Programmi dei corsi del
Corso di Laurea Triennale in
Matematica Applicata

Versione del 9 maggio 2005

Indice

Algebra	3
Algebra Computazionale	3
Algebra lineare con elementi di geometria	4
Algoritmi e Strutture dati	4
Analisi Matematica 1	5
Analisi Matematica 2	7
Approssimazioni numeriche	8
Calcolo numerico (con Laboratorio)	9
Complementi di Analisi	10
Dinamica dei Fluidi	11
Econofisica	13
Econometria dei mercati finanziari	14
Elaborazione digitale di immagini e suoni	14
Elementi di Algebra	14
Fisica 1	15
Fisica 2	16
Fondamenti della Matematica 1	18

Fondamenti della Matematica 2	19
Geometria	20
Geometria Computazionale	20
Grafica al Calcolatore	22
Informatica di base (precorso)	23
Logica	25
Logistica	25
Macroeconomia	26
Matematica di base (precorso)	27
Matematica per i Mercati Finanziari	28
Matematica per il Risk Management	29
Matematica per le Scelte Economico-Finanziarie	30
Metodi numerici per la soluzione di Equazioni Differenziali (con Laboratorio)	31
Microeconomia	32
Modelli matematici per la Biologia	34
Modelli matematici in Biomedicina	35
Nozioni di Biologia Generale: dalle molecole ai sistemi	36
Ottimizzazione	37
Politica economica	38
Probabilità e Statistica	38
Programmazione (con Laboratorio)	38
Ricerca Operativa	40
Sistemi Dinamici	41
Sistemi e segnali	42
Sistemi stocastici	43
Sviluppi del pensiero matematico	44

Algebra

Prerequisiti

Obiettivi formativi

Fornire conoscenze su strutture algebriche come anelli e campi, per successive applicazioni.

Programma del corso

- Anelli, sottoanelli e ideali. Anelli quoziente. Domini di integrità e domini euclidei.
- Polinomi e fattorizzazione.
- Campi. Estensioni algebriche e trascendenti.
- Campi finiti.
- Cenni sulla geometria del piano proiettivo e sulle curve algebriche.

Testi consigliati

Algebra Computazionale

Prerequisiti

Corsi di [Algebra](#) e [Programmazione \(con Laboratorio\)](#).

Obiettivi formativi

Fornire le basi teoriche per alcune delle principali applicazioni dell'algebra. Fra queste l'aritmetica intera e modulare per la crittografia; la teoria dei campi finiti per i codici a correzione di errore. Altri argomenti possono trovare impiego in ambiti di calcolo numerico (trasformate di Fourier rapide).

Durante il corso si farà largo uso di software di calcolo simbolico.

Programma del corso

- Algoritmi algebrici classici (mcd, primalità, calcolo di potenze in aritmetica modulare).
- Fattorizzazione di polinomi.
- Codici autocorrettori.
- Codici di Reed-Solomon.
- Trasformata di Fourier discreta e rapida (FFT); matrici circolanti e radici dell'unità.

Testi consigliati

Algebra lineare con elementi di geometria

Prerequisiti

Matematica di base.

Obiettivi formativi

Introdurre i fondamenti dell'Algebra lineare e alcune sue applicazioni, in particolare nell'ambito della Geometria e dell'Analisi.

Programma del corso

- Matrici e sistemi lineari: matrici, operazioni su matrici, sistemi di equazioni lineari, eliminazione di Gauss, inverse di matrici, fattorizzazione LU.
- Spazi vettoriali: definizione ed esempi, sottospazi, generatori. Dipendenza ed indipendenza lineare, basi, dimensione.
- Applicazioni lineari e matrici associate: composizione di applicazione lineari e moltiplicazione matriciale, cambiamento di base, nucleo e immagine di una applicazione lineare, rango di matrici, formula sulle dimensioni.
- Prodotto scalare e ortogonalità: prodotto scalare tra vettori, basi ortogonali e ortonormali, proiezioni ortogonali, algoritmo di Gram-Schmidt.
- Forme canoniche: autovalori ed autovettori, polinomio caratteristico, molteplicità geometrica e algebrica, criteri di diagonalizzazione. Forma canonica triangolare e teorema di Schur, matrici normali e teorema spettrale. Polinomio minimo e teorema di Cayley-Hamilton, forma canonica di Jordan e applicazioni.
- Cenni di geometria analitica dello spazio e sulle coniche: rette e piani nello spazio, sistemi di riferimento e coordinate, equazioni cartesiane e parametriche. Posizioni reciproche di rette e piani. Calcolo di distanze, aree, volumi ed angoli. Generalità sulle coniche nello spazio e loro classificazione.

Testi consigliati

- In preparazione.

Algoritmi e Strutture dati

Prerequisiti

Programmazione (con Laboratorio).

Obiettivi formativi

Nel corso vengono esaminati i concetti di base per la formulazione di soluzioni algoritmiche a problemi concreti. Vengono studiate soluzioni a problemi formulati in termini di strutture matematiche astratte (liste, code, grafi, ...) e vengono descritte metodologie per identificare i problemi astratti che più si addicono allo studio di un problema concreto. Gli algoritmi vengono valutati e confrontati in base alla quantità di risorse che richiedono. Il corso si concentra inoltre sul ruolo che ha lo studio delle strutture di dati nella formulazione e valutazione di nuovi algoritmi.

Programma del corso

- Complessità: complessità degli algoritmi, notazione asintotica, metodi di risoluzione delle equazioni di ricorrenza, analisi ammortizzata.
- Ordinamento e Selezione: insertion sort, merge sort, heap sort, quick sort, quick sort probabilistico. Studio della complessità degli algoritmi di ordinamento, limite inferiore dell'ordinamento per confronti. Algoritmi lineari, counting sort, radix sort, bucket sort. Algoritmi di selezione, minimo, massimo, selezione in tempo medio lineare, selezione in tempo pessimo lineare.
- Strutture dati: Code, pile, liste, heap, alberi binari di ricerca, alberi RB, heap binomiali, insiemi disgiunti, tecniche di estensione di una struttura dati.
- Grafi: definizione e rappresentazione di un grafo, visita in ampiezza, visita in profondità, ordinamento topologico, componenti connesse, alberi di copertura di costo minimo (Prim e Kruskal), cammini minimi a sorgente singola (Dijkstra e Bellman-Ford) e multipla (Floyd-Warshall e Johnson), flusso massimo (Ford-Fulkerson, Karp), matching massimale su grafo bipartito.

Testi consigliati

Analisi Matematica 1

Prerequisiti

Elementi di geometria analitica (equazioni di retta, parabola, circonferenza, ellisse, iperbole). Disequazioni di II grado. Regola di Ruffini. Binomio di Newton. Funzioni trigonometriche, esponenziale, logaritmo. Numeri naturali, principio di induzione. Numeri interi, razionali. Il sistema dei numeri reali: assioma di Dedekind, principio di Archimede, estremo superiore ed inferiore. Valore assoluto, disuguaglianza triangolare.

Obiettivi formativi

Nel corso vengono introdotti i concetti e le tecniche del calcolo differenziale ed integrale, enfatizzandone gli aspetti metodologico-applicativi rispetto agli elementi logico-formali, con l'obiettivo di fornire gli strumenti di base per affrontare

le problematiche scientifiche formalizzabili nel linguaggio della matematica del continuo.

Programma del corso

- Successioni e serie numeriche. Limite di una successione. Convergenza delle successioni monotone e limitate. Successioni definite per ricorrenza. Il numero e . Teorema della permanenza del segno, teorema dei due Carabinieri. Operazioni con i limiti, forme indeterminate. La funzione esponenziale, logaritmo. Funzioni trigonometriche, coordinate polari, formule di Eulero. Serie numeriche. Convergenza della serie geometrica. Criteri di convergenza per serie a termini positivi: condizioni necessarie, criterio del confronto, del confronto asintotico, di condensazione, del rapporto, della radice. Criterio di convergenza assoluta. Criterio di convergenza di Leibnitz. Convergenza delle serie di potenze. Continuità delle funzioni di una variabile. Sottoinsiemi di $\mathbb{R}$: intervalli aperti, chiusi. Punti di accumulazione. Limite di funzioni reali. Limiti notevoli. Nozione di o (“o piccolo”). Funzioni continue. Funzioni continue su un intervallo: teorema degli zeri, teorema di Bolzano-Weierstrass. Conseguenze del teorema degli zeri: teorema dei valori intermedi (l’immagine continua di un intervallo è un intervallo), le funzioni continue invertibili sono monotone, continuità della funzione inversa.
- Calcolo differenziale per funzioni di una variabile. Derivata di una funzione in un punto, significato geometrico, fisico. Continuità di una funzione derivabile. Derivate successive. Derivate delle funzioni elementari. Principali regole di derivazione. Tassi di crescita relativi e problemi applicati. Principio di Fermat. Teorema di Rolle. Teorema di Lagrange (del valor medio) e prime conseguenze. Problemi applicati di massimo e minimo. Regola di de l’Hopital e applicazioni. Formula di Taylor, resto in forma di Peano e di Lagrange. Sviluppo di Taylor delle funzioni elementari, applicazioni al calcolo dei limiti e allo studio qualitativo del grafico di una funzione. Serie di Taylor, funzioni analitiche. Teorema di derivazione (e integrazione) termine a termine per serie di potenze.
- Calcolo integrale per funzioni di una variabile. Il problema inverso della derivazione, integrale indefinito. Il problema delle aree, integrale definito: definizione e proprietà dell’integrale di Riemann. Integrabilità delle funzioni continue. Teorema della media integrale. Teorema fondamentale del calcolo integrale. Metodi di integrazione: per sostituzione, per parti. Integrazione delle funzioni elementari. Applicazioni al calcolo di lunghezze, aree, volumi. Convergenza degli integrali impropri: criterio del confronto, criterio di integrabilità assoluta. Criterio integrale di convergenza per una serie numerica a termini positivi.

Testi consigliati

- F. Conti et al., *Analisi Matematica, teoria e applicazioni*, Mc Graw-Hill, 2001.
- G. F. Simmons, M. Abate, *Calcolo differenziale e integrale*, Edizione 1, Mc Graw-Hill, 2001.

Analisi Matematica 2

Prerequisiti

Si richiede la conoscenza del programma dei corsi di [Analisi Matematica 1](#) ed [Algebra lineare con elementi di geometria](#).

Obiettivi formativi

Nel corso vengono approfonditi i concetti del calcolo differenziale ed integrale introdotti nel corso di Analisi Matematica 1, con l'obiettivo di completare la preparazione di base nella materia, e fornire inoltre alcuni prerequisiti specifici indispensabili per il prosieguo del corso di studi.

