



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

DIPARTIMENTO	Fisica e Chimica - Emilio Segrè		
ANNO ACCADEMICO OFFERTA	2023/2024		
ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE	2024/2025		
CORSO DILAUREA	SCIENZE FISICHE		
INSEGNAMENTO	MACHINE LEARNING PER LA FISICA		
TIPO DI ATTIVITA'	D		
AMBITO	10542-A scelta dello studente		
CODICE INSEGNAMENTO	22405		
SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI	FIS/07		
DOCENTE RESPONSABILE	CASCIO DONATO	Professore Associato	Univ. di PALERMO
ALTRI DOCENTI			
CFU	6		
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	102		
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLA DIDATTICA ASSISTITA	48		
PROPEDEUTICITA'			
MUTUAZIONI			
ANNO DI CORSO	2		
PERIODO DELLE LEZIONI	2° semestre		
MODALITA' DI FREQUENZA	Facoltativa		
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi		
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	CASCIO DONATO Martedì 16:00 18:00 -- Il ricevimento viene effettuato su teams. Si prega di richiedere appuntamento almeno due giorni prima via email (donato.cascio@unipa.it), indicando il Corso di Laurea di appartenenza.		

DOCENTE: Prof. DONATO CASCIO

PREREQUISITI	Il corso è auto-consistente, tuttavia è utile avere conoscenze di base di, programmazione in python, calcolo delle probabilità, algebra lineare.
RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI	<p>Conoscenza e capacità di comprensione:</p> <p>Al termine del corso lo studente sarà in grado di comprendere e approfondire i problemi relativi alla classificazione e padroneggerà tecniche standard per l'estrazione di informazioni da set di dati. In particolare sarà in grado di comprendere il funzionamento dei più noti e performanti classificatori, quali le Convolutional Neural Networks, nonché di condurre analisi esplorative sui dati, applicando algoritmi di clustering e estrazione delle features.</p> <p>Conoscenza e capacità di comprensione applicate:</p> <p>Lo studente sarà in grado di implementare gli algoritmi studiati per applicazioni su dataset reali. Sarà inoltre stimolato ad estrapolare gli algoritmi illustrati nel corso dal contesto specifico e ad applicare tali algoritmi (e relative considerazioni) ad altri scenari applicativi e in particolare in diversi ambiti della Fisica.</p> <p>Autonomia di giudizio:</p> <p>Lo studente sarà in grado di condurre diversi tipi di analisi esplorative dei dati in funzione del problema da affrontare. Sarà inoltre in grado di generalizzare le tecniche e i concetti acquisiti e stabilirne le relazioni con quelli introdotti nelle discipline a questa correlate.</p> <p>Abilità comunicative:</p> <p>Lo studente dovrà acquisire la capacità di comunicare con padronanza del lessico del machine learning le sue conoscenze sugli argomenti oggetto del corso. In particolare, dovrà essere capace di motivare le scelte effettuate nella risoluzione dei problemi di analisi e/o sintesi.</p> <p>Capacità di apprendere:</p> <p>Lo studente sarà in grado di approfondire autonomamente le tecniche non studiate nel corso e la letteratura scientifica del settore, allo scopo di applicare metodologie più complesse.</p>
VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO	<p>L'esame consiste in una prova orale su argomenti del corso e nella presentazione di un progetto individuale sviluppato in python per un caso di studio concordato con il docente.</p> <p>Tale modalità consente di valutare, oltre alle conoscenze del candidato e alle abilità applicative, anche la proprietà di linguaggio scientifico e la capacità espositiva.</p> <p>La valutazione finale sarà espressa in trentesimi e sarà formulata sulla base delle seguenti condizioni:</p> <p>a) lo studente ha una minima conoscenza di base degli argomenti principali dell'insegnamento, sufficiente capacità di applicare autonomamente le conoscenze acquisite (voto 18-21);</p> <p>b) lo studente non ha piena padronanza degli argomenti studiati ma ne possiede le conoscenze, soddisfacente proprietà di linguaggio, sufficiente capacità di applicare autonomamente le conoscenze acquisite (voto 21-23).</p> <p>b) lo studente ha conoscenza di base degli argomenti studiati, discreta proprietà di linguaggio, con più che sufficiente capacità di applicare autonomamente le conoscenze alla soluzione dei problemi proposti (voto 23-25);</p> <p>c) lo studente ha buona padronanza degli argomenti, buona capacità di analisi dei casi presentati, piena proprietà di linguaggio (voto 26-29);</p> <p>d) lo studente ha una conoscenza approfondita e diffusa degli argomenti studiati, ottima capacità di analisi dei casi presentati, ottima proprietà di linguaggio (voto 30-30L).</p>
OBIETTIVI FORMATIVI	Il corso ha lo scopo di introdurre alla conoscenza di algoritmi e modelli di apprendimento automatico per applicazioni della Fisica. Il corso si prefigge di fornire allo studente la capacità di utilizzare e sviluppare strumenti di machine-learning per l'analisi dei dati, con particolare riferimento ai modelli predittivi. Le lezioni teoriche si alterneranno ad applicazioni in linguaggio python. Al termine del Corso, lo studente avrà appreso tematiche e strumenti fondamentali del Machine Learning e sarà in grado di sviluppare applicazioni nell'area della Fisica, utilizzando librerie standard di python.
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	L'insegnamento è semestrale e prevede lezioni frontali in Aula. L'attività didattica si sviluppa attraverso lezioni ed attività numeriche/pratiche in cui vengono affrontati e risolti problemi esemplificativi, che mirano a rendere applicative le conoscenze acquisite.
TESTI CONSIGLIATI	<p>Consigliati:</p> <ul style="list-style-type: none">- Mark E. Fenner. Machine Learning With Python for Everyone. Addison-Wesley, 2019. ISBN: 9780134845708.- Vahid Mirjalili, Sebastian Raschka. Machine learning con Python. Costruire algoritmi per generare conoscenza. Apogeo, 2020. ISBN: 8850335245. <p>Approfondimento:</p> <ul style="list-style-type: none">- Mehta et al. A high-bias, low-variance introduction to Machine Learning for physicists. 2019. Phys Rep. 810:1-124 https://arxiv.org/abs/1803.08823.

