentazioni di Fisica I, corso di Laurea in Fisica.

Ciclo di Lezioni di Termodinamica e ciclo di Esercitazioni per il corso di Fisica Sperimentale I, corso di Laurea in Geologia.

Assistenza ai Laboratori di Esperimentazioni di Fisica I.

Anno accademico 1989/90. Ciclo di Lezioni (serali) di "Teoria degli errori" per il corso di Esperimentazioni di Fisica I, corso di Laurea in Fisica.

Ciclo di Lezioni di Termodinamica e ciclo di Esercitazioni per il corso di Fisica Sperimentale I, corso di Laurea di Geologia.

Assistenza ai Laboratori di Esperimentazioni di Fisica I.

Anno accademico 1990/91. Supplenza dell' insegnamento di Fisica per il corso di Laurea di Medicina Veterinaria.

Ciclo di Lezioni (serali) di Teoria degli errori per il corso di Esperimentazioni di Fisica I, corso di Laurea di Fisica

Ciclo di Lezioni sul "Onde elastiche" per il corso di Fisica Sperimentale II, corso di Laurea di Geologia .

Ciclo di Esercitazioni per il corso di Fisica Sperimentale II, corso di Laurea di Geologia.

Assistenza ai Laboratori di Esperimentazioni di Fisica I, corso di Laurea di Fisica.

Anno Accademico 1991/92. Supplenza dell' insegnamento di Fisica corso di Laurea di Scienze Biologiche.

Ciclo di Lezioni di Termodinamica per il corso di Fisica I, corso di Laurea di Geologia.

Ciclo di Lezioni "Processi Stocastici" per il corso di Esperimentazioni di Fisica I, corso di Laurea di Fisica.

Ciclo di Esercitazioni per il corso di Fisica I per Scienze Geologiche.

Anno accademico 1992/93. Durante il periodo di lavoro presso l'Universita' di Monaco ha tenuto due corsi, "Dynamical Systems" , "Neural Nets/Markov Random Fields" per studenti di Dottorato dell'Universita' e del Politecnico di Monaco.

Anno Accademico 1993/94. Ha tenuto un corso "An Introduction to Differential Geometry" per studenti di PhD presso il Center for Neural Science, New York University.

Anno Accademico 1994/1995. Affidamento dell' insegnamento di Fisica Generale I per il Diploma Universitario in Scienza dei Materiali.

Corso per gli studenti di dottorato (X ciclo): "Metodi matematici in pattern recognition."

Ciclo di Esercitazioni per il corso di Fisica II, corso di Laurea di Geologia

Ciclo di Esercitazioni per il corso di Fisica Generale I, corso di Laurea di Scienza dei Materiali.

Anno Accademico 1995/96. Affidamento dell' insegnamento di Fisica Generale I per il Diploma Universitario in Scienza dei Materiali.

Corso per gli studenti di dottorato (XI ciclo): "Calcolo neurale e riconoscimento di pattern."

Ciclo di lezioni di Termodinamica ed Esercitazioni di Fisica per il corso di Laurea di Biotecnologie.

Anno Accademico 1996/97. Affidamento dell' insegnamento di Fisica per il Corso di Laurea di Scienze Biologiche.

Ciclo di lezioni di Termodinamica ed Esercitazioni di Fisica per il corso di Laurea di Biotecnologie.

Ciclo di Esercitazioni del corso di di Fisica Generale I corso di Laurea di Scienza dei Materiali.

Anno Accademico 1997/98

Affidamento del corso di Fisica Biologica per il Corso di Laurea in Fisica.

Affidamento dell' insegnamento di Fisica per il Corso di Laurea di Scienze Biologiche.

Ciclo di Esercitazioni del corso di di Fisica Generale I corso di Laurea di Scienza dei Materiali.

Anno Accademico 1998/99

Affidamento del corso di Fisica Biologica per il Corso di Laurea in Fisica.

Affidamento dell' insegnamento di Fisica per il Corso di Laurea di Scienze Biologiche.

Anno accademico 1999/2000

Affidamento dell' insegnamento di Fisica per il Corso di Laurea di Scienze Biologiche.

Affidamento del corso di Fisica Biologica per il Corso di Laurea in Fisica.

Anno accademico 2000/2001

Affidamento del corso di Fisica Biologica per il Corso di Laurea in Fisica.

Corso di Teoria dei Modelli per la Scuola di specializzazione in Fisica Sanitaria.

Anno accademico 2001/2002

Corso di Fisica per il corso di Laurea in Farmacia

Affidamento del corso di Fisica Biologica per il Corso di Laurea in Fisica.

