

DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

Analisi Statistica Avanzata

ADVANCED STATISTICS

INFORMAZIONI INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

A.A.	2026-2027	CdS	FISICA (LM-17)
Codice	8068915	Canale	Unico
CFU	10	Lingua	Inglese

DOCENTE RESPONSABILE DELL'INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

Giuseppe CONSOLINI

CODOCENTE

Modulo: Francesco BERRILLI

OBIETTIVI FORMATIVI E RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

Italiano	OBIETTIVI FORMATIVI: La finalità del corso è quella di fornire allo studente le conoscenze di base per una analisi statistica sia non parametrica che parametrica. In particolare, verranno illustrati i vari metodi e test per il confronto delle proprietà statistiche di grandi volumi di dati, nonché per la stima di una correlazione tra insiemi di dati attraverso tecniche basate sulla teoria dell'informazione. CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE: Principi di base e concetti dell'analisi statistica avanzata e della teoria dell'informazione, nonché della sua implementazione su insiemi di dati. CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensIONE: Applicare i principi di base e concetti dell'analisi statistica avanzata e della teoria dell'informazione per ottenere una descrizione quantitativa dei fenomeni osservati e della natura delle correlazioni tra insiemi di dati fisici. AUTONOMIA DI GIUDIZIO: Capacità di estrarre in modo autonomo le informazioni fondamentali della dinamica dei sistemi fisici attraverso l'analisi statistica e la teoria dell'informazione, e leggere criticamente lavori nel campo specifico. ABILITÀ COMUNICATIVE: Allo studente è richiesto di essere in grado di esporre e di descrivere con chiarezza la natura delle relazioni e dei risultati dell'analisi statistica, e l'eventuale influenza e correlazione tra insiemi di dati di sistemi fisici a d un pubblico specializzato e non. CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO: Capacità di comprendere l'importanza dei vari elementi che determinano la dinamica dei sistemi fisici attraverso l'analisi statistica.
<i>English</i>	<i>LEARNING OUTCOMES: The aim of the course is to provide students with the basic knowledge required for both non-parametric and parametric statistical analysis. In particular,</i>

	<i>the course will cover the various methods and tests used to compare the statistical properties of large datasets, as well as techniques based on information theory for estimating correlations between datasets.</i> KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING: <i>Basic principles and concepts of advanced statistical analysis and information theory, as well as their application to datasets.</i> APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING: <i>Apply the basic principles and concepts of advanced statistical analysis and information theory to obtain a quantitative description of the observed phenomena and the nature of the correlations between sets of physical data.</i> MAKING JUDGEMENTS: <i>The ability to independently extract key insights into the dynamics of physical systems through statistical analysis and information theory, and to critically evaluate works in the relevant field.</i> COMMUNICATION SKILLS: <i>Students are expected to be able to clearly explain and describe the nature of the relationships and results of statistical analysis, as well as any influence and correlation between datasets from physical systems, to both specialist and non-specialist audiences.</i> LEARNING SKILLS: <i>The ability to understand the importance of the various factors that determine the behaviour of physical systems through statistical analysis.</i>
--	---

PREREQUISITI

Italiano	Conoscenze di base di teoria del calcolo e calcolo differenziale. Conoscenze di base di tecnica di programmazione e linguaggio Python
English	<i>Basic knowledge of calculus and differential calculus.</i> <i>Basic knowledge of programming techniques and the Python language.</i>

PROGRAMMA E CRONOPROGRAMMA

Italiano	Introduzione alla teoria della probabilità (5 ore); Funzioni di distribuzioni: rappresentazione e proprietà (6 ore); Teoremi limite per la probabilità (7 ore); Cenni di Teoria delle grandi deviazioni e statistica degli eventi estremi (4 ore); Introduzione all'analisi statistica non parametrica (4 ore); Test non parametrici per normalità, stazionarietà, correlazione e randomicità (12 ore); Introduzione alla teoria dell'informazione: entropia di Shannon, distanza di Kulback-Leibler, mutua informazione e misura della correlazione, causalità (6 ore); Metodo della massima entropia con applicazioni (4 ore); Esercitazioni pratiche applicative: metodi per la derivazione delle distribuzioni da serie temporali, test di Normalità, analisi della stazionarietà, applicazioni di metodi di analisi statistica non parametrica, applicazioni della teoria dell'informazione a dati reali (48 ore)
English	<i>Introduction to probability theory (5 hrs.); Functions of distributions: representation and properties (6 hrs.); Limit theorems for probability (7 hrs.); Outlines of large deviation theory and statistics of extreme events (4 hrs.); Introduction to non-parametric statistical analysis (4 hrs.); Non-parametric tests for normality, stationarity, correlation and randomness (12 hrs.); Introduction to information theory: Shannon entropy, Kulback-Leibler distance, mutual information and correlation measure, causality (6 hrs.); Maximum entropy method with applications (4 hrs.);</i>

	<i>Practical application exercises: methods for deriving distributions from time series, Normality tests, stationarity analysis, applications of non-parametric statistical analysis methods, application of information theory to real data (48 hrs.)</i>
--	--

