I reading course sono degli insegnamenti erogati dal CdS in forma non tradizionale. Gli studenti del Corso di Laurea Triennale o del Corso di Laurea Magistrale possono scegliere di sostenere uno o più reading course a valere sui 12 CFU a scelta libera. I reading course prevedono uno studio autonomo da parte dello studente, sotto la guida di un docente, seguito da una prova di verifica tradizionale. Il docente è disponibile per chiarimenti durante la preparazione del reading course. La prova si svolge secondo le modalità indicate da ciascun docente nella scheda relativa. Le schede sono riportate dopo le tabelle.

Legenda: **M** = Magistrale; **T** = Triennale

Reading Course solo per la Laurea Triennale	Referente	Tipologia
Gruppi Topologici	G. Bande - gbande@unica.it	T
Complementi di Meccanica Analitica	F. Demontis - fdemontis@unica.it	T
Complementi di Geometria Affine	Irene I. Onnis - irene.onnis@unica.i	T
Alcuni argomenti sulle superfici in R^3	S. Montaldo - montaldo@unica.it	T
Introduzione alla teoria delle decisioni statistiche	M. Musio – mmusio@unica.it	T

Reading Course sia per la Laurea Triennale che per la Laurea Magistrale	Referente	Tipologia
Introduzione alla teoria degli operatori	L. Cadeddu - cadeddu@unica.it	T+M
Introduzione alla statistica bayesiana non parametrica	M. Cannas-massimo.cannas@unica.it	T+M

Processi continui e finanza stocastica	M. Cannas-massimo.cannas@unica.it	T+M
Processi stocastici applicati	M. Cannas-massimo.cannas@unica.it	T+M
Metodi numerici della teoria dell’approssimazione	L. Fermo – fermo@unica.it	T+M
Introduzione al calcolo delle variazioni	A.Greco - greco@unica.it	T+M
Teoria Matematica dei Giochi	A. Iannizzotto - antonio.iannizzotto@unica.it	T+M
Introduzione alla teoria degli spazi vettoriali topologici	M. Infusino - maria.infusino@unica.it	T+M
Metodi di ottimizzazione globale per funzioni Lipschitziane	D. Lera – lera@unica.it	T+M
Introduzione alle forme differenziali	A Loi – loi@unica.it	T+M
Alcuni argomenti sulla teoria dei gruppi	A Loi – loi@unica.it	T+M
Introduzione alla geometria algebrica	S. Montaldo - montaldo@unica.it	T+M
Geometrie non euclidee	P. Piu - piu@unica.it	T+M
Introduzione alla teoria delle rappresentazioni	J.Vitoria - jorge.vitoria@unica.it	T+M
Introduzione alla teoria delle categorie	J.Vitoria - jorge.vitoria@unica.it	T+M

Reading Course solo per la Laurea Magistrale	Referente	Tipologia
Introduzione alla statistica bayesiana non-parametrica	M.Cannas - massimo.cannas@unica.it	M
Introduzione alla teoria di Hodge	B. Cappelletti Montano - b.cappellettimontano@unica.it	M
Introduzione ai modelli di mistura finita	S.Columbu - silvia.columbu@unica.it	M
Introduzione all'analisi delle reti complesse	C.Fenu - kate.fenu@unica.it	M
Introduzione all'Analisi Non Lineare	A. Iannizzotto - antonio.iannizzotto@unica.it	M
Curve di Peano per problemi di ottimizzazione	D. Lera - lera@unica.it	M
Introduzione alla Topologia Simplettica	A. Loi - loi@unica.it	M
Introduzione alla teoria della trasversalità	A. Loi - loi@unica.it	M
Approfondimento, Riflessioni e presentazione dell'esperienza di Tirocinio	A. Loi - loi@unica.it M. Polo – mpolo@unica.it	M

Elementi di Relatività Generale e Cosmologia	S.Mignemi -smignemi@unica.it	M
Studio ed implementazione di alcuni algoritmi di geometric deep learning	S. Montaldo - montaldo@unica.it M. Musio – mmusio@unica.it	M
Introduzione all'inferenza causale	M. Musio – mmusio@unica.it	M
Statistica bayesiana 2	M.Musio - mmusio@unica.it	M
Metodi di regolarizzazione per problemi discreti malposti	G. Rodriguez - rodriguez@unica.it	M
Sistemi dinamici	C. Van Der Mee - cornelis@unica.it	M

Lista dettagliata

TRIENNALE

Gruppi Topologici

Docente: Gianluca Bande – gbande@unica.it – tel. 070/6758521

Tipologia: Triennale

CFU=6

Prerequisiti: conoscenze del programma di un corso di base di Topologia Generale (Geometria 3).

Obiettivi: Lo studente approfondisce lo studio dei gruppi topologici appena accennati nel corso di topologia generale (Geometria 3) ed in particolare dei gruppi di Matrici.

Programma. Definizione e proprietà dei gruppi topologici. Gruppi di matrici. Esponenziale e logaritmo per le matrici. spazio tangente e dimensione. Algebra di Lie di un gruppo di matrici. Proprietà topologiche e algebre di Lie dei Gruppi classici: gruppo lineare generale (reale e complesso), gruppo ortogonale, gruppo unitario. Tori massimali.

Testi di riferimento: M.L. Curtis, "Matrix groups"; G. McCarthy, "Topology. An introduction with Applications to Topological Groups".

Modalità di verifica: Lo studente si prepara in maniera autonoma sul materiale didattico fornito dal docente. Il docente è disponibile per chiarimenti durante l'orario di ricevimento. La prova si svolge alla lavagna tramite l'esposizione di un argomento a scelta dello studente seguita da alcune domande del docente.

Complementi di Meccanica Analitica

Docente: F. Demontis - fdemontis@unica.it

Tipologia: Triennale

CFU=6

Obiettivi: Apprendimento di alcuni concetti di meccanica hamiltoniana che, per motivi di tempo, non vengono trattati nel corso di Meccanica 2, quali in particolare, la struttura simplettica dello spazio delle fasi hamiltoniano, l'equazione di Hamilton-Jacobi e le variabili azione-angolo. Questo corso si prefigge di rafforzare e ampliare gli obiettivi di apprendimento del corso di Meccanica 2.

Prerequisiti: È necessario conoscere gli strumenti analitici e geometrici che permettano lo studio di funzioni di più variabili (derivate parziali, differenziale, studio di massimi e minimi relativi, integrali, equazioni differenziali, etc.) e di curve e superfici sia in forma parametrica che come luogo degli zeri di una o due funzioni.

Contenuti:
1. Principi variazionali (forma lagrangiana e hamiltoniana) e equazioni di Eulero-Lagrange. Equazioni di Hamilton.
2. Struttura simplettica dello spazio delle fasi hamiltoniano. Trasformazioni canoniche e completamente canoniche e funzioni generatrici di trasformazioni canoniche. Parentesi di Poisson.
3. Equazione di Hamilton-Jacobi. Separazione di variabili per l'equazione di Hamilton Jacobi. Sistemi integrabili con un grado di libertà: variabili azione-angolo. Teorema di Liouville.

Verifica dell'apprendimento: Lo studente si prepara in maniera autonoma sul materiale didattico fornito dal docente. Il docente è disponibile per chiarimenti durante l'orario di ricevimento. La prova si svolge alla lavagna tramite l'esposizione di un argomento a scelta dello studente seguito da alcune domande del docente.

Testi: A. Fasano e S. Marmi, Meccanica Analitica, Bollati Boringhieri, 1993

Complementi di Geometria Affine

Docente: Irene I. Onnis - irene.onnis@unica.it

CFU:6

Prerequisiti: Geometria 1 e 2.

Obiettivi formativi.
Ampliamento delle conoscenze acquisite dallo studente nel corso di Geometria 2. In particolare, il reading course riprende e approfondisce alcuni argomenti importanti di Geometria Affine affrontati nel corso di Geometria 2 e ne introduce di nuovi a complemento della formazione dello studente.

Programma.
Spazi e sottospazi affini. Intersezione e somma di sottospazi. Parallelismo. Calcolo baricentrico in uno spazio affine. Dipendenza affine di punti. Riferimenti baricentrici e coordinate baricentriche di un punto; relazione tra coordinate affini e baricentriche. Rapporto semplice di tre punti, calcolo e azione delle permutazioni sui punti. I Teoremi di Talete, Ceva e Menelao. Trasformazioni affini: definizione e proprietà. Azione delle trasformazioni affini sui sottospazi affini; punti e sottospazi uniti. Caratterizzazione in termini di baricentro e rapporto semplice. Espressione matriciale. Traslazioni, omotetie e simmetrie affini. Composizione di omotetie e traslazioni. La versione affine dei Teoremi di Pappus e Desargues. Proiezioni affini. Una dimostrazione del Teorema di Talete in termini delle proiezioni.