Programma del corso

- Serie di funzioni. Serie di potenze. Raggio di convergenza, sua caratterizzazione. Proprietà delle serie di potenze nell'intervallo di convergenza: derivabilità e integrabilità termine a termine. Funzioni analitiche, convergenza della serie di Taylor associata. Analiticità delle funzioni elementari. Convergenza puntuale ed uniforme, convergenza in media. Serie di Fourier: convergenza, disequaglianza di Bessel, identità di Parseval.
- Spazi metrici. Funzione distanza. Definizione di spazio metrico. Palle. Distanza indotta da una norma su uno spazio vettoriale. Esempi notevoli di norme su $\mathbb{R}^n$ e su $C^0([a, b])$.
- Limiti di successioni in spazi metrici. Funzioni continue tra spazi metrici, esempi in $\mathbb{R}^n$ e in $C^0([a, b])$: funzione integrale, trasformata di Laplace, trasformata di Fourier. Successioni di Cauchy, spazi metrici completi. Completezza di $\mathbb{R}^n$ e di $C^0([a, b])$. Il principio delle contrazioni in uno spazio metrico completo. Spazi di Hilbert, sistemi ortonormali completi, esempi.
- Equazioni differenziali. Il problema di Cauchy, problemi ben posti (esistenza, unicità, dipendenza continua dai dati iniziali). Teorema di Cauchy-Lipschitz di esistenza e unicità di soluzioni di problemi di Cauchy come applicazione del principio delle contrazioni. Integrazione di equazioni a variabili separabili. Integrazione dell'equazione di Bernoulli. Metodo della conservazione dell'energia per integrare $y'' = V'(y)$. Discussione qualitativa nello spazio delle fasi; soluzioni stazionarie, relazione con i punti critici di V . Equazioni differenziali lineari. Lo spazio vettoriale delle soluzioni dell'equazione omogenea, determinazione di una base nel caso a coefficienti costanti. Determinazione di una soluzione particolare dell'equazione non omogenea: metodo degli annihilatori, metodo della variazione dei parametri. Sistemi di n equazioni differenziali lineari a coefficienti costanti. Particolari metodi di risoluzione: riducibilità ad un'equazione di ordine n ; diagonalizzabilità del sistema omogeneo. Esponenziale di matrici. Discussione qualitativa nel piano delle fasi, stabilità delle soluzioni di equilibrio.

- Calcolo differenziale per funzioni di più variabili. Elementi di topologia di $\mathbb{R}^n$. Continuità e teorema di Weierstrass per funzioni di più variabili reali. Funzioni differenziabili. Continuità delle funzioni differenziabili. Derivate direzionali e parziali, rappresentazione del differenziale attraverso il gradiente. Teorema del differenziale totale. Ortogonalità del gradiente rispetto agli insiemi di livello, direzione di massima pendenza. Matrice Jacobiana. Funzioni a valori vettoriali, curve e superfici. Vettori tangenti ad una superficie parametrica in $\mathbb{R}^3$, vettore normale. Coordinate sferiche e cilindriche in $\mathbb{R}^3$. Derivate successive, teorema di Schwartz. Matrice Hessiana. Formula di Taylor, applicazione allo studio dei punti critici di una funzione regolare. Teorema delle funzioni implicite ed inverse. Derivate di funzioni implicite. Massimi e minimi vincolati, teorema dei moltiplicatori di Lagrange.
- Integrali multipli, curvilinei, superficiali. Definizione di integrale di una funzione di più variabili definita su di un rettangolo o su un dominio compatto a frontiera regolare. Integrabilità delle funzioni continue, integrazione iterata, formula di cambiamento di variabili. Volume dei solidi di rotazione, teorema di Pappo. Definizione di integrale curvilineo e di superficie e loro significato fisico. Lunghezza di una curva, area di una superficie. Rotore e divergenza di un campo vettoriale. Forme differenziali esatte e chiuse, lemma di Poincaré. Teorema di Stokes per forme, e suoi corollari per campi di vettori: teorema di Gauss-Green nel piano, teorema della divergenza e teorema di Stokes classico.
- Proprietà fondamentali delle trasformate di Laplace e di Fourier. Applicazioni all'analisi dei segnali e alla risoluzione di equazioni differenziali. Equazioni alle derivate parziali. Generalità, equazioni del primo ordine, equazioni di trasporto. Metodo delle caratteristiche. Equazioni lineari del secondo ordine: delle onde, del calore, di Laplace. Vari metodi di rappresentazione delle soluzioni (separazione di variabili, funzione di Green). Metodo di Galerkin.

Testi consigliati

- E. Giusti, *Analisi Matematica 2*, Boringhieri, 1983.
- F. Conti et al., *Analisi Matematica, teoria e applicazioni*, Mc Graw-Hill, 2001.
- T. Apostol, *Analisi 2*, Boringhieri.

Approssimazioni numeriche

Prerequisiti

Calcolo numerico (con Laboratorio).

Obiettivi formativi

Lo studente ha già esaminato nel corso di Calcolo numerico alcuni dei problemi e i relativi algoritmi per la soluzione di semplici problemi del continuo in maniera

discreta. L'obiettivo principale del corso è di approfondire altri campi in cui è necessario disporre di metodi di numerici efficienti e stabili per la soluzione di problemi non più solo unidimensionali e quindi più attinenti alla realtà delle applicazioni.

Programma del corso

- Interpolazione e approssimazione polinomiale di funzioni sia unidimensionali che bidimensionali. B-splines e curve di Bézier. Algoritmi di calcolo, algoritmi di inserimento di nodi, algoritmi di suddivisione, algoritmi di derivazione. Blossoming. Triangolazioni di Delaunay. Patch di Bézier.
- Trasformata di Fourier Rapida (o FFT).
- Approssimazione di dati col metodo dei minimi quadrati, sue varianti e applicazioni.
- Integrazione numerica nel caso multivariato: cubatura.
- Introduzione alle funzioni radiali di base e alle wavelets.

Testi consigliati

- Lezioni del docente a cui partecipare.

Calcolo numerico (con Laboratorio)

Prerequisiti

Sono propedeutici i corsi di [Matematica di base](#), [Analisi Matematica 1](#) e [Algebra lineare con elementi di geometria](#).

Obiettivi formativi

Nel corso vengono esaminati i problemi — ed i relativi algoritmi di risoluzione — più frequenti in campo numerico. Al di là dell'indispensabile bagaglio teorico, particolare enfasi è data all'aspetto algoritmico e più puramente numerico — sia dal punto di vista dell'implementazione e della complessità di calcolo che da quello della stabilità — con l'obiettivo di fornire allo studente, oltre alla necessaria conoscenza dei problemi, quella dose di sensibilità per il “numero” e di spirito critico che sempre dovrebbe essere presente sia in chi progetta che in chi utilizza applicazioni in questo campo.

Programma del corso

- Analisi degli errori. Errore assoluto ed errore relativo. Rappresentazione dei numeri. Numeri di macchina ed errori connessi. Le operazioni elementari. Algoritmi per il calcolo di una espressione. Errori di propagazione: analisi del primo ordine ed analisi differenziale, condizionamento e stabilità.

- Equazioni non lineari. Separazione degli zeri. I metodi di iterazione funzionale. Convergenza e criteri di arresto. Metodi particolari: bisezione, secanti, tangenti e corde. Le equazioni algebriche: schema di Horner, limitazione delle radici, proprietà del metodo delle tangenti.
- Sistemi di equazioni. Generalità. Metodi diretti: sostituzione in avanti ed all'indietro, fattorizzazione LU, fattorizzazione QR, eliminazione di Gauss senza e con pivoting. Metodi iterativi: i metodi di Jacobi e di Gauss-Seidel ed il metodo post-iterativo. Sistemi sparsi, a banda, sovra- e sotto-determinati ed omogenei. Cenni sui sistemi nonlineari.
- Autovalori ed autovettori. Richiami sulle proprietà fondamentali. Trasformazioni per similitudine: metodo di Householder e metodo di Gauss. Localizzazione degli autovalori: teorema di Hirsch e di Gershgorin. Metodi di calcolo degli autovalori: uso del polinomio caratteristico per matrici tridiagonali e di Hessenberg, metodo di Jacobi, metodo delle potenze e delle potenze inverse, metodo QR senza traslazione, con traslazione singola e con passo doppio di Francis. Cenni sulle matrici "companion" e radici complesse di un polinomio.
- Interpolazione di dati ed approssimazione di funzioni. Interpolazione polinomiale: interpolazione di Lagrange, algoritmo di Neville, polinomio di Newton. Stima dell'errore di approssimazione. Interpolazione polinomiale a tratti. Funzioni spline. Cenni sull'interpolazione trigonometrica. Il metodo dei minimi quadrati.
- Derivazione ed integrazione numerica. Derivazione numerica ed errori connessi; risoluzione numerica di semplici equazioni differenziali ordinarie del I e II ordine. Integrazione numerica: costruzione di una formula di quadratura di tipo interpolatorio, formule di quadratura di Newton-Cotes ed errori connessi, formule di Newton-Cotes composite.

Testi consigliati

- A. Pica, *Calcolo Numerico*, Società Editrice Esculapio, Bologna, 2a Edizione, 2001.
- Nello stesso testo è riportata, alla fine di ogni capitolo, la bibliografia utile ad eventuali approfondimenti.

Complementi di Analisi

Prerequisiti

Analisi Matematica 2 e **Geometria** (topologia).

Obiettivi formativi

Il corso intende fornire, nella prima parte, gli strumenti di analisi funzionale necessari per le applicazioni alla teoria ed all'analisi numerica delle equazioni alle derivate parziali (PDE). Nella seconda parte si studiano più in particolare alcune PDE classiche della fisica matematica: equazione delle onde, del calore e di Laplace.

Programma del corso

- Analisi funzionale ed applicazioni alle PDE. Richiami su spazi vettoriali topologici, metrici, normati, euclidei. Funzionali e operatori lineari. Convergenza debole. Distribuzioni. Convoluzione. Richiami sull'integrazione di Lebesgue (teoremi di convergenza). Spazi di Hilbert, proiezione ortogonale su un convesso chiuso. Spazio duale, teorema di rappresentazione di Riesz-Fréchet. Teoremi di Stampacchia e di Lax-Milgram. Sistemi ortonormali completi. Operatori compatti autoaggiunti, teorema spettrale. Spazi di Sobolev e formulazione variazionale dei problemi al contorno. In dimensione uno: problema di Sturm-Liouville, principio del massimo, decomposizione spettrale. Applicazione alle PDE ellittiche (equazione di Laplace, equazione di Poisson, equazioni in forma di divergenza): esistenza e unicità di soluzioni deboli per il problema di Dirichlet ed il problema di Neumann. Principio del massimo, disuguaglianza di Poincaré, operatori di traccia. Regolarità delle soluzioni deboli. Decomposizione spettrale. Il metodo di Ritz-Galerkin per l'approssimazione delle soluzioni, stime di quasi-ottimalità. Operatori massimali monotoni, applicazioni ai problemi di evoluzione. Equazione del calore: esistenza unicità e regolarità, principio del massimo. Equazione delle onde.
- Alcune PDE della Fisica Matematica. Equazioni lineari del secondo ordine: iperboliche, ellittiche, paraboliche. Equazione delle onde: equazione della corda vibrante, formula di d'Alembert di rappresentazione delle soluzioni, principio di Huygens, metodo di Fourier di separazione delle variabili. Oscillazioni di una membrana, principio di Duhamel. Equazione di Laplace e di Poisson. Funzioni armoniche, proprietà della media, principio del massimo. Rappresentazione delle soluzioni tramite funzione (nucleo) di Green. Equazione del calore: rappresentazione delle soluzioni tramite nucleo del calore. Relazione con i processi di diffusione. Equazioni di Maxwell.

