



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

CORSO DI “MATEMATICA DELLE RETI NEURALI”

Magistrale in Ingegneria Biomedica

Prof. Adriano Barra

PROGRAMMA DI MASSIMA

Parte Uno: elementi di neurofisiologia e modellizzazione della dinamica di singolo neurone

- elementi di neurofisiologia: morfologia dei neuroni, analisi elettrostatica, esperimenti celebri (Colgi, RamonCajal, etc.), teorie celebri (Pavlov, McCullochPitts...) e contesto storico delle maggiori scoperte.
- teoria classica del potenziale di membrana, leggi di Nerst & Fick, generazione dello spike elettrico.
- il neurone "integrate and fire" di Lapique: spike afferenti come processi di Poisson e funzionali lineari.
- la linear cable theory di Rall e l'emissione dello spike di Hodking-Huxley: dinamica di canali e pompe.
- il neurone stocastico di Stein e la sua equivalenza formale con il perceptrone di Rosenblatt.

Parte Due: metodi matematici per la processazione d'informazione nelle reti neurali.

- sistemi dinamici: integrale generale, stabilità, caratterizzazione degli equilibri, teorema di Lyapounov.
- processi stocastici: master equation, bilancio dettagliato, ergodicità, irriducibilità e teorema di Markov.
- il caso bernoulliano: la temperatura come random walk ed il limite della PDE di Fourier.
- l'entropia come misura d'informazione ed il principio inferenziale di Jaynes alla Liebnitz.
- il modello di Erhenfest: statica e dinamica, comprensione del riduzionismo statistico.
- equivalenza dell'entropia di Boltzmann con quelle di Gibbs e di Shannon nel canonico.
- entropia di Shannon vincolata: le cost functions, i moltiplicatori di Lagrange e l'energia libera.
- l'entropia di Kullback-Leibler e la mutua informazione, con rudimenti di inferenza Bayesiana.

Parte Tre: dal neurone alle reti neuronali: proprietà emergenti e violazione del riduzionismo

- teoria gaussiana di reti neuronali elementari: interpolazione di Guerra per media e varianza.
- teoria lagrangiana di reti neuronali elementari: Hamilton-Jacobi e Burgers con biforcazioni di Hopf.
- SK: vademecum (repliche, overlaps, etc.): uno sguardo alla Teoria di Parisi.
- la regola di apprendimento di Hebb: dinamica sinaptica nel basso carico con log-constrained entropy.
- il modello di rete neurale di Hopfield in alto carico: high dimensional statistics and signal-2-noise.
- reti multistrato (esempio dei neuroni retinici) e contrastive divergence: universality of Hebb learning.
- uno sguardo agli esperimenti: il riflesso condizionato di Pavlov e sua convergenza a Hebb.
- uno sguardo agli esperimenti: il patch clamp e multi-electrode array alla massima entropia.
- uno sguardo agli esperimenti: le place cells nell'ippocampo e la rappresentazione metrica della realtà.