Testi di riferimento.
M. Audin, Geometry, Universitex, Springer-Verlag
E. Sernesi, Geometria 1, Bollati Boringhieri.

Modalità di verifica: Lo studente si prepara in maniera autonoma sul materiale didattico fornito dal docente, il quale è disponibile per delucidazioni durante l'orario di ricevimento. Al termine dell'attività di studio, lo studente sostiene un esame orale che consiste nell'esposizione alla lavagna di un argomento a scelta seguita da alcune domande del docente.

Alcuni argomenti sulle superfici in R^3

Docente: Stefano Montaldo – montaldo@unica.it – tel. 070/6758539

Tipologia: Triennale

CFU=6

Prerequisiti: Geometria 4.

Obiettivi. Lo studente viene introdotto ad alcuni capitoli speciali della teoria delle curve e delle superfici nello spazio ordinario tridimensionale. Gli obbiettivi di apprendimento del reading sono un ampliamento di quelli del corso di Geometria 4. In particolare, lo studente acquisirà enunciato e dimostrazione di alcuni teoremi fondamentali della geometria globale delle curve e delle superfici e dovrà saper applicare questi risultati allo studio di particolari problemi geometrici.

Programma.

- Proprietà globali delle curve piane: il problema isoperimetrico; il teorema dei quattro vertici.
- Applicazione esponenziale. Coordinate polari geodetiche.
- Superfici complete e il Teorema di Hopf-Rinow.
- Prima e seconda variazione del funzionale lunghezza. Il Teorema di Bonnet.

Testi di riferimento: M.P. do Carmo, Differential Geometry of Curves and Surfaces.

Modalità di verifica: Lo studente si prepara in maniera autonoma sul materiale didattico fornito dal docente. Il docente è disponibile per chiarimenti durante l'orario di ricevimento. La prova si svolge alla lavagna tramite l'esposizione di un argomento a scelta dello studente seguita da alcune domande del docente.

Introduzione alla teoria delle decisioni statistiche

Docente: Monica Musio – mmusio@unica.it

Tipologia: Triennale

CFU=6

Prerequisiti: Calcolo delle Probabilità, Statistica inferenziale.

Programma.

Il corso si propone di fornire gli elementi principali per una impostazione decisionale della statistica allo scopo di

comprendere appieno la logica sottostante le soluzioni che sono state proposte nell'ambito dei problemi statistici

classici. In particolare, verranno trattati i seguenti argomenti:

- Il problema della decisione in condizione di incertezza
- Alberi decisionali: semplici e complessi

- Inferenza statistica: aspetti decisionali dei test di significatività; test di ipotesi; principio di verosimiglianza e regole di arresto
- Probabilità condizionali e teorema di Bayes
- Concetto di perdita e di utilità: funzione di utilità
- Decisioni basate sulle sole informazioni campionarie
- Decisioni basate sulle sole informazioni a priori
- Decisioni con informazioni a priori e informazioni campionarie: forma normale e forma estensiva

Testi di riferimento:

- Metodi per le decisioni statistiche, L.Piccinato, Springer 2 edizione
- Teoria statistica delle decisioni, B.Chiandotto note didattiche

TRIENNALE+MAGISTRALE

Introduzione alla teoria degli operatori

Docente: Lucio Cadeddu – cadeddu@unica.it – tel. 070/6758520 – 328 0091813

Tipologia: Triennale/Magistrale

CFU=6

Prerequisiti: programmi standard dei corsi di analisi reale del corso di studi triennale in matematica, concetti di topologia generale.

Obiettivi formativi: apprendimento dei concetti base dell'Analisi Funzionale e della teoria degli operatori: spazi funzionali, funzionali, operatori tra spazi funzionali.

Programma.

- Spazi Metrici, Insiemi Aperti. Insiemi Chiusi. Intorni. Convergenza. Successioni di Cauchy. Completezza. Completamento di uno Spazio metrico.
- Spazi Normati. Spazi di Banach, Spazio Vettoriale, Spazio Normato.
  Spazi Normati Finito Dimensionali e Sottospazi
  Compattezza e Dimensioni Finite, Operatori Lineari, Spazi Lineari di Operatori, Operatori Lineari Limitati e Continui, Funzionali Lineari.
  Operatori Lineari e Funzionali su Spazi Finito Dimensionali, Spazi Normati di Operatori. Spazio Duale.
- Spazi con Prodotto Scalare. Spazi di Hilbert, Definizione Equivalente di Spazio con Prodotto Scalare. Completamento di uno Spazio con Prodotto Scalare. Complemento Ortogonale e Somma Diretta.
  Insiemi e Successioni Ortonormali. Basi Ortonormali. Rappresentazione di Funzionali su Spazi di Hilbert. Operatori Aggiunti di Hilbert. Operatori Autoaggiunti, Unitari e Normali.
- Teoremi per gli Spazi Normati e di Banach. Lemma di Zorn, alcune applicazioni del Lemma di Zorn. Teorema di Hahn–Banach. Estensioni del Teorema di Hahn–Banach.

Testi di riferimento: dispense del docente.

Modalità di verifica: tipologia reading course, con prova finale alla lavagna. Lo studente si prepara in maniera autonoma sul materiale didattico fornito dal docente, la prova si svolge alla lavagna tramite l'esposizione di un argomento a scelta dello studente e seguenti domande di contorno proposte dal docente. Il voto è in 30esimi.

Introduzione alla statistica bayesiana non parametrica

Docente: Massimo Cannas– massimo.cannas@unica.it – tel. 070/675 3410

Tipologia: Triennale e Magistrale

CFU: 6

Prerequisiti: Calcolo delle Probabilità, Statistica + reading course "introduzione alla statistica bayesiana" (consigliato)

Obiettivi: fornire le basi dell'impostazione bayesiana non parametrica all'analisi dei dati mostrando alcuni esempi applicati in ambiente R.

Programma.

- Modelli mistura
- Il processo di Dirichlet (DP), definizione e costruzione.
- Misture di DP e altre variazioni
- Applicazioni (density estimation, model-based clustering, etc)
- Processi gaussiani (GP)

Testi di riferimento:

In italiano (per il solo secondo punto): Cifarelli, Muliere. Appunti di Statistica Bayesiana (ultimo capitolo)

Il testo di riferimento è:

Muller, Quintana, Jara, Hanson. Bayesian nonparametric data analysis (2015), Springer

Per una introduzione molto sintetica si veda:

K Murphy. Machine Learning: A probabilistic Approach, the MIT Press cap 15 (GP) e cap 25 (DP)

Modalità di verifica: Sono previste tre lezioni nelle quali verranno esposti i punti essenziali del programma e fornito il codice necessario per implementare i modelli di base. Lo studente si prepara in maniera autonoma sul materiale didattico fornito dal docente a partire dagli spunti dati in aula. Il docente è disponibile per chiarimenti durante l'orario di ricevimento. La prova si svolge tramite una presentazione orale di un argomento concordato con il docente e corredato da una applicazione.

Processi continui e finanza stocastica

Docente: Massimo Cannas – massimo.cannas@unica.it – tel. 070/675 3410

Tipologia: Triennale e Magistrale

CFU: 6

Prerequisiti: Calcolo delle Probabilità, Statistica

Obiettivi: Presentare gli elementi di base del calcolo stocastico e le sue applicazioni alla finanza stocastica.

Programma.

- Passeggiate aleatorie e martingale
- Moto browniano e processo di Wiener
- Integrale di Ito
- Misure neutrali al rischio, arbitraggio
- Option pricing ed hedging nel modello di Black-Sholes; modello di Vasicek per tassi di interesse; modelli per prezzi di materie prime

Testi di riferimento (dettagli in aula):

- Capasso, Bakstein, An-Introduction to Continuous Time Stochastic Processes Theory Models and Applications to Finance Biology and Medicine (2015). Birkhauser

- Privault, Notes on Stochastic finance

Modalità di verifica: Sono previste tre lezioni nelle quali verranno esposti i punti essenziali del programma e fornito il codice necessario per implementare i modelli di base. Lo studente si prepara in maniera autonoma sul materiale didattico fornito dal docente a partire dagli spunti dati in aula. Il docente è disponibile per chiarimenti durante l'orario di ricevimento. La prova si svolge tramite una presentazione orale di un argomento teorico concordato con il docente e corredato da una applicazione.

Processi stocastici applicati

Docente: Massimo Cannas – massimo.cannas@unica.it

Tipologia: Triennale e Magistrale

CFU: 6

Prerequisiti: Calcolo delle Probabilità

Obiettivi: fornire una panoramica dei principali modelli probabilistici dinamici, con particolare attenzione alla loro simulazione in ambiente R.

Programma.