Testi consigliati

- A. Kolmogorov, S. Fomin, *Elementi di teoria delle funzioni e di analisi funzionale*, edizioni MIR, I ed., 1980.
- H. Brezis, *Analisi funzionale. Teoria ed applicazioni*, Liguori ed.
- Dispense.

Dinamica dei Fluidi

Prerequisiti

[Analisi Matematica 1](#), [Analisi Matematica 2](#), [Complementi di Analisi](#). Si potrebbe svolgere in parallelo con il corso di [Metodi Numerici per la soluzione di Equazioni Differenziali \(con Laboratorio\)](#).

Obiettivi formativi

Obiettivi formativi: moderna introduzione alla dinamica dei fluidi, comprensiva di elementi di teoria della turbolenza, delle onde non lineari e di una introduzione alla magnetoidrodinamica.

Programma del corso

- Richiami generali sulle PDE e sulle PDE lineari classiche della fisica matematica.
- Mezzi continui: definizioni e terminologia. Descrizione Lagrangiana ed Euleriana. Teorema del trasporto di Jacobi. Equazione di conservazione della massa e della quantità di moto. Forze agenti nei mezzi continui. Teorema di Cauchy.
- Fluidi. Fluidi ideali: equazioni di Eulero. Fluidi reali: Equazioni di Navier-Stokes. Elementi di Idrodinamica piana.
- Flussi stazionari (equilibri) e stabilità. Stabilità lineare dei flussi stazionari. Alcuni esempi concreti. Fenomenologia della turbolenza.
- Onde lineari. Concetti generali. Suono. Onde di superficie. Fenomeni di propagazione ondosa non lineare. Esempi rilevanti. Soluzioni di tipo “onda solitaria”.
- Elementi di magnetoidrodinamica. Equazioni fondamentali e leggi di conservazione. Fenomenologia dei fenomeni di riconnessione magnetica e applicazioni alla fisica della corona solare e della magnetosfera terrestre.
- Applicazioni numeriche.

Testi consigliati

- K. Gustafson, *Introduction to Partial Differential Equations and Hilbert Space Methods*, Dover, 1980.
- A. Chorin, J. Marsden, *A Mathematical Introduction to Fluid Mechanics*, Springer, 1990.
- G. Gallavotti, *Foundations of Fluid Mechanics*, Springer, 2000.
- L. Landau, E. Lifshitz, *Fluid Mechanics*, Butterworth-Heinemann, 1987.
- S. Chandrasekhar: *Hydrodynamic and Hydromagnetic Stability*, Dover, 1981.
- D. Biskamp: *Nonlinear Magnetohydrodynamics*, Cambridge University Press, 1993.
- Dispense del docente.

Econofisica

Prerequisiti

Analisi Matematica 1, **Fisica1** (Termodinamica), **Probabilità e Statistica** e, se possibile, **Microeconomia**.

Obiettivi formativi

La fenomenologia dei fluidi in regime turbolento e l'analisi econometrica delle dinamiche dei prezzi in un mercato efficiente verranno utilizzate al fine di introdurre le nozioni di fenomeno dinamico collettivo, di intermittenza, di invarianza di scala. Verrà quindi discusso il paradigma statistico consistente per la comprensione e la descrizione di tali fenomeni: il principio di grandi deviazioni, la nozione di entropia e di equilibrio di un sistema di corpi (agenti) interagenti. Particolare enfasi verrà posta sulle ricadute applicative degli strumenti statistici introdotti nell'analisi dei sistemi economici, nella valutazione finanziaria e assicurativa e nel risk management.

Programma del corso

- Introduzione ai fenomeni dinamici critici: il modello di Kolmogorov per la turbolenza; la dinamica dei prezzi in un mercato efficiente: il modello di Bachelier, il dibattito tra Fama e Mandelbrot, la prova di Samuleson; la volatilità dei prezzi e la modellizzazione delle correlazioni temporali non lineari, modelli di mercato con agenti eterogenei e modelli a memoria lunga.
- L'approccio statistico ai fenomeni critici e il principio di grandi deviazioni: teorema del limite centrale, invarianza di scala e un modello per i fenomeni critici statici; i modelli gerarchici per i fluidi turbolenti e per la volatilità; il principio di grandi deviazioni; l'Entropia e l'approccio statistico al secondo principio della termodinamica; l'Entropia e la valutazione dei rischi finanziari e assicurativi; (cenni) l'equilibrio economico come equilibrio statistico: "agent based models".

Testi consigliati

- U. Frisch, *Turbulence*, Cambridge University Press, 1995.
- J. P. Bouchaud, M. Potters, *Theory of Financial Risk and Derivative Pricing. From Statistical Physics to Risk Management*, Cambridge University Press, 2003.
- G. Jona Lasinio, *Fenomeni critici* voce dell'Enciclopedia della Fisica Treccani, 1997.
- B. Mandelbrot, R. L. Hudson *The Misbehavior of Markets*, Basic Books, 2004.

Econometria dei mercati finanziari

Prerequisiti

Matematica: funzioni di più variabili, max e min con e senza vincoli, matrici. Probabilità e Statistica: vettori aleatori, valore atteso condizionale; distribuzioni campionarie, teoria degli stimatori, intervalli di confidenza, verifica di ipotesi.

Obiettivi formativi

Obiettivo del corso è fornire un'introduzione all'econometria con applicazioni in ambito finanziario.

Programma del corso

- Il modello di regressione lineare semplice e multipla e sua stima con il metodo dei minimi quadrati ordinari.
- Inferenza nel modello di regressione.
- Cenni di teoria delle distribuzioni limite.
- La diagnostica nel modello lineare: test di cambiamento di regime, test di corretta specificazione della media condizionale, test di corretta specificazione della varianza condizionale.
- Applicazioni: stima del "beta" di un titolo, inferenza sulla frontiera efficiente, misure di performance di un portafoglio.

Testi consigliati

- N. Cappuccio, R. Orsi, *Econometria*, Il Mulino, di prossima pubblicazione, disponibile come file PDF alla pagina web del corso.
- S. Pastorello, *Rischio e rendimento. Teoria finanziaria e applicazioni econometriche*, Il Mulino, 2001.
- Pagina web del corso: <http://dse.univr.it/lubian/didattica.htm>

Elaborazione digitale di immagini e suoni

Elementi di Algebra

Prerequisiti

Matematica di base.

Obiettivi formativi

Apprendimento di alcune strutture algebriche di base.

Programma del corso

- Numeri naturali; divisione e MCD; teorema di Bezout.
- Relazioni e applicazioni; relazioni d'ordine e reticoli; relazioni di equivalenza, classi d'equivalenza e insiemi quoziente.
- Semigrupperi e loro omomorfismi.
- Gruppi; teorema di Lagrange; gruppi di permutazioni; ordine degli elementi; gruppi ciclici.

Testi consigliati

- Dispense del docente.

Fisica 1

Prerequisiti

Si presuppone che lo studente abbia familiarità con gli argomenti di matematica e di geometria svolti nei corsi della scuola media superiore e si consiglia la frequenza simultanea del corso di [Analisi Matematica 1](#).

Obiettivi formativi

Scopo del corso è la presentazione dei fondamenti del metodo sperimentale, della meccanica classica del punto materiale e della termodinamica. Il corso è integrato da esercitazioni numeriche e da elementi di calcolo vettoriale.

Programma del corso

- Grandezze Fisiche. Grandezze fondamentali e grandezze derivate. Il Sistema Internazionale. Cenni di analisi dimensionale. Sistemi di riferimento. Grandezze scalari e grandezze vettoriali. Somma, sottrazione e prodotto tra vettori.
- Cinematica del punto materiale. Moto in una dimensione. Velocità media e velocità istantanea. Equazione oraria del moto. Moto uniforme, moto uniformemente accelerato, caduta dei gravi. Cenni di moto in due dimensioni. Moto di un proiettile e cenni di balistica. Moto circolare uniforme. Accelerazione radiale e tangenziale e loro relazione scalare. Moti relativi.
- Dinamica del punto materiale. Massa e densità. Concetto di forza. Sistemi inerziali. Le leggi della dinamica. Peso di un corpo. Forze conservative e forze dissipative. Forze costanti e forze variabili. Forze di natura elastica, Legge di Hooke. Lavoro di una forza nel caso unidimensionale. Sia per forze costanti che per forze variabili. Energia cinetica. Forze conservative. Energia potenziale. Teorema dell'energia cinetica. Potenza. Teorema di conservazione dell'energia.

- Sistemi di particelle. Centro di massa di un corpo. Velocità ed accelerazione del centro di massa. Impulso e quantità moto. Forze interne e forze esterne. Sistemi isolati. Conservazione della quantità di moto. Urti elastici ed anelastici.
- Cinematica e dinamica rotazionale. Variabili angolari. Relazioni tra variabili angolari e variabili lineari. Equazioni cinematiche di un punto materiale in rotazione attorno ad un asse fisso. Momento di una forza e momento risultante di un sistema di forze. Momento d'inerzia di un punto materiale. Energia cinetica rotazionale. Momento angolare di un punto materiale. Sistemi isolati e conservazione del momento angolare.
- Oscillatore armonico. Cinematica del moto armonico semplice. Forza ed energia nel moto armonico semplice. Dinamica del moto armonico semplice.
- Statica dei fluidi. Concetto di pressione. Densità. Pressione esercitata da una colonna di fluido. Legge di Stevino. Il barometro di Torricelli. La pressione atmosferica. Principio di Pascal. Principio di Archimede e la spinta archimedeana.
- Termometria e Calorimetria. Temperatura di un corpo e sua misura. Le leggi della dilatazione termica. La dilatazione termica dei solidi dei liquidi e dei gas. Termometri e scale termometriche. Termometri a gas. Scala termodinamica assoluta. Il kelvin. Il gas perfetto e sua equazione di stato. Cenni di teoria cinetica dei gas perfetti. Calore specifico e capacità termica. Equazione fondamentale della Calorimetria. Cambiamenti di stato e calori latenti.
- I principi della termodinamica. Sistemi termodinamici. Il primo principio della termodinamica. Trasformazioni isoterme, isocore, isobare ed adiabatiche di un gas perfetto. Il secondo principio della termodinamica. Macchine termiche. Rendimento di una macchina termica. Ciclo di Carnot. Macchina termica ideale. Trasformazioni reversibili ed irreversibili.

Testi consigliati

- D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, *Fondamenti di FISICA*, Edizione 4, Casa Editrice Ambrosiana, 2001.
- D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, *Fondamenti di Fisica: Vol. I - Meccanica, Termologia; Vol. II - Elettrologia, Magnetismo, Ottica*, Edizione 5, Casa Editrice Ambrosiana, 2001.

Fisica 2

Prerequisiti

[Analisi Matematica 1](#) e [Fisica 1](#). Consigliato [Analisi Matematica 2](#).