Corso di Teoria dei Modelli per la Scuola di specializzazione in Fisica Sanitaria.

Anno accademico 2002/2003

Corso di Fisica per il corso di Laurea in Farmacia

Corso di Reti Neurali per la Laurea Specialistica in Fisica Ambientale e Biomedica.

Corso di Teoria dei Modelli per la Scuola di specializzazione in Fisica Sanitaria.

Anno Accademico 2003/2004

Primo modulo del corso di Sistemi Dinamici per la Laurea Specialistica in Fisica Ambientale Biomedica.

Corso di Fisica per il corso di Laurea in Farmacia

Corso di Reti Neurali per la Laurea Specialistica in Fisica Ambientale e Biomedica.

Corso di Teoria dei Modelli per la Scuola di specializzazione in Fisica Sanitaria.

Anno Accademico 2004/2005

Corso di Fisica per il corso di Laurea in Farmacia

Primo Modulo di Fisica della Materia Vivente per il corso di Lauree in Fisica

Corso di Reti Neurali per la Laurea Specialistica in Fisica Ambientale e Biomedica

Corso di Modelli Fisici dei Sistemi Neurobiologici per la Laurea Specialistica in Neurobiologia

Corso di Teoria dei Modelli per la Scuola di specializzazione in Fisica Sanitaria.

Anno Accademico 2005/2006

Corso di Fisica per il corso di Laurea in Farmacia

Primo Modulo di Fisica della Materia Vivente per il corso di Lauree in Fisica

Corso di Reti Neurali per la Laurea Specialistica in Fisica Ambientale e Biomedica.

Corso di Modelli Fisici dei Sistemi Neurobiologici per la Laurea Specialistica in Neurobiologia

Corso di Teoria dei Modelli per la Scuola di specializzazione in Fisica Sanitaria.

Anno Accademico 2006/2007

Corso di Fisica per il corso di Laurea in Farmacia

Primo Modulo di Fisica della Materia Vivente per il corso di Lauree in Fisica

Corso di Reti Neurali per la Laurea Specialistica in Fisica Ambientale e Biomedica

Corso di Modelli Fisici dei Sistemi Neurobiologici per la Laurea Specialistica in Neurobiologia

Corso di Teoria dei Modelli per la Scuola di specializzazione in Fisica Sanitaria.

Anno Accademico 2007/2008

Corso di Fisica per il corso di Laurea in Farmacia

Primo Modulo di Fisica della Materia Vivente per il corso di Laurea in Fisica

Corso di Reti Neurali per la Laurea Specialistica in Fisica Ambientale e Biomedica

Corso di Modelli Fisici dei Sistemi Neurobiologici per la Laurea Specialistica in Neurobiologia

Corso di Teoria dei Modelli per la Scuola di specializzazione in Fisica Sanitaria.

Anno Accademico 2008/2009

Corso di Fisica per il corso di Laurea in Farmacia

Primo Modulo di Fisica della Materia Vivente per il corso di Laurea in Fisica

Corso di Reti Neurali per la Laurea Specialistica in Fisica Ambientale e Biomedica

Corso di Modelli Fisici dei Sistemi Neurobiologici per la Laurea Specialistica in Neurobiologia

Corso di Teoria dei Modelli per la Scuola di specializzazione in Fisica Sanitaria.

Anno Accademico 2009/2010

Corso di Informatica per il corso di Laurea triennale in Informazione Scientifica sul Farmaco

Corso di Fisica per il corso di Laurea in Farmacia
Primo Modulo di Fisica della Materia Vivente per il corso di Laurea di primo livello in Fisica
Corso di Reti Neurali per la Laurea Magistrale in Fisica
Secondo modulo del Corso di Neurofisiologia e modelli di reti neurali per la Laurea Magistrale di Biologia Cellulare e Molecolare

Anno Accademico 2010/2011

Corso di Metodi e Modelli Matematici per la Medicina per la Scuola di specializzazione in Fisica Medica.

Corso di Informatica per il corso di Laurea triennale in Informazione Scientifico sul Farmaco

Corso di Fisica per il corso di Laurea in Farmacia

Primo Modulo di Fisica della Materia Vivente per il corso di Laurea di primo livello in Fisica

Corso di Reti Neurali per la Laurea Magistrale in Fisica

Anno Accademico 2011/2012

Corso di Fisica per il corso di Laurea in Farmacia

Corso di metodi e modelli statistico matematici per la Medicina per la Scuola di specializzazione in Fisica Medica.