- Rovina del giocatore
- Passeggiate aleatorie
- Catene di Markov discrete
- Branching processes
- Processo di Poisson

Testi di riferimento:
- Privault, N. Understanding Markov Chains, Second Edition (2018). Springer Undergraduate Mathematics Series
Per approfondire aspetti specifici
- Capasso, Bakstein, An-Introduction to Continuous Time Stochastic Processes Theory Models and Applications to Finance Biology and Medicine (2015). Birkhauser
- Privault, Notes on Stochastic finance (web)

Modalità di verifica: Sono previste due lezioni nelle quali verranno esposti i punti essenziali del programma e fornito il codice necessario per implementare i modelli di base. Lo studente si prepara in maniera autonoma sul materiale didattico fornito dal docente a partire dagli spunti dati in aula. Il docente è disponibile per chiarimenti durante l'orario di ricevimento. La prova finale è in forma orale e lo studente è chiamato a:
* dimostrare una conoscenza di base di tutti i processi trattati
* mostrare una applicazione notevole di un processo di suo interesse (questa parte può essere svolta anche tramite breve relazione scritta)

Metodi numerici della teoria dell'approssimazione

Docente: Luisa Fermo – fermo@unica.it

Tipologia: Triennale/Magistrale

CFU=6

Prerequisiti:

1. Analisi Matematica (calcolo differenziale e integrale, spazi normati, di Banach e di Hilbert, successioni e serie di funzioni, convergenza puntuale e in norma)
2. Algebra Lineare (spazi vettoriali, sistemi lineari, autovalori, basi ortonormali)
3. Elementi di programmazione Matlab

Obiettivi formativi: Far acquisire una conoscenza operativa:

- dei risultati della teoria dell'approssimazione e della teoria degli operatori lineari basilari per l'integrazione numerica e la risoluzione delle equazioni integrali;
- delle metodologie nel calcolo numerico degli integrali e nella risoluzione numerica delle equazioni integrali.

A conclusione del corso gli studenti dovranno saper:

- stabilire l’ordine di approssimazione di una funzione, con prefissata regolarità, mediante polinomi (algebrici e trigonometrici);
- scegliere la formula di integrazione più adatta per approssimare un integrale sulla base della regolarità della funzione integranda e del suo dominio di integrazione;
- applicare metodi numerici per risolvere le equazioni integrali di Fredholm di seconda specie, discutendone stabilità e convergenza;
- implementare i relativi algoritmi (integrazione numerica e risoluzione di equazioni integrali) e essere in grado di valutare la compatibilità dei risultati numerici con le stime teoriche.

Programma.

1. Teoria dell’approssimazione. Approssimazione di funzioni mediante polinomi algebrici e trigonometrici. Interpolazione di tipo Lagrangiano. Valutazione degli errori di approssimazione puntuale e in norma. Interpolazione polinomiale a tratti (funzioni spline). Stima dell’errore.
2. Integrazione numerica. Formule di quadratura interpolatorie. Formule di Newton-Cotes. Polinomi ortogonali e integrazione di tipo Gaussiano. Formule prodotto. Stime degli errori di integrazione. Estensione al caso bidimensionale.
3. Approssimazione di operatori integrali. Operatori integrali. Teorema delle serie geometriche. Operatori compatti. Teoria di Riesz-Fredholm. Approssimazione, puntuale e in norma, di operatori integrali.
4. Approssimazione numerica di equazioni integrali. Classificazione delle equazioni integrali. Equazioni integrali di Fredholm di seconda specie. Metodo di Nyström. Metodi di proiezione (metodo di collocazione e metodo di Galerkin).

Testi di riferimento:

- Giuseppe Rodriguez, Algoritmi Numerici, Pitagora Editrice Bologna
- Giovanni Monegato, Metodi e algoritmi per il calcolo numerico, CLUT
- Rainer Kress, Linear Integral Equations, Springer
- Kendall E. Atkinson, The Numerical Solution of Integral Equations of the Second Kind, Cambridge University Press

Modalità di verifica: La verifica dell’apprendimento avviene attraverso la preparazione di una tesina scritta che dovrà essere consegnata al docente e discussa durante una prova orale a cui seguiranno ulteriori domande da parte del docente.

Introduzione al calcolo delle variazioni

Docente: Antonio Greco

Tipologia: Triennale/Magistrale

CFU: 6

Prerequisiti: calcolo differenziale e integrale in dimensione finita, integrazione secondo Lebesgue (i prerequisiti corrispondono ai programmi di Analisi Matematica 1, 2 e 3).

Obiettivi formativi: in sintesi, l’obiettivo che lo studente deve raggiungere è avere un’idea delle origini, degli scopi, e di alcuni dei problemi e dei metodi del calcolo delle variazioni.

Più in dettaglio, il corso si articola in due parti aventi gli obiettivi appresso elencati:

1. Saper ricavare l'equazione di Eulero-Lagrange di un funzionale dato, e saperla risolvere almeno in casi particolarmente semplici, sotto altrettanto semplici condizioni al contorno.
2. Conoscere le definizioni ed alcune delle principali proprietà degli spazi funzionali più comunemente utilizzati, e saper dare qualche motivazione del ricorso a tali spazi.

Incidentalmente, lo studente dovrà acquisire, qualora non ne sia già in possesso, la capacità di risolvere problemi isoperimetrici elementari, come ad esempio determinare il rettangolo di area massima fra tutti quelli aventi un dato perimetro, che possono anche essere eventualmente riproposti in ambito scolastico.

Inoltre, il corso è un'occasione per consolidare la conoscenza delle principali nozioni di ottimizzazione, libera e vincolata, ed in particolare dei concetti di massimo e minimo e del teorema di Fermat.

Programma

- Problemi variazionali elementari: il problema isoperimetrico nella classe dei rettangoli, area massima di un triangolo avente due lati assegnati, area massima di un triangolo avente un lato e il perimetro assegnati, area massima di un poligono di 2n lati avente il perimetro assegnato.
- Problemi classici del calcolo delle variazioni: il problema della brachistocrona, il problema del corpo di minima resistenza di Newton, il problema della catenaria, il problema isoperimetrico in dimensione 2, il problema di Plateau non parametrico.
- Metodi classici: lemma fondamentale del calcolo delle variazioni, lemma di Du Bois-Reymond, equazione di Eulero-Lagrange.
- Spazi funzionali notevoli: spazi L^p, disuguaglianza di Young, disuguaglianza di Hölder, l'inclusione di Lp in Lq, con p > q, disuguaglianza di Cauchy-Schwarz, completezza di L^p, serie di Fourier in L^2, convergenza debole in L^p, teorema di compattezza debole in L^p, spazi di Sobolev, disuguaglianza di Poincaré.
- Applicazioni al calcolo delle variazioni: la soluzione di Hurwitz del problema isoperimetrico.
- Cenni al metodo diretto: semicontinuità inferiore, compattezza, successione minimizzante, teorema fondamentale (detto talvolta teorema di Tonelli, o di Weierstrass-Tonelli), applicazioni al funzionale lunghezza di una curva ed all'integrale di Dirichlet.

Testi adottati: dispense del docente, a disposizione sul sito http://people.unica.it/antoniogreco/didattica/materiale-didattico/

Testi di consultazione:
Amerio, Analisi Matematica, vol. 2 e vol. 3 parte II, UTET
Brézis, Analisi Funzionale, Liguori
Dacorogna, Direct methods in the Calculus of Variations, Springer
Dacorogna, Introduction to the Calculus of Variations, Imperial College Press
Pagani, Salsa, Analisi Matematica, vol. 2, Zanichelli

Renardy, Rogers, An introduction to partial differential equations, Texts in applied mathematics 13, Springer
Talenti, Colesanti, Salani, Un'introduzione al calcolo delle variazioni. Teoria ed esercizi, pubblicato dell'Unione Matematica Italiana

Verifica dell'apprendimento

La valutazione dello studente si basa su di una prova orale in cui vengono proposti alcuni quesiti scelti a campione fra i vari argomenti del corso. I quesiti sono, di norma, della stessa tipologia di quelli inclusi nel materiale didattico del corso. Lo studente dovrà rispondere utilizzando sia la parola che un apposito mezzo di scrittura (solitamente, una lavagna tradizionale) da utilizzarsi per un duplice scopo:

1. Sostenere le complesse argomentazioni che sono tipiche della matematica mediante l'uso della notazione convenzionale e, ove possibile, di opportune rappresentazioni grafiche;
2. Dimostrare la capacità di manipolare le espressioni formali nel rispetto delle regole che ne governano l'utilizzo.

Il punteggio della prova d'esame è attribuito mediante un voto espresso in trentesimi. La determinazione del voto finale tiene conto dei seguenti elementi:

1. La logica seguita dallo studente nella risoluzione del quesito;
2. La correttezza della procedura individuata per la soluzione del quesito;
3. L'adeguatezza della soluzione proposta in relazione alle competenze attese;
4. L'impiego di un adeguato linguaggio, e in special modo l'uso pertinente delle congiunzioni "cioè", "quindi", "se";
5. La capacità di sostenere una discussione, e la capacità di individuare e correggere, discutendo, i propri eventuali errori, senza smarrirsi.