Obiettivi formativi

Scopo del corso è completare le conoscenze acquisite nel Corso di Fisica 1 per quanto riguarda l'elettromagnetismo, i fenomeni ondulatori in generale e le onde elettromagnetiche in particolare.

Programma del corso

- Campo elettrico e potenziale elettrico. La carica elettrica. La Legge di Coulomb. Campo elettrico e principio di sovrapposizione. Potenziale elettrico. Teorema di Gauss per il campo elettrico come una delle equazioni di Maxwell (in forma integrale). Determinazione di campi elettrici e potenziali elettrici per distribuzioni di carica date. Condensatori ed energia immagazzinata in un campo elettrico. Circuiti lineari. Leggi di Kirchoff.
- Campi magnetici e induzione elettromagnetica. Correnti elettriche e campi magnetici: Campo magnetico generato da correnti (I legge di Laplace) e da cariche in moto; forza esercitata su correnti (II legge di Laplace) e su cariche in moto (Forza di Lorentz), unità di misura del campo magnetico. Applicazioni della I legge di Laplace alla determinazione di campi magnetici generati da correnti. Interazione magnetica tra due fili. Definizione di Ampere e di Coulomb. Teorema di Ampere: enunciato e applicazioni alla determinazione di campi magnetici. Teorema di Gauss per il campo magnetico come una delle equazioni di Maxwell (in forma integrale). Induzione magnetica: Forza elettromotrice mozionale come conseguenza della forza di Lorentz e come derivata del flusso del campo magnetico; forza elettromotrice dovuta a campo magnetico variabile nel tempo; circuitazione del campo elettrico e derivata del flusso del campo magnetico: terza legge di Maxwell (legge di Faraday-Henry, in forma integrale). Autoinduzione: solenoide ed energia immagazzinata in un campo magnetico. Quarta equazione di Maxwell (legge di Ampere-Maxwell, in forma integrale): circuitazione del campo magnetico e derivata del flusso del campo elettrico.
- Generalità sulle onde e onde elettromagnetiche. Onde: Definizioni: onde impulsive, treni d'onde, onde periodiche; onde unidimensionali o piane; profilo di un'onda; velocità di propagazione di un'onda impulsiva, di un treno d'onde e di un'onda periodica; lunghezza d'onda periodo e frequenza di un'onda periodica. Onde unidimensionali che si propagano a velocità definita e senza distorsioni: equazione delle onde. Onde armoniche: velocità e frequenza, lunghezza d'onda e numero d'onda, modi di scrivere le onde armoniche. Principio di sovrapposizione. Importanza delle onde armoniche per l'analisi di Fourier. Dispersione. Intensità di un'onda e impedenza del mezzo. Onde meccaniche: onde in una corda, onde acustiche e onde sonore, velocità di propagazione ed equazione delle onde. Intensità di un'onda armonica meccanica. Onde elettromagnetiche: Ripresa delle quattro equazioni di Maxwell. Esistenza di onde elettromagnetiche piane con campi elettrico e magnetico perpendicolari tra loro: equazione delle onde elettromagnetiche piane nel vuoto e in un mezzo. Relazione tra campo magnetico e campo elettrico: verifica per onde piane monocromatiche.

Velocità delle onde elettromagnetiche nel vuoto e in un mezzo. Indice di rifrazione. Intensità delle onde elettromagnetiche ed energia trasportata dalle onde elettromagnetiche. Impedenza del vuoto. Polarizzazione delle onde elettromagnetiche. Spettro delle onde elettromagnetiche. Regione del visibile. Propagazione delle onde alla superficie di separazione tra due mezzi: riflessione e rifrazione: Proprietà cinematiche e proprietà dinamiche: angolo di incidenza, di riflessione e di rifrazione; condizione di continuità e conservazione dell'energia: ampiezze e intensità riflesse e trasmesse per incidenza normale. Riflessione e rifrazione per le onde elettromagnetiche: legge di Snell, riflessione totale, ampiezze e intensità riflesse e trasmesse per incidenza normale nel caso delle onde elettromagnetiche, possibile inversione di fase del campo elettrico per riflessione. Interferenza: Interferenza tra onde piane sinusoidali monocromatiche ed equipolarizzate: dipendenza della intensità dallo sfasamento, dipendenza dello sfasamento dalla differenza di cammino ottico, massimi e minimi di interferenza. Interferenza tra due onde elettromagnetiche: onde riflesse da lamine sottili: massimi e minimi di interferenza; esperimento di Young: approssimazione raggi paralleli, posizione dei massimi di interferenza, distribuzione dell'intensità.

- Breve introduzione alla Meccanica Quantistica. Quantizzazione della luce: radiazione di corpo nero, effetto fotoelettrico; quantizzazione della materia: spettri atomici di emissione e assorbimento, modello di Bohr per l'atomo di idrogeno, esperimento di Stern-Gerlach; comportamento ondulatorio della materia: relazione di De Broglie. Principio di indeterminazione.

Testi consigliati

- M. Alonso, E. J. Finn, *Elementi di Fisica per l'Università: Vol. II - Onde e Campi*, Edizione 2, Masson S.p.A., 1982.
- E. Hecht, *Fisica 2*, Edizione 1, Zanichelli, 1999.

Fondamenti della Matematica 1

Prerequisiti

Matematica di base, [Sviluppi del pensiero matematico](#), [Analisi Matematica 1](#), [Algebra lineare con elementi di geometria](#).

Obiettivi formativi

Sviluppare un atteggiamento critico e consapevole sulle varie visioni della matematica. Dare significato alle nozioni fondamentali della matematica, analizzando quali problemi vogliono affrontare e cogliendone, in particolare, motivazioni e portata. L'analisi dei significati si collegherà al problema dell'applicabilità delle teorie matematiche. Prima parte.

Programma del corso

- Visione greca della scienze: scire per causas. Digressione sulla nozione di causalità. Matematica come prototipo di scienza deduttiva. Elementi di

Euclide come paradigma di sistema assiomatico. Il metodo di esaustione. Problema dell'infinito. Difficoltà del punto di vista greco. Paradossi di Zenone.

- Rappresentazione degli enti matematici e calcolo. La nozione di determinismo. Tempo e spazio assoluti.
- Crisi dei fondamenti della geometria. Nuovo ruolo degli assiomi. Scienza ipotetica deduttiva. Tempo e spazio relativi.
- Riduzionismo. Problema della consistenza. Formalismo. Matematica è scoperta o costruzione?
- Neoplatonismo, costruttivismo.

Testi consigliati

- Casari, *Questioni di filosofia della matematica*.
- Lolli, *Filosofia della matematica*.
- Altre letture consigliate dal docente.

Fondamenti della Matematica 2

Prerequisiti

Fondamenti della Matematica 1. Possibilmente **Logica**.

Obiettivi formativi

Sviluppare un atteggiamento critico e consapevole sulle varie visioni della matematica. Dare significato alle nozioni fondamentali della matematica, analizzando quali problemi vogliono affrontare e cogliendone, in particolare, motivazioni e portata. L'analisi dei significati si collegherà al problema dell'applicabilità delle teorie matematiche. Seconda parte.

Programma del corso

- Autoriferimento e nuova crisi dei fondamenti.
- Problema della trasmissibilità dei concetti attraverso il linguaggio. Definizioni esplicite e nozioni primitive. Definizioni implicite e loro difficoltà. Ulteriore revisione del metodo assiomatico. Sintassi e semantica. Il calcolo logico. Dimostrare e argomentare. Linguaggio e metalinguaggio.
- Il problema delle potenzialità e limiti di un linguaggio formale. La nozione di struttura. Linguaggio formale adatto a descrivere una struttura. Le ipotesi accettate. Calcolo logico. Potenzialità del linguaggio logico: completezza. Limiti del linguaggio logico: non categoricità. Ridursi al formalismo: esigenza di effettività, non completezza e non dimostrabilità della coerenza.

- Oltre il linguaggio. Come cogliere e trasmettere concetti non precisabili linguisticamente. I problemi della oggettività, certezza e rilevanza delle conoscenze matematiche. Significato personale e soggettivo per aspetti. Confronto intersoggettivo e nozioni convenzionalmente accettate. Rapporto tra le nozioni personali e quelle convenzionali. Assiomi che colgono aspetti e assiomi formali. Sviluppo oggettivo e certo a partire da questi. Recupero dei significati delle nozioni matematiche. Esempificazioni: insiemi, numeri, continuità, rapporto discreto continuo, la nozione di effettività.

Testi consigliati

- Casari, *Questioni di filosofia della matematica*.
- Lolli, *Filosofia della matematica*.
- Altre letture consigliate dal docente.

Geometria

Prerequisiti

Obiettivi formativi

Fornire basi adeguate per il ragionamento geometrico astratto.

Programma del corso

- Topologia degli spazi metrici. Continuità di applicazioni. Compattezza per successioni, connessione e connessione per archi.
- Geometria analitica del piano e riduzione delle coniche a forma canonica.
- Geometria analitica dello spazio e classificazione delle quadriche.
- Curve e superfici nello spazio: formule di Frenet-Serre, prima e seconda forma fondamentale; curvatura di Gauss, curvatura normale e curvatura geodetica di curve su superfici.

Testi consigliati

Geometria Computazionale

Prerequisiti

Agli studenti si richiede che preferibilmente abbiano sostenuto gli esami di **Geometria**, di **Programmazione (con Laboratorio)** e di **Algoritmi e Strutture Dati**.

Obiettivi formativi

La Geometria Computazionale studia algoritmi che risolvono problemi geometrici. Ha molte applicazioni in Informatica, Ingegneria e Matematica, tra le quali citiamo grafica, robotica, progetto di circuiti VLSI, CAD, ricerca operativa e statistica. Queste aree applicative forniscono problemi di natura geometrica per i quali è necessario sviluppare algoritmi efficienti. Dal punto di vista teorico lo studio della complessità degli algoritmi geometrici è interessante in quanto mette in luce la inerente difficoltà dei problemi. I problemi tipici sono: calcolo del guscio convesso, problemi di prossimità, ricerca geometrica, intersezioni. Alla conclusione del corso lo studente avrà acquisito padronanza degli strumenti della disciplina e sarà in grado di applicarli alla soluzione di problemi formulati in contesti diversi (sia durante il corso degli studi che nella attività lavorativa), anche attraverso la programmazione al calcolatore. Pur mantenendo sempre un taglio applicativo, con lo scopo di motivare la rilevanza dei problemi affrontati, non verrà mai trascurato l'aspetto formale sia nello sviluppo degli strumenti geometrici che nell'analisi della complessità computazionale.

