



**UNIVERSITÀ
DEL SALENTO**

Programma del corso “Reti Neurali” A.A. 2018/2019

Docenti: Dinos Bachas & Adriano Barra,

Dipartimento di Matematica e Fisica “Ennio De Giorgi”, Università del Salento

Estremi dei docenti:

Dr. Dinos Bachas, Stanza XXX (Dipartimento di Matematica e Fisica "Ennio De Giorgi") Email: dinos.bachas@cern.ch

Dr. Adriano Barra, Stanza 455 (Dipartimento di Matematica e Fisica "Ennio De Giorgi") Email: adriano.barra@unisalento.it

Finalità del corso: Lo scopo ultimo del corso è condividere con lo studente i concetti salienti e, parimenti, fornire allo studente gli strumenti cardine, affinché questi possa continuare autonomamente la sua crescita culturale nell'ambito dell'Intelligenza Artificiale: tale trasferimento di informazione cercherà di essere supplito sia da un punto di vista formale/matematico, (e.g. mostrare durante il corso metodi chiari per impostare un problema di pertinenza e risolverlo opportunamente), sia pratico/algoritmico (e.g. impostare i primi algoritmi di addestramento di prototipi elementari di reti neurali).

A tal fine il programma del corso è diviso in due sezioni principali:

-la prima, di carattere teorico (tenuta dal Dr. Barra), affronterà l'Intelligenza Artificiale da una prospettiva di "metodi matematici" (si useranno cioè tecniche tipiche della fisica teorica, in particolare della meccanica statistica, per affrontare la modellizzazione matematica dell'AI) -la seconda, di carattere algoritmico (tenuta dal Dr. Bachas), affronterà l'Intelligenza Artificiale da una prospettiva di Machine Learning (si useranno cioè tecniche numeriche al calcolatore per usare -i.e. "addestrare"- queste reti neurali) con il fine ultimo quello di contribuire a risolvere problemi di interesse non ultimo in Fisica.

La prima sezione, dopo aver riassunto importanti modelli di Meccanica Statistica, fondamentali per una successiva impostazione d'analisi -e relativa indagine- inerentemente il funzionamento delle reti neurali, sviluppa gli opportuni metodi matematici necessari alla loro descrizione ed alla comprensione della loro fenomenologia: si costruiranno “reti di neuroni” (in altre parole si spiegheranno “cosa sono” -matematicamente parlando- queste reti neurali) e se ne studieranno le proprietà emergenti (cioè non immediatamente deducibili guardando al comportamento del singolo neurone), persistendo in una prospettiva di meccanica statistica. Nello specifico, proveremo a vedere come queste reti siano in grado di apprendere ed astrarre guardando esempi suppliti dal mondo esterno e come, successivamente, queste usino quanto appreso per rispondere opportunamente, qualora stimolate, al mondo esterno. Capiremo inoltre come queste a volte possano sbagliare, e perché.

Nella seconda sezione di questo corso, agli studenti verrà fornita un'introduzione efficace su semplici tecniche di apprendimento automatico (i.e. Machine Learning, ML) e strumenti per l'elaborazione di algoritmi ad esse correlati: gli studenti acquisiranno l'esperienza e il know-how pratico necessari per applicare prontamente queste tecniche a nuovi problemi. Impareranno a gestire le librerie fruibili nell'attuale cornice del ML maggiormente in voga e, parimenti, saranno resi edotti sul come configurare gli ambienti di programmazione per usarle al meglio (anche al fine di gestire grandi quantità di dati, i.e. “Big Data”). Il corso terminerà con l'affrontare il problema di costruire reti neurali profonde e ricorrenti e di come addestrarle per effettuare una semplice classificazione e / o un semplice problema di regressione: le metriche prestazionali di una rete neurale profonda e ricorrente saranno brevemente discusse al fine di visualizzare i risultati ottenuti da tali macchine.

Programma di massima del corso

parte prima (alla lavagna)

- L'approccio di Jaynes: una prospettiva del tutto inferenziale.
- Equivalenza (e non) tra le entropie di Gibbs e Shannon: la temperatura di Fourier come rumore veloce.
- Modello di Ising: Approssimazione di campo medio, transizioni di fase e rotture di simmetrie.
- Hamiltoniana come cost-function e funzione di Lyapunov: il Bilancio Dettagliato
- Introduzione ai sistemi complessi: Misure quenched ed annealed, overlap e repliche.
- Il modello di Sherrington-Kirkpatrick: Analisi con "replica trick", Soluzione RS..
- La memoria associativa e le reti neurali: La proposta di Hebb.
- Il modello di Mattis, trasformazioni di gauge locali e storage di un bit.
- Il modello di Hopfield in basso ed alto carico con "replica trick": Teoria di Amit-Gutfreund-Sompolinsky.
- Apprendimento delle Boltzmann machines: scenario non supervisionato: dai patterns alle features.
- Equivalenza tra retrieval in reti di Hopfield e learning in macchine di Boltzmann.

parte seconda (al calcolatore)

- Generalità ed esempi concreti di programmazione in Python, Numpy e Pandas.
- L'environment Ana(mini)conda: fare progressi con i notebooks Jupyter
- Preparare gli inputs per le librerie ML: formato dei dati, requisiti di Input/Output.
- Preparare gli inputs per le librerie ML: il concetto di "scaling" per le features.
- Costruire una rete neurale in Keras.
- Reti neurali Feed-Forward: network set-up & funzione costo,
- Reti neurali Feed-Forward: il metodo del gradient descent, gli hyperparameters e la loro ottimizzazione.
- Il problema dell'over-fitting ed il metodo della regolarizzazione.
- Misure di performance della rete: loss-function, accuracy, ROC, AUC, etc.
- Visualizzazione dei risultati mediante gli opportuni tools .

Libri di testo consigliati:

[Coolen] A.C.C. Coolen, P. Sollich, Theory of Neural Information Processing Systems, Oxford Press (2005).

[Bengio] I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville, *Deep learning*, MIT press (2016).