Sono valutati a favore dello studente, inoltre: lo spirito critico, la capacità di pensiero autonomo, lo spirito di iniziativa, e in generale il cosiddetto "pensiero divergente", cioè l'uso creativo ed originale delle conoscenze di cui lo studente è in possesso.

Per superare l'esame, e riportare quindi un voto non inferiore a 18/30, lo studente dovrà dimostrare di aver acquisito una conoscenza elementare degli argomenti del corso. Ad un più completo raggiungimento degli obiettivi formativi corrisponde una votazione proporzionalmente maggiore. Agli studenti particolarmente brillanti può essere richiesto di affrontare problemi più impegnativi, corrispondenti al più alto livello cognitivo della tassonomia di Bloom, per il conseguimento della votazione massima con lode.

Teoria Matematica dei Giochi

Docente: A. Iannizzotto - antonio.iannizzotto@unica.it

Tipologia: Triennale/Magistrale

CFU=6

Prerequisiti: Per gli studenti della Laurea Triennale saranno date per acquisite le seguenti nozioni: continuità, calcolo differenziale, funzioni convesse, ottimizzazione, insiemi compatti, connessi, spazi metrici, teoremi di punto fisso (Brouwer, Banach-Caccioppoli), algebra lineare elementare, calcolo combinatorio, probabilità semplice e condizionata. Per gli studenti della Laurea Magistrale saranno date per acquisite anche le seguenti nozioni: spazi topologici, di Banach, elementi di teoria dei grafi.

Obiettivi formativi:

1. Conoscenza e capacità di comprensione. Lo studente verrà introdotto alla teoria classica dei giochi e apprenderà i concetti di equilibrio e strategia, insieme ai relativi teoremi di esistenza dimostrati attraverso l'analisi multivoca.
2. Conoscenze e capacità di comprensione applicate. Lo studente applicherà il metodi astratti della teoria dei giochi a una varietà di esempi classici tratti dalle scienze sociali e dall'economia.
3. Autonomia di giudizio. Lo studente imparerà a distinguere le classi principali di giochi o interazioni competitive, classificando ogni caso concreto nella corretta categoria e applicando ad esso la migliore strategia risolutiva.
4. Abilità nella comunicazione. Frequentando il corso, confrontandosi con i testi consigliati (in italiano e in inglese), e preparando la prova di verifica, lo studente acquisterà familiarità con il linguaggio formale della teoria dei giochi e imparerà ad esporre i risultati in modo rigoroso e sintetico.
5. Capacità di apprendere. Lo studente sarà avviato, a causa della modalità del corso, verso uno studio autonomo e creativo: sulla base di alcuni esempi significativi e con opportune indicazioni bibliografiche, potrà estendere in modo indipendente la propria conoscenza della teoria dei giochi a casi più generali o complessi.

Programma:

Introduzione. Definizioni di gioco, strategia, scelta, utilità; teorema di rappresentazione; classificazione dei giochi; giochi con due giocatori e tabella dei payoff; dominazioni; soluzione di un gioco per eliminazione iterata.

Analisi multivoca. Definizioni di multifunzione, dominio, grafico, inversa; tipi di continuità; multifunzioni a valori chiusi, compatti, connessi, a grafico chiuso, connesso; teorema di selezione di Michael; lemma di Cellina; teoremi di punto fisso di Kakutani, Sion, Browder, Nadler; principio KKM.

Giochi non cooperativi ed equilibri di Nash. Definizione di equilibrio; distribuzioni di probabilità e strategie miste; teorema di equilibrio di Nash; ottimo di Pareto; punti di equilibrio approssimato.

Giochi a somma nulla e teoria del minimax. Giochi a somma zero; punti di sella; teoremi di minimax di von Neumann, Fan-Sion, König, Ricceri.

Giochi cooperativi. Definizioni di coalizione, imputazione, nucleo, soluzione; giochi superadditivi, subadditivi; peso dei giocatori; valore di Shapley.

Esempi e applicazioni. Pari e dispari; morra cinese; guerra dei sessi; gioco della produzione; duopolio di Cournot; duopolio di Stackelberg; gioco dell'entrata; gioco dei ragni; dilemma liberale; dilemma del prigioniero; tiro alla fune (derivazione di alcune equazioni alle derivate parziali).

Giochi dinamici: Definizioni di gioco dinamico, stato, turno, storia; rappresentazione mediante grafi; adattamento delle strategie; credibilità e probabilità; soluzione bayesiana; equilibrio perfetto nei sottogiochi; teorema di Selten.

Metodi didattici

Il reading course si articola in due parti: nella prima parte il docente terrà quattro seminari di due ore ciascuno, introducendo gli argomenti fondamentali del corso e le dimostrazioni più impegnative; nella seconda parte gli studenti perfezioneranno la loro conoscenza dei contenuti del corso, incontrando il docente periodicamente per chiarimenti.

Testi di riferimento:

- J.P. Aubin, Mathematical methods of game and economic theory, North-Holland (1979)
- J.P. Aubin, H. Frankowska, Set-valued analysis, Birkhäuser (2008)
- A. Iannizzotto, Introduzione alla teoria dei giochi (dispense 2015)

Modalità di verifica: La verifica per gli studenti della Laurea Triennale consisterà in un colloquio orale articolato in tre fra domande teoriche ed esercizi. Per gli studenti della Laurea Magistrale è suggerita una prova integrativa che prederà la forma di una dissertazione orale (seminario) o scritta (tesina) su un argomento a scelta. Ogni parte della prova sarà valutata con un voto in trentesimi, e l'esame si riterrà superato se la media aritmetica fra i voti sarà compresa fra 18/30 (preparazione sufficiente) e 30/30 (preparazione ottima). La lode sarà attribuita in caso di prove particolarmente brillanti. Saranno valutati prioritariamente: conoscenza dei contenuti, capacità di elaborazione autonoma, capacità di esposizione.

Ulteriori informazioni

Sul sito del docente all'indirizzo http://people.unica.it/antonioiannizzotto/didattica/materiale-

didattico/ verranno gradualmente rese disponibili le note del corso e altro materiale didattico. Il nostro Ateneo fornisce supporto agli studenti affetti da disturbi specifici dell'apprendimento (DSA): chi fosse interessato può trovare maggiori informazioni al link: http://corsi.unica.it/matematica/info- dsa/

Introduzione alla teoria degli spazi vettoriali topologici

Docente: Maria Infusino – maria.infusino@unica.it

Tipologia: Triennale/Magistrale

CFU=6

Obiettivi formativi: apprendimento dei concetti basilari e dei risultati fondamentali della teoria degli spazi vettoriali topologici reali con particolare attenzione agli spazi localmente convessi.

Prerequisiti: conoscenze di base di analisi reale, algebra lineare e topologia generale.

Programma

- Richiamo di alcune nozioni di topologia generale, tra cui: filtri di intorni di un punto di uno spazio topologico, confronto tra topologie su uno stesso insieme, spazi topologici di Hausdorff, applicazioni continue tra spazi topologici.
- Proprietà fondamentali di uno spazio vettoriale topologico (TVS): caratterizzazione del filtro di intorni dell'origine di un TVS, Hausdorff TVS, spazi quoziente di un TVS, applicazioni lineari tra TVS e completezza di un TVS.
- Spazi vettoriali topologici di dimensione finita: caratterizzazione, proprietà e legame con TVS localmente compatti.

- Spazi localmente convessi: definizione tramite intorni dell'origine e tramite seminorme, spazi localmente convessi di Hausdorff, topologica localmente convessa più fine, topologia finita su spazi di dimensione numerabile, applicazioni lineari tra spazi localmente convessi
- Teorema di Hahn-Banach e le sue applicazioni a problemi di separazione di sottoinsiemi convessi e al problema dei momenti.
- Topologie sullo spazio duale di un TVS: studio di diverse topologie polari e teorema di Banach-Alaoglu-Bourbaki

Testi di riferimento: dispense della docente basate per lo più su:

- G. Köthe, Topological vector spaces I, Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften, 159, New York: Springer-Verlag, 1969.
- H.H. Schaefer, M. P. Wolff, Topological vector spaces, II edition, Graduate Texts in Mathematics, 3. Springer-Verlag, New York,1999.
- F. Trèves, Topological Vector Spaces, distributions, and kernels, Academic Press, 1967.

Modalità di apprendimento: Lo studente si prepara in maniera autonoma sul materiale didattico fornito dalla docente, che è disponibile per chiarimenti nell'orario di ricevimento o previo appuntamento. Gli studenti avranno anche la possibilità (non l'obbligo) di seguire un numero ridotto di ore di lezione in lingua inglese su alcuni degli argomenti del corso in modalità digitale nel mese di Settembre 2021. Maggiori informazioni sul calendario delle lezioni e/o il materiale didattico saranno forniti agli studenti interessati, che dovranno contattare la docente per email all'indirizzo maria.infusino@unica.it.