Programma del corso

- Introduzione.
- Operazioni di test elementari: area segnata di un triangolo.
- Poligoni e triangolazioni: poligoni semplici, poligoni convessi, triangolazione, applicazioni (teorema della galleria d'arte).
- Involuppo convesso nel piano: algoritmi (Graham's scan, Quickhull, Jarvi's march), applicazioni.
- Intersezione di segmenti: algoritmo plane sweep, applicazioni.
- Triangolazioni di Delaunay: triangolazioni di un insieme di punti, triangolazioni di Delaunay, algoritmi, applicazioni.
- Problemi di prossimità: ricerca dei punti più vicini, algoritmo di Shamos, applicazioni.
- Diagrammi di Voronoi: algoritmi, applicazioni (problema dell'ufficio postale).
- Localizzazione di un punto: rispetto ad un poligono (poliedro), rispetto ad una suddivisione poligonale del piano.
- Intersezioni: di rette e poligoni (poliedri), di poligoni (poliedri), applicazioni.
- Ricerca geometrica: range search e strutture dati (k-d Tree).
- Altre strutture dati geometriche: Interval Trees, Priority Search Trees, Segment Trees, applicazioni (windowing).
- Alberi BSP: costruzione, applicazioni (algoritmo del pittore).
- Quadrees: costruzione, applicazioni (maglie non uniformi).
- Grafi di visibilità: costruzione, applicazioni.

Testi consigliati

- M. de Berg et al., *Computational Geometry*, 2nd edition, Springer, 1999.
- J. O'Rourke, *Computational Geometry in C*, 2nd edition, CUP, 1998.
- F. Preparata, M. Shamos, *Computational Geometry. An Introduction*, Springer, 1985.

Grafica al Calcolatore

Prerequisiti

[Analisi Matematica 1](#), [Algebra lineare con elementi di geometria](#), [Algoritmi e Strutture dati](#).

Obiettivi formativi

Aristotele affermava che non c'è pensiero senza le immagini, ed è infatti evidente che le immagini hanno un ruolo di primo piano nel pensiero astratto (non a caso si parla di *immaginazione*). Si intuisce quindi l'importanza della componente visuale nella interazione tra uomo e calcolatore: in questa interazione l'apparato visivo umano interpreta immagini generate dal calcolatore. La grafica al calcolatore si occupa di produrre queste immagini. Il corso mira a fornire allo studente gli strumenti indispensabili a comprendere gli algoritmi ed i metodi computazionali su cui si basano molte delle applicazioni grafiche interattive. L'enfasi è sulla programmazione e sulla comprensione dei meccanismi (geometria, radiometria) che consentono di creare immagini al calcolatore, piuttosto che sull'impiego di strumenti di modellazione. Il corso si collega idealmente a quelli di Elaborazione di Immagini e Suoni, Interazione Uomo Macchina, Psicologia della Percezione e Visione Computazionale, assieme ai quali copre una porzione rilevante di quella disciplina che va sotto il nome di *Visual Computing*.

Programma del corso

- Introduzione alla grafica (2h). Grafica al calcolatore, paradigmi. Schema di una applicazione grafica. Cosa vedremo e cosa non vedremo nel corso. Informazioni generali
- Fondamenti matematici (3h). Spazi vettoriali ed affini. Matrici e Trasformazioni
- Elementi di geometria computazionale (7h). Operazioni di test elementari. Involuppo convesso: Graham's scan, Quickhull, Jarvi's march. Intersezione di segmenti: plane sweep. Triangolazioni: generica e di Delaunay (GKS). Problemi di prossimità: algoritmo di Shamos, diagrammi di Voronoi. Ricerca geometrica: localizzazione di un punto, range search (kd tree). Strutture dati geometriche: Quadtree ed Octree, BSP tree
- Modellazione tridimensionale (4h). Maglie (mesh) poligonali. Superfici parametriche (cenni). Geometria solida costruttiva (cenni). Suddivisione spaziale (cenni).

- Rendering ed Illuminazione (2h). Introduzione al rendering: ray casting. Equazione della radianza: BRDF, soluzioni approssimate.
- Modelli di Illuminazione (3h). Modello di Phong. Modello di Cook-Torrance (cenni). Tipi di luci. Ray tracing. Radiosity.
- Pipeline Reendering (4h). Trasformazioni geometriche. Clipping. Rimozione delle superfici nascoste: object-space, image-space. Scan conversion. Shading: Flat, Phong e Gouraud. La rendering pipeline di OpenGL.
- Tecniche di mappatura (2h). Texture mapping. Bump mapping.
- Fotorealismo (2h). Mappe di riflessione. Light map. Ombre geometriche. Trasparenza
- Visualizzazione dei dati (2h). Rendering volumetrico. Estrazione di iso-superfici
- Tecniche avanzate (1h). Da definire in base agli interessi.
- Esercitazioni di laboratorio (12 h). Introduzione alla programmazione in OpenGL (12h).

Testi consigliati

- R. Giannitrapani, A. Fusiello, *Dispense del corso di Grafica al Calcolatore*.
- S. R. Buss, *3-D computer Graphics. A Mathematical Introduction with OpenGL*, Cambridge University Press, 2003.
- E. Angel, *Interactive Computer Graphics with OpenGL*, third edition, Addison Wesley, 2003.
- A. Watt, *3D Computer Graphics*, 3rd edition, Addison-Wesley 2000.

Informatica di base (precorso)

Prerequisiti

Nessuno: corso di base.

Obiettivi formativi

Il corso tratta a livello elementare alcuni aspetti generali e introduttivi dell'informatica e inoltre introduce lo studente alle attività.

Programma del corso

Teoria.

- Operazioni e Algoritmi Classi, Sequenze, Relazioni, Operazioni, Funzioni, Predicati. Diagrammi operatori. Calcoli e Algoritmi.

- Espressioni e Comandi Espressioni operatorie e calcoli di valutazione. Espressioni condizionali, lambda-espressioni. Comandi e costrutti di controllo.
- Istruzioni e Programmi Spazi di dati. Calcolo simbolico e calcolo imperativo. Programmi, Macchine e Automi. Programmi a registri. Linguaggi procedurali ad alto livello.
- Circuiti e Macchine Funzioni booleane e circuiti combinatori. Circuiti sequenziali. Circuiti di trasferimento e sincronizzazione. Struttura di una macchina von Neumann e ciclo di esecuzione.
- Dati e Tipi Grafi e alberi. Stringhe, Vettori e Liste. Memorie indirizzabili e memorie sequenziali. File. Record e Puntatori.
- Simboli e Codici Caratteristiche dell'informazione digitale. Misure informative. Codici e alberi di codifica. Codice ASCII e UNICODE. Codici istantanei. Algoritmo di Huffman. Entropia informativa.
- Automi e Linguaggi Linguaggi e operazioni su linguaggi. Automi a stati finiti. Espressioni regolari. Calcolabilità, semidecidibilità e decidibilità. Macchine di Turing, tesi di Church e indecidibilità. Complessità di calcolo.
- Sistemi operativi Livelli di programmazione. Funzioni e struttura di un sistema operativo. Nucleo di sistema. Struttura di un file system. Linguaggi di comandi. Applicazioni di base. Interfacce grafiche.
- Reti e Servizi Livelli di rete. Risorse e Indirizzi. Servizi e Protocolli. Modello Client-server (HTTP, SMTP). Testi, Formati, Iper-testi. Modalità di accesso e di uso dei servizi. Sistemi di autenticazione e di protezione.

Laboratorio.

- Comandi basilari di un sistema operativo tipo Unix. Formato dei comandi di Shell. Accesso al sistema, identificazione, autenticazione. Parametri di configurazione e modalità di interazione.
- Comandi Shell su file testuali e text editing di base.
- Struttura e uso del file system.
- Elementi di programmazione della Shell.
- Servizi client/server di base: FTP, login remoto e loro versioni sicure.
- Struttura e usi di comandi multimediali.
- Struttura e usi dei principali servizi di rete.

Testi consigliati

Da definirsi.

Logica

Prerequisiti

Matematica di base e un minimo di maturità matematica.

Obiettivi formativi

L'esistenza stessa dell'informatica dipende dalla capacità di rappresentare adeguatamente nozioni ed elaborarle attraverso opportune trasformazioni delle loro rappresentazioni. Detto altrimenti l'informatica dipende dalle distinzioni e legami tra semantica e sintassi. Lo scopo di questo insegnamento è l'evidenziazione e lo studio del rapporto tra semantica e sintassi, mettendo in luce potenzialità e limiti dei linguaggi formali.

Programma del corso

Richiami a strutture, linguaggi formali del primo ordine, definizione base di verità in una realizzazione, soddisfacibilità, validità, conseguenza logica. Il problema del controllo sintattico della soddisfacibilità. Alberi di confutazione per l'analisi delle formule a blocchi. Insiemi di Hintikka. Teoremi di validità, di completezza e di compattezza rispetto agli alberi di confutazione. Teoremi di Lowenheim Skolem. Categoricità e alfa categoricità. Paradosso di Skolem. Linguaggi numerabili e alberi per l'analisi delle formule una ad una. Cenni alla deduzione naturale. Deduzione alla Hilbert. Teorema di deduzione. Insiemi massimali consistenti. Insiemi di Henkin. Teoremi di validità e completezza per la deduzione alla Hilbert.

Testi consigliati

- B. Machover, *A course in Mathematical Logic*, North Holland.
- Note del docente.

Logistica

Prerequisiti

Ricerca Operativa e **Ottimizzazione**.

Obiettivi formativi

Il corso si propone di presentare e analizzare la struttura ed il funzionamento dei sistemi logistici nonché di proporre i principali modelli per il loro studio e simulazione al fine di verificarne l'ottima configurazione. L'utilizzo di fogli elettronici e sistemi automatici vocati faciliteranno l'apprendimento delle metodologie e della modellistica proposte.

Programma del corso

- Struttura e funzionamento dei Sistemi Logistici: la catena logistica, obiettivi di gestione.
- Metodi e modelli di previsione della domanda: modelli stocastici, modelli basati sull'analisi delle serie temporali, le catene di Markov.
- Modelli di struttura logistica di un'impresa e modelli per la pianificazione della localizzazione dei nodi logistici.
- Le file d'attesa/code e i modelli di gestione delle code.
- PERT e CPM.
- Modelli di gestione dei trasporti e di assegnazione di attività da svolgere a risorse disponibili.
- Modelli di gestione della produzione-distribuzione: dimensionamento dei centri di produzione-distribuzione, aree di stoccaggio, lotti; modelli per il caricamento dei mezzi di trasporto e il trasbordo.
- Modelli deterministici e stocastici di gestione delle scorte/magazzino: gestione di un punto di stoccaggio; gestione di più punti di stoccaggio.
- Modelli per la gestione delle code.
- Esempificazioni.

Testi consigliati

- G. Ghini, R. Musmanno, *Modelli e metodi per l'organizzazione dei sistemi logistici*, Pitagora, 2000, Collocazione: Dipartimento di Economia Aziendale: DEA MKT 64.
- R. E. Markland, *Topics in Management Science*, Wiley, NY, ultima edizione.

Macroeconomia

Prerequisiti

Nessuno.

Obiettivi formativi

La Macroeconomia studia gli effetti sull'economia nazionale e globale delle scelte che compiono gli individui, le imprese e gli operatori pubblici. Il corso intende fornire allo studente le basi per interpretare la realtà economica internazionale.