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
3	Introduzione: introduzione alla classificazione, introduzione all'apprendimento automatico, apprendimento supervisionato, apprendimento non supervisionato, apprendimento per rinforzo.
3	Lo spazio delle features: capacità discriminante delle features, errori di classificazione, le classi, features invarianti, features scaling.
2	Python e le librerie per il Machine Learning. Esempi di problemi di classificazione e loro soluzione in Python
3	Feature selection e riduzione della dimensionalità dei dati: algoritmo principal component analysis (PCA), algoritmo linear discriminant analysis (LDA), algoritmo kernel principal component analysis.
3	Apprendimento non supervisionato: clustering analysis, algoritmo k-means, algoritmi di clustering gerarchico.
8	Classificatori: algoritmo di classificazione k-nearest neighbors (kNN), algoritmi statistici, alberi decisionali e foreste casuali, macchine a vettori di supporto (SVM), il problema della generalizzazione.
2	Applicazione del KNN per lo sviluppo di un trading system su uno strumento finanziario
3	Gestione dei data e gold standard: partizionamento dei dati in training set e test set, metodo k-fold cross validation, tecniche per il data augmentation, metriche di valutazione dei modelli, curve di validazione e apprendimento, approccio di forza bruta per il tuning degli iperparametri.
2	Applicazione delle foreste casuali a un problema di Astrofisica
2	Metodi Ensemble: Approccio basato su majority vote, approccio basato su bagging, approccio basato su boosting.
2	Applicazione della SVM a un problema di Radiomica
6	Reti neurali artificiali: introduzione alle reti neurali artificiali, il perceptrone, problemi lineari e non lineari, single layer neural network, multilayer neural network, regola di Hebb, apprendimento delta rule, aggiornamento dei pesi e convergenza, algoritmo di back propagation, addestramento supervisionato di reti neurali.
5	Deep learning: convolutional neural network (CNN) e recurrent neural network, CNN come estrattore di features, CNN e transfer learning.
2	Applicazione del deep learning a un problema di Fisica delle alte energie
2	L'intelligenza artificiale spiegabile