Modalità di verifica: La prova orale consiste nell'esposizione di un argomento a scelta dello studente seguita da alcune domande della docente. Compatibilmente con le indicazioni d'Ateneo sulle modalità di svolgimento degli esami orali in funzione dell'evoluzione dell'emergenza COVID-19, gli esami si terranno in presenza alla lavagna oppure in modalità digitale.

Metodi di ottimizzazione globale per funzioni Lipschitziane

Docente: D. Lera – lera@unica.it

Tipologia: Triennale/Magistrale

CFU=6

Prerequisiti: Analisi Numerica

Obiettivi: Introduzione al problema dell'ottimizzazione globale di funzioni reali multidimensionali, apprendimento di alcuni metodi sia di tipo deterministico che probabilistico tra i più noti in letteratura

Programma.

- Problemi di ottimizzazione globale. Definizione. Esempi di applicazione. Condizioni di esistenza. Condizioni di ottimalità locale. Problemi di programmazione convessa e concava.
- Introduzione ai metodi di ottimizzazione globale.

- Metodi di ottimizzazione locale. Convergenza globale dei metodi locali per problemi non vincolati e vincolati.
- Caratterizzazione dei problemi di ottimizzazione globale. Condizioni di ottimalità globale. Proprietà di convergenza degli algoritmi di ottimizzazione globale.
- Metodi probabilistici.
- Metodi di tipo Multistart. Metodi di tipo "simulated annealing". Metodi che usano popolazioni di punti. Algoritmi genetici. Algoritmi evolutivi. Metodi di tipo "swarm".
- Metodi che utilizzano partizioni dell'insieme ammissibile. Schema generale dei metodi. Scelta dei sottoinsiemi da partizionare. Algoritmo di partizione con minimizzazioni locali. Minimizzazione di funzioni Lipschitziane. Algoritmi diagonali. Metodi che non utilizzano stime della costante di Lipschitz. Metodi che utilizzano strategie miste.

Testi di riferimento:

- Stefano Lucidi, Appunti di Ottimizzazione Globale, Università di Roma "La Sapienza". Libro in italiano messo a disposizione in formato pdf.

Modalità di verifica: Lo studente deve studiare in modo autonomo sul materiale didattico fornito dal docente. La prova finale si svolge alla lavagna con l'esposizione di un argomento a scelta dello studente e seguenti domande del docente.

Introduzione alle forme differenziali

Docente: Andrea Loi – loi@unica.it

Tipologia: Triennale/Magistrale

CFU=6

Prerequisiti: Geometria 4

Obiettivi
Lo studente viene introdotto ad alcuni capitoli speciali di forme differenziali. Gli obiettivi di apprendimento della lettura sono un'estensione di quelli del corso Geometria differenziale. In particolare, lo studente dovrà conoscere alcuni dei teoremi fondamentali sulle forme differenziali e sulla coomologia di De Rham.

Programma.

Algebra linerare esterna; la coomologia di De Rham; complessi di catene e la loro coomologia; la successione di Myer-Vietoris; omotopia; applicazioni della teoria di De Rham.

Testi di riferimento: From calcuus to cohomology: De Rham cohomology and characteristic classes, Ib Madsen e Jorgen Tornehave, Cambridge University Press.

Modalità di verifica: Lo studente si prepara in maniera autonoma sul materiale didattico fornito dal docente. Il docente è disponibile per chiarimenti durante l'orario di ricevimento. La prova si svolge alla lavagna tramite l'esposizione di un argomento a scelta dello studente seguita da alcune domande del docente.

Alcuni argomenti sulla teoria dei gruppi

Docente: Andrea Loi – loi@unica.it

Tipologia: Triennale/Magistrale

CFU=6

Prerequisiti: Algebra 2

Obiettivi
Lo studente viene introdotto ad alcuni capitoli speciali della teoria dei gruppi. Gli obbiettivi di apprendimento del reading sono un ampliamento di quelli del corso di Algebra 2. In particolare, lo studente dovrà conoscere alcuni dei teoremi fondamentali della teoria dei gruppi non abeliani e dei teoremi di Sylow.

Programma.

Introduzione ai gruppi non abeliani; alcuni sottogruppi normali; centralizzanti, equazioni delle classi e teorema di Cauchy; semplicità di A_n; azioni di gruppi e teorema di Sylow.

Testi di riferimento: D. Dikranjan, M. L. Lucido, Aritmetica e Algebra, Liguori Editore 2007.

Modalità di verifica: Lo studente si prepara in maniera autonoma sul materiale didattico fornito dal docente. Il docente è disponibile per chiarimenti durante l'orario di ricevimento. La prova si svolge alla lavagna tramite l'esposizione di un argomento a scelta dello studente seguita da alcune domande del docente.

Introduzione alla geometria algebrica

Docente: Stefano Montaldo – montaldo@unica.it – tel. 070/6758539

Tipologia: Triennale/Magistrale

CFU: 6

Prerequisiti: Geometria 1, 2 e 3. Algebra 1 e 2.

Obiettivi formativi: apprendimento dei concetti base della teoria geometrica delle curve algebriche. Il corso fornisce anche le basi della geometria proiettiva.

Programma.

Curve algebriche Reali. Teoria dei Campi. Algebra dei polinomi. Equivalenza affini. Coniche affini. Singolarità di curve affini. Tangenti a curve affini. Curve razionali affini. Curve algebriche proiettive. Singolarità di curve proiettive. Equivalenza proiettiva. Tangenti proiettive. Flessi. Intersezioni di curve proiettive

Testi di riferimento: C.G. Gibson, Elementary Geometry of Algebraic Curves: an Undergraduate Introduction. Cambridge University Press.

Modalità di verifica: Lo studente si prepara in maniera autonoma sul materiale didattico fornito dal docente. Il docente è disponibile per chiarimenti durante l'orario di ricevimento. La prova si svolge alla lavagna tramite l'esposizione di un argomento a scelta dello studente seguita da alcune domande del docente.

Geometrie non euclidee

Docente: Paola Piu – piu@unica.it – tel. 070/6758522

Tipologia: Triennale/Magistrale

CFU=6

Prerequisiti: Geometria 1, 2 e 3. Algebra 1.

Obiettivi formativi: Il corso si propone di presentare i fondamentali teoremi sia di geometria iperbolica piana che di geometria sferica e di confrontarli con quelli della geometria euclidea.

Programma.

- Coniche. Sezioni coniche. Trasformazioni affini e proiettive. Proprietà affini e proiettive delle coniche.
- Inversione. Estensione del piano. Geometria delle inversioni. Teorema fondamentale. Cerchi coassiali.
- Geometrie non euclidee.
- Geometria Sferica. Lo spazio sferico. Trasformazioni. Trigonometria sferica
- Geometria Iperbolica. Trasformazioni iperboliche. Distanza in geometria iperbolica. Teorema di Pitagora. Teoremi geometrici

Testi di riferimento:

- D.A. Brannan, M.F. Esplen, J.J. Gray, Geometry, Cambridge University Press, 2011
  M. Dedò, TRASFORMAZIONI GEOMETRICHE con una introduzione al modello di Poincaré Zanichelli/Decibel,1996.

Modalità di verifica: Lo studente si prepara in maniera autonoma sul materiale didattico fornito dal docente. Il docente è disponibile per chiarimenti durante l'orario di ricevimento. La prova orale si svolge alla lavagna.

Introduzione alla teoria delle rappresentazioni

Docente: Jorge Vitoria - jorge.vitoria@unica.it

Tipologia: Triennale/Magistrale

CFU=6

Prerequisiti: Geometria 1, Algebra 2

Obiettivi:
Lo studente viene introdotto ad alcuni argomenti della teoria delle rappresentazioni attraverso la teoria di moduli su anelli. Gli obbiettivi di apprendimento del reading sono un ampliamento di quelli del corso di Algebra 2. In particolare, lo studente dovrà conoscere alcuni concetti e risultati fondamentali della teoria delle rappresentazioni di algebre.

Programma:
Algebre su un campo; Moduli su una algebra; Teoremi fondamentali su moduli; Moduli noetheriani e artiniani; Moduli semplici; Lemma di Schur; Moduli liberi, proiettivi e iniettivi; moduli e algebre semisemplici; Teorema di Maschke; Teorema di Wedderburn-Artin; Algebre di camini; rappresentazioni di quiver; Teorema della struttura delle algebre basiche di dimensione finita; Legame fra moduli su algebre di dimensione finita e rappresentazioni dei quiver.