Programma del corso

- Il breve periodo. Il mercato dei beni. I mercati finanziari. I mercati dei beni e delle attività finanziarie: il modello IS-LM.
- Il medio periodo. Il mercato del lavoro. Un'analisi di equilibrio generale: il modello AS-AD. La curva di Phillips. Inflazione, produzione e crescita della moneta.
- Il lungo periodo. Crescita: i fatti principali. Risparmio, accumulazione di capitale e produzione. Progresso tecnologico e crescita. Progresso tecnologico, salari e disoccupazione.
- Economia aperta. I mercati dei beni e i mercati finanziari in economia aperta. Il mercato dei beni in economia aperta.

Testi consigliati

- O. Blanchard, *Scoprire la macroeconomia - I. Quello che non si può non sapere*, Bologna, Il Mulino, 2003.

Matematica di base (precorso)

Prerequisiti

Nessuno: corso di base.

Obiettivi formativi

Introduzione ad alcuni argomenti e concetti matematici basilari.

Programma del corso

- Insiemi: definizioni ed esempi, distinzione tra classi e insiemi, appartenenza e inclusione, operazioni con gli insiemi, sottoinsiemi e insieme potenza.
- Relazioni e funzioni: proprietà delle relazioni, relazioni d'ordine e relazioni d'equivalenza, classi d'equivalenza. Funzioni e loro proprietà, funzioni totali, iniettive, suriettive e biiettive. Composizione di funzioni e funzione inversa.
- Cardinalità: insiemi finiti e infiniti, insiemi numerabili. Cardinalità dell'insieme dei numeri interi e razionali. Cardinalità non numerabili, cardinalità dell'insieme potenza e dell'insieme dei numeri reali.
- Principio di induzione.
- Elementi di logica: strutture e linguaggi, termini e formule, quantificatori. Interpretazione di un termine o di una formula in una realizzazione. Validità, conseguenza logica e soddisfacibilità.

Testi consigliati

- In preparazione.

Matematica per i Mercati Finanziari

Prerequisiti

È considerato insegnamento propedeutico obbligatorio il corso di [Matematica per le Scelte Economico-Finanziarie](#).

Obiettivi formativi

Il corso intende fornire allo studente gli strumenti quantitativi di base applicati nell'analisi moderna dei mercati obbligazionari e dei titoli derivati.

Programma del corso

- Valutazione di titoli obbligazionari e struttura per scadenza dei tassi di interesse. Curva dei rendimenti. Valore attuale. Titoli obbligazionari zero coupon. Titoli obbligazionari a tasso fisso. Tasso interno di rendimento. Determinazione della curva dei rendimenti. Misure di sensitività dei prezzi obbligazionari. Duration. Duration modificata. Convessità. Principi di immunizzazione del rischio di tasso di interesse in portafogli obbligazionari. Struttura per scadenza dei tassi di interesse. Tassi a pronti. Determinazione della struttura per scadenza dei tassi. Teorema di non arbitraggio. Tassi a termine. Titoli obbligazionari a tasso variabile. Metodo bootstrap.
- Valutazione di titoli derivati. Introduzione ai derivati. Definizione di contratto forward e di contratto di opzione. Operatori: hedgers e speculatori. Determinazione dei prezzi forward e dei prezzi futures. Specificazione dei contratti futures. Depositi di garanzia e marking-to-market. Prezzo forward e prezzo di consegna. Prezzi forward di titoli con e senza dividendi/cedole. Futures su indici azionari. Forwards e futures su valute. Swaps. Swaps su tassi di interesse. Principio del vantaggio comparato e valutazione. Swaps su valute. Proprietà fondamentali delle opzioni. Tipi di opzione. Attività sottostanti. Fattori che influenzano i prezzi delle opzioni. Limiti superiori e inferiori per il prezzo delle opzioni. Put-call parity. Valutazione di opzioni mediante alberi binomiali. Modello binomiale a uno stadio. Valutazione neutrale verso il rischio. Alberi binomiali a due stadi. Delta. Modello Black-Scholes.

Testi consigliati

Parte 1 (Valutazione di titoli obbligazionari e struttura per scadenza dei tassi di interesse):

- dispensa a cura del docente, scaricabile dal sito web del corso.

Parte 2 (Valutazione di titoli derivati):

- J. HULL, *Fondamenti dei mercati dei futures e delle opzioni*, (IV edizione). Il Sole 24 Ore, Milano, 2002 (capitoli 1, 2, 3, 6, 7, 8, 10, 11).

- Sito web del corso: <http://dse.univr.it/berardi/mmf/mmf.htm>

Matematica per il Risk Management

Prerequisiti

Per il grado di preparazione statistico-matematica richiesto dagli argomenti trattati, è consigliabile frequentare il corso dopo aver sostenuto gli esami di [Analisi Matematica1](#), [Probabilità e Statistica](#), [Matematica per le scelte Economico-Finanziarie](#) e [Matematica per i mercati finanziari](#).

Obiettivi formativi

Il corso intende fornire allo studente le metodologie per la valutazione e la gestione dei rischi finanziari, ponendo particolare attenzione al rischio di mercato e al rischio di credito. Il corso prevede esercitazioni pratiche al calcolatore e lo svolgimento di esercizi, la cui valutazione costituisce parte integrante della valutazione complessiva.

Programma del corso

- Motivazioni. Tipologie di rischio finanziario: di mercato, di credito, di liquidità, operativo. La gestione del rischio finanziario. Casi di disastro finanziario. Regolamentazione.
- Rischio di mercato. Rischio di mercato e calcolo del Value-at-Risk (VaR). Previsione del rischio e delle correlazioni: medie mobili esponenziali, modelli Garch, approccio Riskmetrics, volatilità implicita. Metodi per la misurazione del VaR: approcci parametrici (portfolio-normal, asset-normal, delta-normal, delta-gamma-normal, beta-normal) e approcci non parametrici (simulazione storica, simulazione storica filtrata, simulazione Monte Carlo). Stress testing e backtesting.
- Rischio di credito. Variabili fondamentali: default probability, loss given default, expected loss. Modelli per la valutazione del rischio di credito: modello strutturale di Merton fondato sulla teoria delle opzioni; approccio Moody's KMV; modello in forma ridotta di Duffie-Singleton basato sui credit spreads; modello credit scoring di Altman; modello CreditMetrics per il calcolo del VaR creditizio sulla base dei ratings; modello CreditRisk+ fondato sull'utilizzo di tecniche assicurative.

Testi consigliati

- Dispensa a cura del docente, scaricabile dal sito web del corso.
- Sito web del corso: <http://dse.univr.it/berardi/mqrm/mqrm.htm>

Matematica per le Scelte Economico-Finanziarie

Prerequisiti

Sono considerati insegnamenti propedeutici obbligatori **Analisi Matematica 1** e Statistica.

Obiettivi formativi

Il corso intende fornire allo studente gli strumenti quantitativi classici e moderni applicati per l'analisi delle principali operazioni finanziarie e per la valutazione di progetti economico-finanziari. L'analisi coinvolge operazioni finanziarie in ipotesi di flussi sia certi che rischiosi.

Programma del corso

- Leggi e regimi finanziari. Operazioni finanziarie; capitalizzazione e attualizzazione. Leggi finanziarie: montante, valore attuale, interesse, sconto, tasso di interesse e tasso di sconto. Proprietà di scindibilità e uniformità di una legge finanziaria. Regime finanziario dell'interesse composto, regime finanziario dell'interesse semplice, regime finanziario dello sconto commerciale. Tassi di interesse equivalenti. Forza d'interesse. Tassi nominali, inflazione e tassi reali. Operazioni finanziarie in valuta e tassi di interesse.
- Rendite e piani di ammortamento. Valore attuale e montante di una rendita. Classificazione delle rendite. Problemi inversi reali alle rendite: ricerca del valore della rata, del numero di rate, del tasso di interesse; tecniche di calcolo del tasso interno di rendimento. Indici temporali e di variabilità di una rendita rispetto al tasso di interesse: duration. Analisi dell'investimento in titoli obbligazionari. Analisi del piano d'ammortamento di un prestito: generalità e relazioni fondamentali. Tipici piani d'ammortamento progressivo: francese, italiano, tedesco, americano. Pre-ammortamento. Leasing finanziario: valutazione e piano di ammortamento. Credito al consumo: TAN e TAEG.
- Teoria della selezione del portafoglio: rischio-rendimento, diversificazione e premio per il rischio. Rendimento e rischio. Criteri di dominanza stocastica. La selezione del portafoglio di attività rischiose: portafoglio con due attività rischiose; portafoglio con una attività certa e una rischiosa; portafoglio con due attività rischiose e una attività certa. Portafogli efficienti secondo il criterio media-varianza e teorema di separazione (grafico). Effetto diversificazione. Premio per il rischio. Modello di Sharpe: rischio sistematico. Premio per il rischio (sistematico) e CAPM.
- Valutazione e scelta di progetti economico-finanziari. Criteri di scelta: generalità e analisi dei cash flow. Flussi certi: NPV; IRR; TRM. Flussi rischiosi: tasso aggiustato per il rischio e WACC.

Testi consigliati

- A. Basso, P. Pianca, *Appunti di Matematica Finanziaria*, ultima edizione, Cedam, Padova, 2002.

- P. Bortot, U. Magnani, G. Olivieri, F. A. Rossi, M. Torrigiani, *Matematica finanziaria*, seconda edizione con esercizi, Monduzzi, Bologna, 1998 (capitolo 13).

Metodi numerici per la soluzione di Equazioni Differenziali (con Laboratorio)

Prerequisiti

I corsi di [Programmazione \(con Laboratorio\)](#), [Calcolonumerico \(con Laboratorio\)](#) e i corsi di [Algebra](#), [Analisi Matematica 1](#) e [Analisi Matematica 2](#). Consigliata la frequentazione in contemporanea del corso di [Complementi di analisi](#).

Obiettivi formativi

Negli ultimi anni i modelli matematici sviluppati per le discipline scientifiche sono diventati sempre più complessi e l'analisi numerica svolge un importante ruolo nell'ambito del calcolo scientifico. Nel corso l'attenzione sarà focalizzata in particolare sui metodi numerici per le equazioni differenziali ordinarie e alle derivate parziali. Per introdurre le idee fondamentali e la teoria matematica necessaria per lo sviluppo e l'analisi di tali metodi, sono presentati le principali tecniche classiche, senza trascurare però anche problematiche di più recente interesse. Il corso si svolgerà mediante lezioni teoriche in aula nonché mediante esercitazioni di laboratorio. Il corso di laboratorio ha lo scopo di fornire le competenze necessarie per l'implementazione in maniera autonoma di schemi numerici per la soluzione di Equazioni Differenziali Ordinarie (metodi di Eulero, theta-metodo) e alle Derivate Parziali (metodo delle linee, discretizzazione spaziale mediante differenze finite e elementi finiti). Come linguaggio per le implementazioni si consiglia MATLAB (introdotto già in altri corsi), ma si lascia spazio agli studenti per l'utilizzo di strumenti diversi (SCILAB, OCTAVE o linguaggi compilati quali il FORTRAN). Saranno proposti anche dei seminari di approfondimento su temi di ricerca moderni.

Programma del corso

Teoria.