Primo Modulo di Fisica della Materia Vivente per il corso di Laurea di primo livello in Fisica

Corso di Reti Neurali per la Laurea Magistrale in Fisica

Anno Accademico 2012/2013

Corso di Fisica per il corso di Laurea in Farmacia

Primo Modulo di Fisica della Materia Vivente per il corso di Laurea di primo livello in Fisica

Corso di Reti Neurali per la Laurea Magistrale in Fisica

Corso di metodi e modelli statistico matematici per la Medicina per la Scuola di specializzazione in Fisica Medica.

Anno Accademico 2013/2014

Corso di riallineamento per i corsi di studi di Farmacia e Chimica e Tecnologia Farmaceutica

Corso di Fisica per il corso di Laurea in Farmacia

Primo Modulo di Fisica della Materia Vivente per il corso di Laurea di primo livello in Fisica

Corso di Reti Neurali per la Laurea Magistrale in Fisica e Fisica dei sistemi complessi

Corso di metodi e modelli statistico matematici per la Medicina per la Scuola di specializzazione in Fisica Medica.

Anno Accademico 2014/2015

Corso di metodi e modelli statistico matematici per la Medicina per la Scuola di specializzazione in Fisica Medica.

Secondo modulo di Fisica della Materia Vivente per il corso di Laurea di primo livello in Fisica

Corso di Fisica per il corso di Laurea in Farmacia

Corso di Reti Neurali per la Laurea Magistrale in Fisica e Fisica dei sistemi complessi

Anno Accademico 2015/2016

Corso di Fisica per il corso di Laurea in Farmacia

Secondo modulo di Fisica della Materia Vivente per il corso di Laurea di primo livello in Fisica

Corso di Reti Neurali per la Laurea Magistrale in Fisica e Fisica dei sistemi complessi

Ha partecipato alla Scuola Nazionale di Cibernetica, VI Corso, " La visione delle macchine ", Pavia, 19-23/9/88, tenendo una lezione dal titolo "Campi di Markov e tecniche di rilassamento stocastico"

Dall'anno accademico 73/74 e' stato correlatore di diverse tesi di Laurea su argomenti di Biofisica e di Percezione Visiva presso l'Istituto di Fisiologia degli Animali e Chimica Biologica, l'Istituto di Fisica Superiore ed il Dipartimento di

Fisica Sperimentale.

E' stato relatore di tesi di laurea:

1. "Un modello neurale di discriminazione di pattern visivi" aa. 1991/1992.
2. "Dinamiche ottimali e modellizzazione elettronica di reti ad attrattori" aa. 1994/1995

3. "Ricostruzione di superfici dai profili di intensita' luminosa." aa 1994/1995
4. "Ricostruzione di superfici dalle regolarita' nelle immagini." aa 1995/1996
5. "Struttura di immagini a differenti livelli di risoluzione." aa. 1995/1996
6. "Limiti dei processi invarianti nella percezione visiva." aa. 1995/1996
7. "Aspetti dell'apprendimento in reti neurali realistiche." aa.1996/ 1997
8. "Un modello di autoorganizzazione di reti neurali biologiche" aa. 1996/97
9. "Modelli matematici di popolazioni" aa. 1996/97
10. "Complessita' computazionale del processo di apprendimento in reti neurali discretizzate: modelli di spin e analisi della struttura geometrica dello spazio degli accoppiamenti" aa. 1996/97
11. "Proprieta' computazionali di reti neurali artificiali e naturali" aa. 1998/1999
12. "Dinamica della motilita' di cellule neuronali" aa. 1999/2000.
13. "Metodi probabilistici per la formazione di patterns" aa. 1999/2000.
14. "Processi di autoorganizzazione in reti neurali" aa. 2000/2001
15. "Analisi di fenomeni caotici nell'attivita' cardiaca" aa. 2001/2002.
16. "Elaborazioni di dati video con dispositivi neurali e paralleli" aa. 2001/2002
17. "Modelli di competizione con diffusione" aa. 2001/2002
18. "Ruolo della pressione, adesione cellulare e apoptosi nella crescita di sferoidi tumorali: modellizzazione fisico-matematica" aa. 2001/2002.
19. "Un modello a rete di evoluzione"
Laurea di primo livello in fisica, aa 2004/2005.
20. "Un modello si strategie evolutive di un semplice organismo"
Laurea di primo livello in fisica, aa 2005/2006.