Testi di riferimento:

Richard S. Pierce, *Associative algebras*, Springer (1982);

Bo Stenström, *Rings of quotients*, Springer (1975);

Ibrahim Assem, Daniel Simson, Andrzej Skowronski, *Elements of the representation theory of associative algebras 1: Techniques of representation theory*, London Mathematical Society Student Texts 65 (2006)

Modalità di verifica: Lo studente si prepara in maniera autonoma sul materiale didattico fornito dal docente. Il docente è disponibile per chiarimenti durante l'orario di ricevimento. La prova si svolge alla lavagna tramite l'esposizione di un argomento a scelta dello studente seguita da alcune domande del docente.

Introduzione alla teoria delle categorie

Docente: Jorge Vitoria - jorge.vitoria@unica.it

Tipologia: Triennale/Magistrale

CFU: 6

Prerequisiti: Si raccomanda che lo studente abbia un'ampia conoscenza di varie campi della matematica, in particolare dalla teoria degli insiemi, all'algebra lineare e topologia (Algebra 1, Geometria 1, Geometria 3).

Obiettivi:
Lo studente viene introdotto al linguaggio e ad alcuni argomenti della teoria delle categorie. In particolare, lo studente dovrà conoscere alcuni concetti categorici e saperli riconoscere in una grande varietà di categorie di diversa natura. Inoltre, lo studente dovrà anche conoscere alcuni dei risultati fondamentali dalla teoria delle categorie.

Programa:
Categorie; Morfismi, monomorfismi, epimorfismi e isomorfismi; Prodotti e coprodotti; Funtori,

trasformazioni naturali, funtori fedeli e pieni, equivalenze di categorie; Funtori aggiunti; Funtori rappresentabili; Lemma di Yoneda; Oggetti liberi, proiettivi e iniettivi; Limiti e colimiti; Generatori e cogeneratori; Esistenza di funtori aggiunti; Esempi.

Testi di riferimento:
Tom Leinster, *Basic Category Theory*, Cambridge Studies in Advanced Mathematics, Vol. 143, Cambridge University Press (2014); manuscript online at https://arxiv.org/abs/1612.09375;
Harold Simmons, *An Introduction to category theory*, manuscript online at http://www.cs.man.ac.uk/~hsimmons/zCATS.pdf (2010);
Masaki Kashiwara, Pierre Schapira, *Categories and Sheaves*, Springer (2005).

Modalità di verifica: Lo studente si prepara in maniera autonoma sul materiale didattico fornito dal docente. Il docente è disponibile per chiarimenti durante l'orario di ricevimento. La prova si svolge alla lavagna tramite l'esposizione di un argomento a scelta dello studente seguita da alcune domande del docente.

MAGISTRALE

Introduzione alla statistica bayesiana non-parametrica

Docente: Massimo Cannas– massimo.cannas@unica.it

Tipologia: Magistrale

CFU=3

Prerequisiti: Calcolo delle Probabilità, Statistica Inferenziale. Elementi di base di statistica bayesiana

Obiettivi: fornire le basi teoriche e pratiche dell'impostazione bayesiana non-parametrica all'analisi dei dati.

Programma.

- Il processo di Dirichlet (DP), definizione e costruzione.
- Misture di DP e altre variazioni
- Applicazioni: density estimation, species sampling, model-based clustering

Testi di riferimento:
In italiano (per il primo punto): Cifarelli, Muliere. Appunti di Statistica Bayesiana (ultimo capitolo)
Il testo di riferimento è:
Muller, Quintana, Jara, Hanson. Bayesian nonparametric data analysis (2015), Springer
Per una introduzione molto sintetica si veda:
K Murphy. Machine Learning: A probabilistic Approach, the MIT Press, cap 25 (DP)

Modalità di verifica: Sono previste due lezioni nelle quali verranno esposti i punti essenziali del programma. Lo studente si prepara in maniera autonoma sul materiale didattico fornito dal docente a partire dagli spunti dati in aula. Il docente è disponibile per chiarimenti durante l'orario di ricevimento. La prova si svolge tramite una presentazione orale di una applicazione notevole del processo.

Introduzione alla teoria di Hodge

Docente: B. Cappelletti Montano - b.cappellettimontano@unica.it

Tipologia: Magistrale

CFU=3

Prerequisiti
Geometria Differenziale e Geometria Riemanniana.

Obiettivi
Lo studente viene introdotto alla cosiddetta "Teoria di Hodge", un tema molto importante nella moderna geometria, a cavallo tra Geometria Differenziale, Geometria Riemanniana e Geometria Algebrica. Gli obiettivi di apprendimento del reading partono da un approfondimento delle forme differenziali e Coomologia di de Rham, studiate in Geometria Differenziale, per giungere all'apprendimento dei concetti fondamentali della Teoria di Hodge .

Programma
Forme differenziali. Coomologia di de Rham su una varietà differenziabile. Operatore di Laplace-Beltrami. Forme armoniche. Teorema di decomposizione di Hodge.

Testi di riferimento
S. Morita, Geometry of Differential forms, American Mathematical Society

G. Naber, Geometry, Topology and Gauge Fields, Springer

Modalità di verifica
Lo studente si prepara in maniera autonoma sul materiale didattico fornito dal docente. Il docente Ë

disponibile per chiarimenti durante l'orario di ricevimento. La prova si svolge alla lavagna tramite l'esposizione di uno o più argomenti tra quelli indicati nel programma.

Introduzione ai modelli di mistura finita

Docente: Silvia Columbu

Tipologia: Magistrale

CFU: 6

Prerequisiti: Modelli Statistici e Introduzione alla Statistica Bayesiana

Obiettivi: Gli obiettivi del corso sono quelli di introdurre ai principi della teoria dei modelli di mistura finita visti anche come metodi di classificazione (analisi in classi latenti). Verranno forniti gli strumenti teorici principali per la definizione dei modelli. Inoltre, lo studente dovrà apprendere i metodi di stima considerando sia aspetti teorici che computazionali, tramite anche l'applicazione su software.

Programma

- Definizione di modello di mistura finita per dati categoriali e continui
- Estensione ai modelli in classi latenti con covariate
- Problema della massima verosimiglianza tramite algoritmi EM (Expectation-Maximization)
- Metodi computazionali stocastici: Gibbs-sampling
- Variazioni stocastiche dell'algoritmo EM

Testi di riferimento:

McLachlan G.J. & Peel D. (2000), Finite Mixture Models, Wiley, New York.

Ingrassia S., Greselin F., Morlini I. Modelli Mistura e Algoritmo EM (2008) (Dispense)

McLachlan G.J. & Krishnan T. (2008), The EM algorithm and Extensions, 2nd Edition, Wiley, New York

Collins L. M., Lanza S. T. (2009) Latent Class and Latent Transition Analysis: With Applications in the

Social, Behavioral, and Health Sciences. John Wiley & Sons: Wiley Series in Probability and Statistics

Modalità di Verifica: Lo studente prepara una tesina basandosi sul materiale fornito dal docente. La tesina verrà esposta oralmente. Il docente è disponibile per qualsiasi chiarimento, e per discutere sulla preparazione dell'elaborato. Gli studenti interessati sono pregati di contattare il docente via posta elettronica all'indirizzo silvia.columbu@unica.it.

Introduzione all'analisi delle reti complesse

Docente: Caterina Fenu – kate.fenu@unica.it

Tipologia: Magistrale

CFU=6

Prerequisiti: Conoscenze di base di Analisi Matematica, Algebra Lineare, Analisi Numerica, Programmazione. Frequenza del corso "Algoritmi Numerici e Applicazioni" o di un corso con programma equivalente.

Obiettivi formativi: Apprendimento e capacità di applicazione delle metodologie analitiche e numeriche per l'analisi delle reti complesse. Verranno introdotti e analizzati i concetti matematici che stanno alla base dello studio delle reti complesse. Verranno trattati sia esempi pratici per i quali sono applicabili algoritmi per problemi di medie/piccole dimensioni, ma anche algoritmi per problemi a larga scala, tipici della materia. Esercitazioni in laboratorio consentiranno di illustrare l'implementazione e l'efficacia delle tecniche studiate.

Programma:

Il corso prevede un numero ridotto di ore di lezione durante le quali il docente discuterà con gli studenti gli argomenti del corso. Il programma, che verrà definito con precisione nel corso di questi incontri, tratterà i seguenti argomenti:

1. Richiami e approfondimenti di algebra lineare;
2. Grafi e reti complesse;
3. Matrici legate alla teoria delle reti complesse e loro proprietà;
4. Introduzione e calcolo di indici di centralità.

Gli studenti interessati sono pregati di contattare il docente via posta elettronica all'indirizzo kate.fenu@unica.it.

Maggiori informazioni verranno rese disponibili sulla pagina web: http://bugs.unica.it/~kate/

Testi di riferimento*:*

- Estrada and P. A. Knight, A First Course in Network Theory, Oxford University Press, 2015.
- ulteriore materiale verrà indicato durante il corso.

Modalità d'esame: tesina e prova orale.

