

CORSO DI STUDIO	LAUREA MAGISTRALE IN MATEMATICA (LM-40)
ANNO ACCADEMICO	2023-2024
INSEGNAMENTO	METODI DI OTTIMIZZAZIONE PER LA DATA SCIENCE E L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE

Principali informazioni sull'insegnamento	
Anno di corso	Secondo
Periodo di erogazione	Primo semestre (25 settembre 2023 – 22 dicembre 2023)
Crediti formativi universitari (CFU)	7
Settore scientifico disciplinare (SSD)	MAT/08 – Analisi Numerica
Lingua di erogazione	Italiano
Modalità di frequenza	Facoltativa

Docente	
Nome e cognome	Nicoletta Del Buono
Indirizzo mail	nicoletta.delbuono@uniba.it
Telefono	+39 080 544 2711
Sede	Dipartimento di Matematica, stanza 24 secondo piano
Sede virtuale	Microsoft Teams: codice 1n2ti2p
Pagina web	https://www.dm.uniba.it/it/members/delbuono
Ricevimento	Mercoledì ore 11:15-12:15 e su appuntamento, da concordare per e-mail; in presenza o in remoto

Organizzazione della didattica				
	Totali	Didattica frontale	Pratica (esercitazioni)	Studio individuale
Ore	175	48	15	112
CFU	7	6	1	

Obiettivi formativi	
	Acquisizione delle tecniche numeriche di base per l'ottimizzazione di funzionali non lineari in più variabili, per la soluzione di problemi di programmazione lineare. Introduzione alle tecniche matematiche per l'analisi esplorativa dei dati e all'uso dei metodi di ottimizzazione per affrontare problemi di apprendimento dai dati.

Prerequisiti	
	Le conoscenze che in genere vengono acquisite nella laurea della classe L-35 con riferimento particolare alle discipline di Calcolo Numerico e della Analisi Matematica classica in una e più variabili

Syllabus	
Contenuti dell'insegnamento (Programma)	Classificazione di un problema di ottimizzazione. Esempi di problemi di ottimizzazione: il problema del bagnino, il problema di Steiner. Programmazione non lineare: direzioni possibili, condizioni necessarie del I e II ordine per punti di minimo locale, funzioni convesse differenziabili, loro caratterizzazioni e condizioni sufficienti per punti di minimo, funzioni unimodali di R in R , metodo delle bisezioni, della sezione aurea,

	<p>dell'interpolazione parabolica, metodo di Newton, della secante.</p> <p>-- Metodi di discesa: metodi di line search esatto ed inesatto. Regola di Armijo e condizioni di Wolfe per la scelta del passo. Metodo dello Steepest descent applicato al caso quadratico, teoremi di convergenza del metodo dello steepest descent. Metodo di Newton in più variabili, teoremi di convergenza nel caso quadratico. Metodi di trust region e loro proprietà.</p> <p>--Metodo delle direzioni coniugate per funzioni quadratiche, loro proprietà di minimizzazione, metodo dei gradienti coniugati per funzioni quadratiche e sue proprietà.</p> <p>-- Metodi Quasi-Newton, convergenza per funzioni quadratiche, metodo di Newton modificato, costruzione dell'inversa dell'Hessiana. Correzione di rango uno, metodo di Davidon-Fletcher-Powell (DFP) e metodo BFGS.</p> <p>-- Ottimizzazione vincolata: cenni teorici e condizioni KKT. Metodi di penalizzazione e di barriera per problemi vincolati, teoremi di convergenza, funzioni di penalizzazione esatte. Introduzione al metodo del gradiente proiettato.</p> <p>--Programmazione lineare: definizione di un PL in forma generale, canonica e standard, equivalenza di tali definizioni, soluzioni base e definizioni associate, matrici Ers e relative operazioni di Pivot, metodo del Simplexso e relativi lemmi (test di ottimalità, ecc.), degenerazione, metodo delle due fasi, interpretazione geometrica di un PL mediante gli insiemi convessi</p> <p>--Introduzione alla analisi esplorativa di dati: Tipi di Dati, Sample e feature. Dati Strutturati di tipo numerico e categorico. Feature simboliche, numeriche e discrete. Scale Nominali e Ordinali. Metodi di pre-processing, Ottimizzazione e Machine learning: Introduzione e formalizzazione matematica di un problema di apprendimento dai dati. Classificazione, Clustering e Regressione. Funzioni loss di tipo quadratico. Problemi con funzionale di tipo finite sum. Metodo del Gradiente Stocastico, algoritmo di base e considerazioni sulla sua convergenza. Concetti di mini-batch e epoche di addestramento. Il problema del learning rate come problema di ottimizzazione di iperparametri. Support Vector Machine: il problema di ottimizzazione come esempio di Penalizzazione. Retta di regressione lineare risolta con il metodo del gradiente stocastico. Introduzione alla ottimizzazione evolutiva: gli algoritmi genetici. Teorema degli schemi (caso probabilità costante)</p>
Testi di riferimento	<p>D.G.Luenberger, "Linear and nonlinear Programming" (Second Edition) J. Nocedal-S.J. Wright, "Numerical Optimization", Springer V. De Angelis, "Metodi Matematici di Ottimizzazione", La Goliardica S. Sra, S Nowozin, S.T. Wright, "Optimization for Machine Learning", MIT</p>
Note ai testi di riferimento	
Materiali didattici	<p>Appunti e riferimenti specifici forniti dal docente che saranno caricati su piattaforma Microsoft Teams.</p>