21. “Fumo di Sigaretta e cancro al polmone: studio su una coorte europea”
Laurea di primo livello in fisica, aa 2005/2006.
22. “Dinamiche di aggregazione in popolazioni di cellule neurali”
Laurea magistrale in Fisica delle Interazioni Fondamentali, aa 2006/2007
23. “Modelli di dinamica dell’ evoluzione”
Laurea magistrale in Fisica delle Interazioni Fondamentali, aa 2006/2007
24. “ Un modello di crescita neuritica “
Laurea magistrale in Fisica Ambientale e Biomedica aa 2006/2007
25. “Una rete fuzzy logic per il controllo di un generatore di celle a combustibile”
Laurea magistrale in Fisica delle Tecnologie Avanzate” aa. 2006/2007
26. “Variabilita’ e regolarita’ in reti neurali”
Laurea di primo livello in fisica, aa 2006/2007.
27. “Modelli cooperativi nell’ evoluzione: l’iperciclo.”
Laurea di primo livello in fisica, aa 2006/2007.
28. “Metodi di inferenza bayesiana”
Laurea magistrale in Fisica delle Tecnologie Avanzate, aa. 2007/2008
29. “Complessita’ e comportamento critico del traffico veicolare”
Laurea magistrale in Fisica delle Interazioni Fondamentali, aa. 2007/2008.
30. “Il principio di esclusione competitiva”
Laurea di primo livello in fisica, aa 2007/2008.
31. “Riconoscimento del degrado della segnaletica stradale verticale”
Laurea di primo livello in fisica, aa 2008/2009.
32. ”Teoria dei giochi ed evoluzione del comportamento”
Laurea magistrale in Fisica Ambientale e Biomedica aa 2008/2009
33. ”Modelli computazionali di analisi di scene statiche e dinamiche”
Laurea magistrale in Fisica delle Tecnologie Avanzate aa 2009/2010.

34. "Dinamiche probabilistiche nell'apprendimento di reti neurali"
Laurea magistrale in Fisica Ambientale e Biomedica aa 2009/2010
35. "Modelli di foraging e competizione per le risorse"
Laurea magistrale in Fisica aa 2010/2011
36. "Dinamiche di evoluzione di popolazioni"
Laurea di primo livello in fisica, aa 2010/2011.
37. "Processi stocastici nella teoria dell'evoluzione"
Laurea di primo livello in fisica, aa 2011/2012
38. "Metodi stereoscopici per la ricostruzione di oggetti"
Laurea specialistica in Fisica delle Tecnologie Avanzate aa. 2011/2012
39. "Analisi della connettività funzionale di reti neuronali coltivate su array multielettrodo"
Laurea di primo livello in fisica, aa 2012/2013
40. "Fondamenti della dinamica delle reti neurali"
Laurea di primo livello in fisica, aa 2012/2013
41. "Crescita e mutazione nella teoria dell'evoluzione"
Laurea di primo livello in fisica, aa 2012/2013
42. "Modelli stocastici di processi evolutivi"
Laurea di primo livello in fisica, aa 2012/2013 (Aprile 2014)
43. "Competizione e cooperazione nei processi evolutivi"
Laurea di primo livello in fisica, aa 2012/2013 (Aprile 2014)
44. "Imaging di calcio in cellule neuronali"
Laurea di primo livello in fisica, aa 2013/2014
45. "Fitness and adaptation in microevolution"
Laurea magistrale in Fisica dei sistemi complessi, aa 2013/2014
46. "Lo sviluppo economico in Italia: un fattore culturale"
Laurea di primo livello in fisica, aa 2013/2014

47. "Diversita' di tipi cellulari e complessita' in organismi pluricellulari"
Laurea di primo livello in fisica, aa 2014/2015
48. "Evoluzione e Teoria dei Giochi"
Laurea di primo livello in fisica, aa 2014/2015
49. "Un modello per la connettivita' cerebrale"
Laurea Magistrale in Fisica dei Sistemi Complessi, aa 2014/2015
50. "Analisi dell'attivita' elettrica di una popolazione neuronale con le tecniche dei microelectrode arrays (MEA)"
Laurea Magistrale in Fisica dei Sistemi Complessi, aa 2014/2015
51. "Studio della codifica neurale nella corteccia visiva primaria del ratto"
Laurea Magistrale in Fisica , aa 2014/2015
52. "Deep convolutional neural networks with application to visual recognition"
Laurea Magistrale in Fisica dei Sistemi Complessi, aa 2014/2015
53. "Campi Neurali"
Laurea di primo livello in fisica, aa 2014/2015

E' stato relatore della tesi di Dottorato in Scienze Cognitive, VIII ciclo:
"Sulla rappresentazione ed il riconoscimento di oggetti tridimensionali."

E' stato relatore della tesi di Dottorato in Fisica, X ciclo: "Formazione di patterns in sistemi ottici nonlineari."

E' stato external supervisor della tesi di PhD "Model-Based Neural Networks" presso il Department of Computer Science, Curtin University of Technology, Perth, Australia