Introduzione all'Analisi Non Lineare

Docente: Antonio Iannizzotto – antonio.iannizzotto@unica.it

Tipologia: Magistrale

CFU=6

Prerequisiti:

Nel corso saranno date per acquisite le seguenti nozioni:

- Equazioni alle derivate parziali: definizioni, classificazione, definizioni di soluzione classica e debole;
- Analisi funzionale: spazi di Banach astratti, spazi riflessivi, topologia debole, operatori lineari, spazi di Lebesgue, spazi di Sobolev;
- Topologia: spazi compatti, connessi, convessi, gruppi di omologia.

Obiettivi formativi:

Lo studente viene introdotto ai metodi variazionali per problemi ai valori al contorno per equazioni alle derivate parziali del secondo ordine ellittiche non lineari. Alla conclusione del corso, lo studente deve

• conoscere enunciati e dimostrazioni dei principali teoremi astratti della disciplina;

• essere in grado di applicarli a problemi anche diversi da quelli presentati nel corso;

• essere in grado di accedere alla letteratura scientifica corrente sulla materia.

Programma:

1. **Calcolo differenziale in spazi di Banach**. Derivate secondo Gâteaux e secondo Fréchet, funzionali di classe C1, teorema del valor medio, gradiente. Funzionali derivabili in spazi di Hilbert, Lebesgue, Sobolev. Pseudogradienti per funzionali C1, teorema di esistenza di uno pseudogradiente.
2. **Metodo diretto del calcolo delle variazioni.** Principio variazionale di Ekeland. teorema di minimo globale per un funzionale coercivo e sequenzialmente debolmente semicontinuo inferiormente. Compattezza in spazi di Banach: condizioni di Palais-Smale, Cerami, relazione con la coercività.
3. **Teoremi di min-max**. Punti critici in dimensione finita e infinita: principio di Courant-Hilbert. Equazione di Eulero-Lagrange. Teoremi di deformazione, del passo di montagna (Ambrosetti-Rabinowitz), dei tre punti critici (Pucci-Serrin).
4. **Teoria di Morse**. Richiamo sull'omologia singolare. Gruppi critici di un funzionale C1, gruppi critici all'infinito. Numeri di Betti, Morse. Formula di Poincaré-Hopf. Lemma di Morse per funzionali C2. Linking omologico.
5. **Equazioni ellittiche non lineari**. Richiami sul problema di Dirichlet per il laplaciano: soluzioni deboli, spettro, principio del massimo, regolarità classificazione della non linearità sublineari, asintoticamente lineari e superlineari. Funzionale dell'energia. Teoremi di esistenza, molteplicità. Condizione di Ambrosetti-Rabinowitz.
6. **Approfondimenti e problemi**. L'operatore p-Laplaciano. Problemi di Neumann, Robin. Soluzioni di segno costante, variabile. Domini illimitati. Crescita critica.

Modalità di verifica:

Dissertazione orale (seminario) o scritta (tesina) a cura dello studente; colloquio valutativo finale.

Testi di riferimento:

• D. Motreanu, V.V. Motreanu, N.S. Papageorgiou, Topological and variational methods with applications to nonlinear boundary value problems, Springer (2014)

• A. Iannizzotto, Analisi non lineare (in preparazione)
Ulteriori informazioni: Contattare il docente all'indirizzo: antonio.iannizzotto@unica.it o consultare il sito http://people.unica.it/antonioiannizzotto/ per materiale didattico e chiarimenti.

Curve di Peano per problemi di ottimizzazione

Docente: D. Lera – lera@unica.it

Tipologia: Magistrale

CFU=6

Prerequisiti: Analisi Numerica

Obiettivi: Lo studente viene introdotto ad un metodo particolare dell'ottimizzazione globale di funzioni reali multidimensionali che utilizza la curva riempi-spazio di Peano: in particolare, costruzione della curva e sue approssimazioni.

Programma.

- Curve di Peano e Ottimizzazione globale in N dimensioni. Curve riempi-spazio e riduzione della dimensione: Teorema di Strongin. Algoritmi per problemi di ottimizzazione globale non vincolati.
- Approssimazione della curva di Peano.
- Sottocubi adiacenti. Numerazione in prima e seconda partizione. Approssimazione di tipo "piecewise-linear" della curva di Peano. Approssimazioni "Versus Spiral", "TV evolvent" e "Non-univalent Peano- like evolvent".
- Algoritmi multidimensionali.
- Metodo "Multivariate index". Curve di Peano e tecniche di "local tuning" per problemi di ottimizzazione globale multidimensionale.

Testi di riferimento:

R. Strongin e Y. Sergeyev, Global Optimization with Non-Convex Con- straints, Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.

Modalità di verifica: Lo studente deve studiare in modo autonomo sul materiale didattico fornito dal docente. La prova finale si svolge alla lavagna con l'esposizione di un argomento a scelta dello studente e seguenti domande del docente.

Introduzione alla Topologia Simplettica

Docente: Andrea Loi – loi@unica.it

Tipologia: Magistrale

CFU=6

Prerequisiti: Geometria Differenziale

Obiettivi
Lo studente viene introdotto ad alcuni concetti fondamentali della Topologia Simplettica. Gli obbiettivi di apprendimento del reading sono un ampliamento di quelli del corso di Geometria Differenziale. In particolare, lo studente dovrà conoscere alcuni dei teoremi fondamentali della Topologia Simplettica quali il Teorema non-squeezing di Gromov.

Programma.

Meccanica Hamiltoniana; la topologia simplettica dello spazio Euclideo; geoemetria lineare simplettica; spazi vettoriali simplettici; il gruppo lineare simplettico; sottospazi lagrangiani; il teorema nonsqueezing di Gromov nel caso affine; strutture complesse; varietà simplettiche e fibrati simplettici; isotopie e il teorema di Darboux; sottovarietà simplettiche; strutture di contatto; strutture quasi complesse; integrabilità; varierietà di Kaehler; Curve olomorfe.

Testi di riferimento: Dusa McDuff e Dietmar Salamon, Introduction to Symplectic Topology, Second Edition

Modalità di verifica: Lo studente si prepara in maniera autonoma sul materiale didattico fornito dal docente. Il docente è disponibile per chiarimenti durante l'orario di ricevimento. La prova si svolge alla lavagna tramite l'esposizione di un argomento a scelta dello studente seguita da alcune domande del docente.

Introduzione alla teoria della trasversalità

Docente: Andrea Loi – loi@unica.it
Tipologia: Magistrale
CFU=6
Prerequisiti: Geometria Differenziale
Obiettivi
Lo studente viene introdotto ad alcuni concetti fondamentali della Topologia Differenziale e in particolare alla teoria della Trasversalità. Gli obbiettivi di apprendimento del reading sono un ampliamento di quelli del corso di Geometria Differenziale. In particolare, lo studente dovrà conoscere alcuni dei teoremi fondamentali della Topologia Differenziale quali il Teorema di Whitney e IL Teorema di Borsuk-Ulam.
Programma.

Varietà differenziabili; immersioni e summersioni; varietà con bordo; valori regolari e valori critici di una varietà con bordo; trasversalità; stabilità e genericità della trasversalità; la teoria dell'intersezione modulo 2; il teorema di Borsuk-Ulam.
Testi di riferimento: Appunti del Docente.
Modalità di verifica: Lo studente si prepara in maniera autonoma sul materiale didattico fornito dal docente. Il docente è disponibile per chiarimenti durante l'orario di ricevimento. La prova si svolge alla lavagna tramite l'esposizione di un argomento a scelta dello studente seguita da alcune domande del docente.

Approfondimento, Riflessioni e presentazione dell'esperienza di Tirocinio

Docenti: Andrea Loi – loi@unica.it , Maria polo –mpolo@unica.it

Tipologia: Magistrale

CFU=3

Prerequisiti: Aver completato un Tirocinio presso una delle aziende ospitanti previste nel Regolamento del Tirocionio della LM-40.

Obiettivi Lo studente dovrà proporre al docente un approfondimento delle tematiche affrontate durante il tirocinio attraverso la produzione scritta di una rielaborazione delle relazione di Tirocinio in maniera autonoma. Il docente discuterà con lo studente nel merito dei contenuti dell'esperienza di Tirocinio in relaziona al percorso formativo e all' esperienza di orientamento in uscita verso il mondo del lavoro.

Modalità di verifica: Lo studente prepara un documento di supporto per una presentazione orale di tipo seminariale (30' di presentazione e discussione finale). La prova si svolge tramite l'esposizione del lavoro autonomo davanti ad una commissione composta dai docenti proponenti e dal coordinatore del CdS e aperta alla partecipazione di colleghi e docenti del CdS o esterni interessati. L'acquisizione dei 3 CFU è utilizzabile nella tipologia di attività "Altre conoscenze utili all'inserimento nel mondo del lavoro" previste dall'Ordinamento della LM e non prevede valutazione con voto

Elementi di Relatività Generale e Cosmologia

Docente Salvatore Mignemi – smignemi@unica.it

Tipologia: Magistrale

CFU=6

Obiettivi: Studio delle applicazioni della Teoria della Relatività Generale a problemi di astrofisica. Questo corso si prefigge di approfondire gli argomenti trattati nel corso di Relatività e discutere le principali soluzioni delle equazioni di Einstein.