Risultati di apprendimento previsti (secondo i Descrittori di Dublino)	
DD1 Conoscenza e capacità di comprensione	<p>Acquisizione delle tecniche principali per la risoluzione di problemi di ottimizzazione di tipo continuo. Capacità di realizzare codici numerici efficienti che implementano le tecniche acquisite. Acquisizione degli elementi di base e della terminologia essenziale utilizzata nei contesti di Data Science.</p>

DD2 Conoscenza e capacità di comprensione applicate	Le conoscenze teoriche e pratiche acquisite si utilizzano in vasta parte della matematica applicata e nella risoluzione di problematiche reali.
DD3-5 Competenze trasversali	<i>DD3 Autonomia di giudizio:</i> Capacità di individuare le giuste tecniche numeriche per affrontare e risolvere numericamente problemi di ottimizzazione derivanti da applicazioni reali in cui sono coinvolti dati di grandi dimensioni.
	<i>DD4 Abilità comunicative:</i> Acquisizione del linguaggio e del formalismo matematico avanzato necessario per la consultazione e comprensione dei testi, l'esposizione delle conoscenze acquisite, la descrizione, l'analisi e la risoluzione dei problemi applicativi e di Data Science
	<i>DD5 Capacità di apprendere:</i> Acquisizione di un metodo di studio adeguato, supportato dalla consultazione di testi e dalla implementazione dal calcolatore delle tecniche numeriche proposte durante il corso.

Metodi didattici	
	La modalità di erogazione dell'insegnamento è di tipo frontale. Le lezioni frontali saranno condotte anche con l'ausilio di supporti didattici (slide). Sono previste anche esercitazioni al calcolatore.

Valutazione	
Modalità di verifica dell'apprendimento	Prova Orale sul programma svolto nel corso delle lezioni ed esercitazioni o progetto assegnato dal docente
Criteri di valutazione	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Conoscenza e capacità di comprensione:</i> Capacità di individuare le giuste tecniche numeriche per affrontare e risolvere numericamente problemi di ottimizzazione derivanti da applicazioni reali in cui sono coinvolti dati di grandi dimensioni. • <i>Conoscenza e capacità di comprensione applicate:</i> Acquisizione del linguaggio e del formalismo matematico avanzato necessario per la consultazione e comprensione dei testi, l'esposizione delle conoscenze acquisite, la descrizione • <i>Autonomia di giudizio:</i> La/lo studentessa/studente deve dimostrare una adeguata autonomia nella selezione dei concetti teorici più idonei alla risoluzione di problemi pratici • <i>Abilità comunicative:</i> La/lo studentessa/studente deve dimostrare una adeguata capacità espositiva dei contenuti studiati e una adeguata capacità di analisi e sintesi • <i>Capacità di apprendere:</i> La/lo studentessa/studente deve dimostrare una buona capacità di effettuare collegamenti interdisciplinari
Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale	Il voto finale è attribuito in trentesimi. L'esame si intende superato quando il voto è maggiore o uguale a 18. Per la formulazione del voto finali si prenderanno in considerazione i seguenti indicatori: grado di conoscenza dei contenuti e degli argomenti dell'insegnamento, capacità e correttezza nell'applicare i concetti fondamentali trattati durante le lezioni frontali e le esercitazioni, qualità della esposizione orale. Tutti gli argomenti del programma contribuiscono in modo uguale alla formulazione del voto finale.

Ulteriori informazioni	
	La frequenza delle lezioni ed esercitazioni è fortemente consigliata.