TESTI ADOTTATI E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

Italiano	Note del corso, D.S. Sivia, <i>Data Analysis: a Bayesian tutorial</i>, Oxford University Press; G. W. Corder and D.I. Foreman, <i>Nonparametric Statistics: A step-by-step approach</i>, Wiley Press Bibliografia di riferimento: E. Bertin, <i>Statistical Physics of Complex Systems: A concise introduction</i>, Springer; T. M. Cover and J.A. Thomas, <i>Elements of Information Theory</i>, Wiley; S. Sirca, <i>Probability for Physicists</i>, Springer; D. Sornette, <i>Critical phenomena in natural sciences</i>, Springer-Verlag; G. Boffetta and A. Vulpiani, <i>probabilità in fisica</i>, Springer
English	<i>Lecture notes, D.S. Sivia, Data Analysis: a Bayesian tutorial, Oxford University Press; G. W. Corder and D.I. Foreman, Nonparametric Statistics: A step-by-step approach, Wiley Press</i> <i>Additional references: E. Bertin, Statistical Physics of Complex Systems: A concise introduction, Springer; T. M. Cover and J.A. Thomas, Elements of Information Theory, Wiley; S. Sirca, Probability for Physicists, Springer; D. Sornette, Critical phenomena in natural sciences, Springer-Verlag; G. Boffetta and A. Vulpiani, probabilità in fisica, Springer</i>

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI SVOLGIMENTO E METODI DIDATTICI ADOTTATI

☒ In presenza ☐ A distanza

Italiano	Lezioni frontali con utilizzo di lavagna ed eventuali ausili informatici, coadiuvate da un insieme di esercitazioni in cui gli studenti sono chiamati ad applicare alcuni degli argomenti discussi nelle lezioni teoriche a situazioni reali.
English	<i>Lectures using a blackboard and, where appropriate, IT resources, supplemented by a series of practical exercises in which students are required to apply some of the topics covered in the theoretical lectures to real-life situations.</i>

MODALITÀ DI FREQUENZA

☐ frequenza obbligatoria ☒ frequenza facoltativa

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI FREQUENZA

Italiano	Il corso che si articola in lezioni frontali ed esercitazioni pratiche, non prevede obbligo di frequenza. Lo studente è libero di seguire le lezioni e le esercitazioni o prepararsi attraverso i testi consigliati e la bibliografia di riferimento
English	<i>The course, that consists of frontal lessons and applied exercitations (practise), does not require the students to be present. The student is free to follow the lessons and the exercitations or to study using the suggested texts and the additional references.</i>

MODALITÀ DI VALUTAZIONE

- ☐ Prova scritta ☒ Prova orale ☐ Prova di laboratorio ☐ Prova pratica
☐ Valutazione in itinere ☐ Valutazione di progetto ☐ Valutazione di tirocinio

COMPOSIZIONE DELLA COMMISSIONE VALUTATRICE

Giuseppe CONSOLINI, Francesco BERRILLI, Luca GIOVANNELLI, Dario DEL MORO

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ E DEI CRITERI DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

Italiano	La modalità di esame prevista è una prova orale. La tipologia della prova è una interrogazione orale con inclusa una presentazione di una applicazione dei metodi di analisi statistica all'analisi di dati reali. Le regole per la valutazione finale sono: Voto in trentesimi assegnato secondo i seguenti criteri di valutazione: Non idoneo: importanti carenze e/o inaccuratezza nella conoscenza e comprensione degli argomenti; limitate capacità di analisi e sintesi, frequenti generalizzazioni. 18-20: conoscenza e comprensione degli argomenti appena sufficiente con possibili imperfezioni; capacità di analisi, sintesi e autonomia di giudizio sufficienti. 21-23: Conoscenza e comprensione degli argomenti routinaria; Capacità di analisi e sintesi corrette con argomentazione logica coerente. 24-26: Discreta conoscenza e comprensione degli argomenti; buone capacità di analisi e sintesi con argomentazioni espresse in modo rigoroso. 27-29: Conoscenza e comprensione degli argomenti completa; notevoli capacità di analisi, sintesi. Buona autonomia di giudizio. 30-30L: Ottimo livello di conoscenza e comprensione degli argomenti. Notevoli capacità di analisi e di sintesi e di autonomia di giudizio. Argomentazioni espresse in modo originale.
English	<i>The planned mode of examination is an oral test.</i> <i>The type of test is an oral question including a presentation of an application of statistical analysis methods to the analysis of real data.</i> <i>The rules for the final assessment are:</i> <i>Grade in thirtieths awarded according to the following evaluation criteria:</i> <i>Ineligible: imajor deficiencies and/or inaccuracy in knowledge and understanding of topics; limited analytical and synthesis skills, frequent generalizations.</i> <i>18-20: knowledge and understanding of topics only sufficient with possible imperfections; analytical skills, synthesis and judgment autonomy just sufficient.</i> <i>21-23: knowledge and understanding of topics at a basic level; Correct analysis and synthesis skills with consistent logical reasoning.</i>



	<i>24-26: Fair knowledge and understanding of the topics; good analytical and synthesis skills with rigorous arguments.</i> <i>27-29: Ccomplete knowledge and understanding of the topics; remarkable ability of analysis, synthesis. Good autonomy of judgment.</i> <i>30-30 cum laude: Excellent level of knowledge and understanding of topics. Remarkable ability of analysis and synthesis and autonomy of judgment. Arguments expressed in an original way</i>
--	---