Prerequisiti: È necessario conoscere la Relatività Ristretta e i fondamenti del calcolo tensoriale, oltre a nozioni elementari di Geometria Differenziale.

Contenuti: Simmetrie e vettori di Killing. Soluzione di Schwarzschild e buchi neri. Cosmologia. Onde gravitazionali.

Verifica dell'apprendimento: Lo studente si prepara in maniera autonoma sul materiale didattico fornito dal docente. Il docente è disponibile per chiarimenti durante l'orario di ricevimento. La prova si svolge alla lavagna tramite l'esposizione di un argomento a scelta dello studente seguito da alcune domande del docente.

Testi: H. Stefani, General Relativity, Cambridge Un. Press

Studio ed implementazione di alcuni algoritmi di geometric deep learning

Docente: Stefano Montaldo – montaldo@unica.it e Monica Musio mmusio@unica.it
Tipologia: Magistrale
CFU: 6 cfu
Prerequisiti: Statistica, Geometria 4, Analisi numerica

Programma:

1. Il problema della riduzione dimensionale
2. Introduzione al Manifold learning
3. L'algoritmo Umap e sue estensioni (Umap parametrico, Trimap, Pacmap): studio teorico e implementazione
4. Esempio di applicazione su alcuni dataset

Testi di riferimento:

- Y., Ma, Y., Fu - Manifold Learning Theory and Applications, CRC Press (2012)
- L., McInnes, J., Healy, J., Melville - UMAP: Uniform Manifold Approximation and Projection for Dimension Reduction, Journal of Open Sourse Softwere, 3 (29) 861 (2018)
- T., Sainburg, L., McInnes, T., Q Genter - Parametric UMAP: learning embeddings with deep neural networks for representation and semi-supervised learning, ICLR 2021
- Y., Wang, H., Huang, C., Rudin, Y., Shaposhnik - Understanding How Dimension Reduction Tools Work: An Empirical Approach to Deciphering t-SNE, UMAP, TriMAP and PaCMAP for Data Visualization, arXiv: 2012.04456v1 (2020)

Modalità di verifica: La prova si svolge tramite una presentazione orale

Introduzione all'inferenza causale

Docente: Monica Musio– mmusio@unica.it – tel. 070/6758532

Tipologia: Magistrale

CFU:6

Prerequisiti: Modelli Statistici

Obiettivi: Il corso introduce agli strumenti statistici necessari per la definizione, l'identificazione e la stima di effetti causali. In particolare, verranno presentati vari metodi della letteratura e discusse le assunzioni necessarie per l'analisi di dati sperimentali e osservazionali.

Programma:

- Considerazioni generali: studi osservazionali e sperimentali
- Le problematiche e le domande della statistica causale
- Contesto formale: modelli stocastici, strutturali e con variabili potenziali
- Scambiabilità e scambiabilità condizionata
- Indipendenza condizionata, DAG e loro interpretazione causale
- Calcolo degli effetti causali
- Fattori di confondimento e covariate sufficienti

Testi di riferimento: Dispense di A.P. Dawid "Fundamentals of Statistical Causality"

Modalità di verifica: Lo studente si prepara in maniera autonoma sul materiale didattico fornito dal docente. Il docente è disponibile per chiarimenti durante l'orario di ricevimento. La prova si svolge alla lavagna tramite l'esposizione di un argomento a scelta dello studente seguita da alcune domande del docente.

Statistica bayesiana 2

Docente: Monica Musio– mmusio@unica.it – tel. 070/6758532

Tipologia: Magistrale

CFU=6

Prerequisiti: Introduzione alla Statistica Bayesiana

Obiettivi: fornire alcune nozioni avanzate dell'impostazione bayesiana all'inferenza statistica, con particolare riguardo ai metodi computazionali e alla modellizzazione in ottica bayesiana.

Programma:

- Metodi computazionali
- La scelta del modello statistico: il fattore di Bayes, metodi MC e MCMC
- Il modello lineare
- Modelli lineari generalizzati
- I modelli gerarchici

Testi di riferimento: Dispense di Brunero Liseo, Introduzione alla statistica bayesiana

Modalità di verifica: Lo studente si prepara in maniera autonoma sul materiale didattico fornito dal docente. Il docente è disponibile per chiarimenti durante l'orario di ricevimento. La prova si svolge alla lavagna tramite l'esposizione di un argomento a scelta dello studente seguita da alcune domande del docente.

Metodi di regolarizzazione per problemi discreti malposti

Docente: Giuseppe Rodriguez

Tipologia: Magistrale

CFU=6

Prerequisiti
Conoscenze di base di Analisi Matematica, Algebra Lineare, Analisi Numerica, Programmazione. Frequenza del corso "Algoritmi Numerici e Applicazioni" o di un corso con programma equivalente.

Obiettivi
Apprendimento e capacità di applicazione delle metodologie analitiche e numeriche per l'analisi e la risoluzione di sistemi di equazioni lineari fortemente malcondizionati. Verranno analizzati modelli matematici, e più in generale problemi applicativi, che conducono a tali sistemi lineari. A fianco ad algoritmi per problemi di medie/piccole dimensioni, verranno trattati algoritmi per problemi a larga scala, e si daranno le basi dei metodi numerici per la soluzione di problemi nonlineari. Esercitazioni in laboratorio consentiranno di illustrare l'implementazione e l'efficacia delle tecniche studiate.

Programma
Il corso prevede un numero ridotto di ore di lezione durante le quali il docente discuterà con gli studenti gli argomenti del corso. Il programma verrà definito con precisione nel corso di questi incontri. Gli studenti interessati sono pregati di contattare il docente via posta elettronica all'indirizzo rodriguez@unica.it. Maggiori informazioni verranno rese disponibili sulla pagina web: http://bugs.unica.it/~gppe/

Testi di riferimento
P.C. Hansen, Rank-Deficient and Discrete Ill-Posed Problems, SIAM, 1998.

Ulteriore materiale verrà indicato durante il corso.

Modalità di verifica
Tesina e prova orale.

Sistemi dinamici

Docente: Cornelis van der Mee

Tipologia: Magistrale

CFU:6

Prerequisiti
Il corso presuppone una buona conoscenza degli argomenti di base dell'analisi matematica e dell'algebra lineare del primo biennio della laurea triennale.

Obiettivi
Far acquisire una conoscenza operativa delle equazioni differenziali non lineari alle derivate parziali di tipo stazionario ed evolutivo pertinenti alla fisica matematica, in particolare i sistemi dinamici e quelli integrabili.

Programma

- Equazioni di Hamilton: Richiami, esempi, impostazione simplettica, trasformazioni canoniche in forma simplettica, parentesi di Poisson e di Lagrange in forma simplettica, lagrangiana e hamiltoniano per i sistemi continui.
- Punti di equilibrio: Sistemi autonomi, derivata di Lie, classificazione dei punti di equilibrio, esempi (pendolo con dissipazione, ecc.).
- Stabilità secondo Liapunov: Definizione, stabilitàdelle soluzioni di y0=Ay, teoremi di Liapunov e di Perron, esempi (pendolo, pendolo più rotazione, oscillazioni smorzate, Lotka-Volterra).
- Stabilità dei sistemi discreti: cicli, teorema delle contrazioni, esempi (Newton-Raphson, mappa logistica, shift di Bernouilli, insieme di Mandelbrot, congettura di Collatz), biliardi, teorema di Sarkovskii.
- Biforcazioni e cicli-limite: Criterio di Bendixson, teorema di Poincaré-Bendixson, biforcazioni di Hopf, esempi (Van der Pol, modello logistico di Verhulst, oscillatore di Lorenz).
- Frattali: Insieme di Cantor e varianti, caratteristiche dei frattali, dimensione di Hausdorff.
- Equazioni integrabili: introduzione storica, coppie AKNS, inverse scattering transform per le equazioni di Korteweg-de Vries e Schroedinger non lineare, trasformazioni tra opportune equazioni integrabili.

Testi di riferimento
C. Lanczos, The variational Principle of Mechanics, fourth ed., Dover Publ., New York, 1970.

Appunti del docente (http://krein.unica.it/~cornelis/DIDATTICA/FISMAT2/fonfismat20.pdf).

C. van der Mee, Nonlinear Evolution Models of Integrable Type, SIMAI e-books, Vol. 11, 2013 (http://krein.unica.it/~cornelis/RICERCA/PAPERS/190.pdf).

Modalità di verifica
La valutazione avviene mediante un esame orale da condurre online utilizzando Microsoft Teams oppure in presenza.