- Richiami sulla soluzione di sistemi lineari con metodi iterativi e metodi iterativi più recenti.
- Generalità sulle equazioni alle differenze.
- Equazioni e sistemi differenziali di ordinarie (ODEs): metodi numerici per problemi a valori iniziali. Metodi ad un passo (in particolare Runge-Kutta) e a passi multipli. Problemi Stiff. Analisi dell'errore e stabilità. Metodi numerici per problemi con valori ai limiti: metodi alle differenze finite, di collocazione e shooting.
- Equazioni differenziali alle derivate parziali (PDEs): generalità, tipi di equazioni (ellittiche, paraboliche e iperboliche) e studio delle equazioni alle derivate parziali classiche (Poisson, calore e onde). Metodi alle differenze finite e metodo agli elementi finiti.

- Saranno inoltre inseriti approfondimenti ad argomenti collegati ai problemi differenziali (es. matrice esponenziale, metodi per la soluzione di sistemi lineari generati da PDEs).

Laboratorio.

- Implementazione (in MATLAB o FORTRAN) e uso di librerie (BLAS, LAPACK) per la risoluzione di sistemi lineari mediante metodi semiiterativi di tipo Krylov, con tecniche di memorizzazione compatta di matrici sparse.
- Implementazione (in MATLAB o FORTRAN) di uno schema numerico (metodo delle linee, discretizzazione spaziale mediante differenze finite, schemi di Eulero) per la risoluzione di alcuni tipi di equazioni di diffusione-convezione-reazione in dominio unidimensionale.
- Implementazione (in FORTRAN) di uno schema numerico (metodo delle linee, discretizzazione spaziale mediante elementi finiti, theta-metodo) per la risoluzione di alcuni tipi di equazioni di diffusione-convezione-reazione in dominio bidimensionale, mediante l'uso delle tecniche implementative analizzate nella prima parte del corso.

Testi consigliati

- A. Quarteroni, R. Sacco e F. Saleri: *Matematica Numerica*, Springer (seconda edizione), 2000.
- S. N. Elaydi: *An introduction to difference equations*, Springer, 1996.
- D. Greenspan e V. Casulli: *Numerical analysis for applied mathematics, science, and engineering*, Addison-Wesley Publishing Company, Advanced Book Program, Redwood City, CA, 1988.
- Lezioni del docente a cui partecipare.

Microeconomia

Prerequisiti

Nessuno.

Obiettivi formativi

Il corso si propone di fornire agli studenti gli strumenti economici ed analitici per comprendere come i consumatori effettuano le scelte di consumo sia in condizioni di certezza che in situazioni di incertezza; come le imprese prendono le loro decisioni, sottoposte ai vincoli della tecnologia, in relazione alla forma di mercato e tenendo conto delle interazioni strategiche con le altre imprese. Inoltre, scopo del corso è anche quello di valutare come sono organizzati i mercati sia con informazione completa che con informazione asimmetrica.

Programma del corso

Gli argomenti trattati sono elencati di seguito con riferimento ai capitoli del testo di Varian:

- Il vincolo di bilancio (2)
- Preferenze (3)
- Utilità (4)
- Scelta (5)
- Domanda (6)
- Equazione di Slutsky (8)
- Acquistare e vendere (9)
- Scelta intertemporale (10)
- Incertezza (12)
- Surplus del consumatore (14)
- Domanda di mercato (15)
- Equilibrio (16)
- Tecnologia (18)
- Massimizzazione del profitto (19)
- Minimizzazione dei costi (20)
- Curve di costo (21)
- Offerta dell'impresa (22)
- Offerta dell'industria (23)
- Monopolio (24)
- Oligopolio (27)
- Teoria dei giochi (28)
- Scambio (29)
- Informazione asimmetrica (36)

Testi consigliati

- H. R. Varian, *Microeconomia*, V ed., Venezia, Cafoscarina, 2002.
- R. S. Pindyck, D. L. Rubinfeld, *Microeconomia*, III ed., Zanichelli, 2002.
- L. Giurato, G. Turati, *Microeconomia*, Etas Libri, 2000.

Modelli matematici per la Biologia

Prerequisiti

Nozioni di Biologia Generale: dalle molecole ai sistemi.

Obiettivi formativi

Negli ultimi decenni si è osservata una vera e propria esplosione delle conoscenze nel campo della biologia. Queste conoscenze riguardano scale spaziotemporali decisamente diverse, dalla scala delle dinamiche molecolari alla scala dei macrosistemi formati da organismi tra loro interagenti. La biologia rimane purtuttavia una scienza essenzialmente descrittiva. In tempi relativamente recenti, la formalizzazione matematica delle osservazioni ottenute nei diversi campi della biologia ha permesso — e sta permettendo — di analizzare la miriade di informazioni biologiche in modo maggiormente quantitativo e razionale alla ricerca dei meccanismi e delle leggi che stanno alla base del funzionamento della materia vivente. Lo scopo del corso è quello di fornire allo studente una panoramica dei modelli matematici applicati alla biologia. Verrà data maggiore enfasi ai modelli quantitativi che analizzino le proprietà del vivente sulla base di parametri realistici o ragionevoli. Verrà inoltre discusso il rischio connesso alla costruzione di strutture matematiche eleganti ma che non producono ricadute sulla reale comprensione dei sistemi biologici e delle loro leggi.

Programma del corso

- Modelli di popolazione continui e discreti.
- Modelli per popolazioni interagenti continui e discreti.
- Cinetiche di reazione e network biochimici.
- Le oscillazioni in biologia: oscillazioni glicolitiche, ciclo cellulare, ritmi circadiani.
- Sistemi eccitabili (es. neuroni).
- Modelli di reazione e diffusione e formazione di patterns.
- Cenni sul rumore in biologia — origine e ruolo — e sui modelli stocastici.
- Modelli per l'epidemiologia.

Testi consigliati

- J. D. Murray, *Mathematical Biology*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1989.
- L. Edelstein-Keshet, *Mathematical Models in Biology*, Birkhäuser, Boston, 1989.
- Articoli scientifici selezionati.

Modelli matematici in Biomedicina

Prerequisiti

Nozioni di Biologia Generale: dalle molecole ai sistemi.

Obiettivi formativi

La medicina moderna si trova a dover affrontare patologie che offrono difficili problemi di diagnosi, prognosi e di approccio terapeutico. Tra queste vi sono senza dubbio i tumori e le patologie del sistema immunitario. La ricerca biomedica di base ha esplorato e sta esplorando a fondo queste patologie. Nonostante l'incredibile mole di informazioni che ogni anno si acquisiscono grazie alla ricerca di base, la pratica clinica spesso non ne beneficia. Sembra di poter individuare alcune ragioni all'interruzione nel flusso di informazioni tra la ricerca di base e la clinica. Le patologie quali il cancro, le patologie del sistema immunitario e del sistema nervoso sono patologie che insorgono all'interno di sistemi estremamente complessi. La complessità di tali sistemi pone un serio ostacolo alla decodifica e alla razionalizzazione delle informazioni ottenute nella ricerca di base. Gli strumenti della matematica e della modellizzazione biofisica possono offrire un valido aiuto alla comprensione dei sistemi complessi in medicina. Questo corso vuole offrire allo studente una panoramica aggiornata sui modelli matematici e biofisici applicati alla biomedicina e sulle loro possibili implicazioni nella pratica clinica. Dunque gli obiettivi del corso sono: discutere a fondo il problema della interpretazione dei dati sperimentali, della loro generalizzazione e della ricerca dei parametri importanti da utilizzare nella modellizzazione dei singoli processi; fornire agli studenti le basi di un linguaggio scientifico che li metta in grado di comunicare con biologi e medici.

Programma del corso

- La cellula animale: struttura, organizzazione interna e funzione.
- L'adesione cellulare e l'architettura dei tessuti: modellizzazione biofisica.
- La comunicazione cellulare tra cellule: cenni di fisiologia della trasmissione nervosa e della comunicazione biochimica.
- L'organizzazione tra cellule nei sistemi della fisiologia e della patologia umana: il sistema immunitario e il sistema tumore (proprietà biologiche e biochimiche).
- Problemi attorno alla sperimentazione e alla interpretazione dei dati. Limiti dei modelli sperimentali nella generalizzazione al reale funzionamento dei sistemi fisiologici complessi.
- La complessità nei sistemi della fisiologia umana e nella patologia: spiegare perché sia difficile fare diagnosi, prognosi e terapia. Come patologie modello verranno discusse: i tumori e le patologie autoimmunitarie.
- Modelli fenomenologici per la crescita dei tumori. Escursus storico e modelli alla frontiera della ricerca. Applicazioni cliniche: a cosa serve stimare parametri cinetici della crescita tumorale.

- Modelli biofisici per la crescita dei tumori. La complessità nelle popolazioni cellulari e nelle interazioni tra cellule (es. vascolarizzazione, metastatizzazione, ...).
- Modelli per l'immunologia a livello di singola cellula e di popolazioni cellulari.

Testi consigliati

- J. A. Adam, N. Bellomo, *A Survey of Models for Tumor-Immune System Dynamics*, Birkhäuser, Basel, 1997.
- A. S. Perelson, *Immunology for physicists*, Review of Modern Physics 1997 69: 1219 Articoli selezionati.

Nozioni di Biologia Generale: dalle molecole ai sistemi

Prerequisiti

Nessuno: corso propedeutico a [Modelli matematici in Biomedicina](#) e [Modelli matematici per la Biologia](#).

Obiettivi formativi

Il corso è propedeutico ai corsi sui modelli matematici per la biologia e per la biomedicina. Lo scopo è quello di fornire una panoramica sulle molecole della vita, sulla struttura e sulla fisiologia della singola cellula e della cellula inserita nel contesto dei sistemi animali e vegetali. Il corso fornirà inoltre una panoramica sugli ecosistemi e sulla teoria dell'evoluzione. È scopo fondamentale di queste lezioni permettere allo studente del corso di matematica applicata di acquisire il linguaggio non formalizzato della biologia, conditio sine qua non per l'interazione fattiva tra esperti di diversi settori.

Programma del corso

- La vita: molecole, cellule ed organismi.
- La chimica della vita: molecole e macromolecole (DNA e proteine).
- La cellula procariotica ed eucariotica.
- Metabolismo della cellula, gli enzimi e il metabolismo energetico.
- La fotosintesi e la circolazione degli elementi (cicli del carbonio, azoto, ...).
- Lo sviluppo degli animali e delle piante.
- Cenni di genetica classica: riproduzione assessuata e sessuata, le leggi dell'eredità.
- Struttura e regolazione dei geni.

- Cenni di fisiologia degli organismi viventi.
- Cenni di ecologia: l'interazione fra gli organismi e gli ambienti.
- L'evoluzione e la selezione naturale.

Testi consigliati

- N. A. Campbell, J. B. Reece, *L'essenziale di biologia*, Zanichelli.

Ottimizzazione

Prerequisiti

Algebra lineare, calcolo differenziale in più variabili, programmazione lineare. Sono propedeutici i corsi di [Algebra lineare con elementi di geometria](#), [Analisi Matematica 1](#), [Analisi Matematica 2](#) e [Ricerca Operativa](#).

Obiettivi formativi

Il corso ha lo scopo di affrontare i problemi di ottimizzazione non lineare, esaminando gli strumenti teorici di analisi e le principali metodologie di soluzione.

Programma del corso

- Nozioni di base. Problemi di ottimizzazione. Insiemi convessi e coni. Supporto lineare e separazione di insiemi. Funzioni convesse. Alcune estensioni della convessità. Teoremi di alternativa.
- Ottimizzazione non vincolata e su un insieme convesso. Metodi del gradiente. Il metodo di Newton. Il metodo delle direzioni coniugate. Il metodo delle direzioni ammissibili. Il metodo del gradiente ridotto. Il metodo del gradiente proiettato. Metodi di linearizzazione: il metodo di Frank e Wolfe.
- Teoria dei moltiplicatori. Condizioni necessarie. Vincoli di uguaglianza; i moltiplicatori di Lagrange. Condizioni di regolarità per i vincoli. Moltiplicatori di John. Il caso generale; moltiplicatori di Karush-Kuhn-Tucker. Condizioni sufficienti. Sella di una funzione. Condizioni di sella e punti di minimo.
- Dualità e complementarità. Il problema duale. Variabili duali e moltiplicatori di Lagrange. Dualità debole e dualità forte. Problemi non lineari. Problemi quadratici. Sistemi e problemi di complementarità.
- Programmazione quadratica. Il caso convesso. L'algoritmo del simplesso modificato. Un'interpretazione geometrica. Altri metodi di risoluzione nel caso convesso: un metodo sequenziale, un metodo di scomposizione duale. Sistemi e problemi lineari di complementarità. Problemi quadratici non convessi. Alcune applicazioni.

Testi consigliati

- D. M. Bertsekas, *Nonlinear Programming*, Athena Scientific, 2004.
- M. Minoux, *Mathematical Programming: theory and algorithms*, John Wiley & Sons, 1986.
- J. C. G. Boot, *Quadratic Programming: Algorithms-Anomalies-Applications*, North Holland Publishing Company, 1964.

Politica economica

Probabilità e Statistica

Prerequisiti

Obiettivi formativi

Introduzione dei concetti di base del Calcolo delle Probabilità e della Statistica Inferenziale.

Programma del corso

- Probabilità classica e probabilità combinatoria Spazi di probabilità e assiomi di Kolmogorov. Condizionamento e indipendenza Variabili aleatorie reali e vettoriali. Proprietà ed esempi di comune utilità.
- Convergenza di successioni di variabili aleatorie. Leggi dei grandi numeri. Teorema Centrale Limite.
- Elementi di statistica descrittiva. Stimatori. Stimatori di media e varianza. Stimatori di Massima Verosimiglianza. Stimatori Bayesiani. Intervalli di confidenza. Introduzione ai test statistici. Introduzione alle Regressioni lineari.

Testi consigliati

- Appunti delle lezioni.
- P. Baldi, *Calcolo delle Probabilità e statistica*, McGraw-Hill.
- M. Bramanti, *Calcolo delle Probabilità e Statistica*, Progetto Leonardo.
- A. M. Mood, F. A. Graybill, D. C. Boes, *Introduzione alla Statistica*, MacGraw-Hill.

Programmazione (con Laboratorio)

Prerequisiti

I contenuti degli insegnamenti di **Informatica di base** e di **Matematica di base**.

Obiettivi formativi

Il corso tratta i principi e la pratica della programmazione imperativa e le nozioni fondamentali della programmazione a oggetti. Scopo del corso è consentire allo studente di costruire e comprendere programmi di piccole e medie dimensioni, individuare errori e valutare la correttezza degli algoritmi rispetto alle loro specifiche. Alla conclusione del corso lo studente deve inoltre poter affrontare l'apprendimento di altri linguaggi di programmazione imperativi e di approfondire la conoscenza della programmazione a oggetti.

Programma del corso

- Programmazione Imperativa. Introduzione. Cenni storici. Le origini. Problemi. Descrizione rigorosa dei problemi. Le specifiche. Macchine astratte. Definizione matematica di una macchina semplificata. Algoritmi. Descrizione rigorosa delle soluzioni. Nozione di algoritmo come “programma” eseguibile da un particolare esecutore. Tesi di Church.
- Il linguaggio di programmazione. Macchina astratta, interprete e compilatore. Variabili, espressioni e tipi. Identificatori, variabili, espressioni. Tipi di dati base: interi, reali, booleani, caratteri. Definizione di ambiente e di stato. Dichiarazione di variabili e loro valutazione. Comandi. Nozione di comando. Assegnamento: sintassi e valutazione. Comandi strutturati: sequenza, blocco, condizionale e iterazione. Valutazione dei comandi. Tipi di dati strutturati. Strutture dati a dimensione prefissata (vettori, array, record) e non (sequenze, file, ...): caratteristiche generali, tecniche di accesso, criteri per l'uso. Puntatori. Nozione di puntatore; aritmetica dei puntatori. Sottoprogrammi. Nozione di sottoprogramma; procedure e funzioni. Parametri formali e attuali; passaggio per valore e per riferimento. Stack di ambienti. Variabili locali; visibilità, tempo di vita.
- Tipi di Dati Astratti. I tipi di dati come strutture algebriche e relazionali. I tipi di dati strutturati rivisitati. Esempi. Ricorsione Induzione matematica: numeri naturali e insiemi induttivamente generati. Definizioni per ricorsione strutturale. Soluzione ricorsiva di problemi. Programmazione ricorsiva: ruolo dello stack e valutazione di sotto-programmi ricorsivi. Tipi di Dati Astratti e Ricorsione. Tipi di dati ricorsivi: liste, pile, alberi, alberi binari. Algoritmi ricorsivi; eliminazione della ricorsione.
- Programmazione a Oggetti. Introduzione. Il punto di vista “a oggetti”: un diverso stile di programmazione. Classi, oggetti, messaggi. Definizioni, entità di istanza e di classe. Ereditarietà e Polimorfismo. Sotto-classi e sovra-classi, relazioni fra le classi. Nozione di polimorfismo in generale e nel linguaggio JAVA. Classi astratte e Interfacce. Nozioni di classe astratta e di interfaccia: somiglianze, differenze, utilità.

Testi consigliati

Da definirsi.

Ricerca Operativa

Prerequisiti

Algebra lineare e calcolo elementare in più variabili. Sono propedeutici i corsi di [Algebra lineare con elementi di geometria](#), [Analisi Matematica 1](#) e [Calcolo numerico \(con Laboratorio\)](#).

Obiettivi formativi

Il corso si propone di introdurre lo studente ad alcune problematiche di base inerenti al campo dell'ottimizzazione, con particolare riferimento alla Programmazione Lineare ed alcuni problemi di Ottimizzazione su reti ed ai relativi algoritmi di risoluzione. Viene inoltre fornito qualche cenno di modellistica, mediante l'analisi di semplici problemi lineari che rientrano in questa casistica e la conseguente formulazione matematica.

Programma del corso

- Introduzione. Modellizzazione di semplici problemi lineari con risorse limitate. Funzione obiettivo, vincoli e variabili decisionali. Geometria della programmazione lineare: coni, poliedri, politopi e teorema di decomposizione.
- Programmazione lineare e dualità. Il problema di programmazione lineare: definizione, regole di trasformazione ed interpretazione geometrica. Il problema duale: coppia simmetrica e coppia asimmetrica, tabella delle corrispondenze, interpretazione geometrica. Programmazione lineare su coni: teorema fondamentale delle disuguaglianze lineari e procedura del Simplex su coni. Direzioni ammissibili e direzioni di crescita. Teorema debole e teorema forte della dualità loro conseguenze. Primale e duale ristretti. Algoritmo del Simplex Primale-Duale: procedura ed interpretazione grafica. Teorema degli scarti complementari e sue conseguenze. Matrici di base e basi complementari: definizione, ammissibilità e degenerazione. Condizioni di ottimo. Algoritmi del Simplex primale e del Simplex duale e loro interpretazione grafica. Cenni sul simplex a variabili limitate. Riottimizzazione: variazione del vettore dei costi, del vettore dei termini noti ed aggiunta di vincoli al primale.
- Problema di flusso di costo minimo. Formulazione e regole di trasformazione. Problema duale (di potenziale). Condizioni degli scarti complementari e relative curve. Visita di un grafo. Algoritmo primale-duale: soluzione iniziale, fase primale e fase duale. Soluzioni di base: matrice ed albero di base, visita anticipata e posticipata di un albero per la determinazione delle soluzioni di base. Simplex per flusso e Simplex per potenziale.
- Problema di flusso massimo. Problema di flusso e problema di taglio. Condizioni di ottimalità. Algoritmo di Edmonds e Karp.
- Problema dei cammini minimi. Formulazione. Condizioni di ottimalità (di Bellman). Algoritmo di Dijkstra.

- Programmazione lineare intera. Unimodularità. Metodi poliedrali: tagli di Gomory. Metodi enumerativi: branch and bound.

Testi consigliati

- Da definirsi.

Sistemi Dinamici

Prerequisiti

[Analisi Matematica 1](#) e [Analisi Matematica 2](#) e [Algebra lineare con elementi di geometria](#).

Obiettivi formativi

Introduzione alla moderna teoria dei sistemi dinamici. Si intende fornire sia alcuni concetti generali presentati in modo rigoroso ma non eccessivamente formale, sia gli strumenti necessari a risolvere concretamente problemi.

Programma del corso

- Introduzione. Motivazione del corso: descrizione di processi evolutivi “tempo” continuo e discreto. Esempi. Definizione di sistema dinamico. Sistemi dinamici continui: equazioni differenziali ordinarie (ODE), ed equazioni alle derivate parziali (PDE). Sistemi dinamici discreti: equazioni alle differenze finite, successioni definite per ricorrenza, mappe. Relazione e differenza tra i due tipi di sistemi.
- ODE e mappe del primo ordine in forma normale. Soluzioni di equilibrio. Definizioni di stabilità. Condizioni sufficienti per la stabilità degli equilibri: Teoremi di Lyapunov. Stabilità orbitale. Sezione di Poincaré.
- Sistemi unidimensionali (ODE e mappe autonome in $\mathbb{R}$). Studio qualitativo della dinamica: metodo grafico. Applicazioni varie: fenomeni di blow-up, metodo di Newton-Raphson, generatori di numeri pseudo-casuali, mappa logistica, mappa “a tenda”, spostamento di Bernoulli, diffeomorfismi del cerchio. Sistemi dipendenti da parametri: cenni di teoria delle biforcazioni.
- Sistemi bidimensionali ($\mathbb{R}^2$ e $\mathbb{C}^2$). Classificazione dei sistemi lineari 2D sul piano degli invarianti (traccia-determinante). Soluzione esplicita. Concetti generali sui sistemi piani reali. Cicli limite. Teorema di Poincaré-Bendixon. Biforcazione di Hopf. Sistema di Lotka-Volterra. Oscillatore di Van der Pol. Mappa standard. Sequenze di Fibonacci. Modelli economici.
- Concetti generali sui sistemi n -dimensionali continui ($n > 2$). Risonanze, Esponenti di Lyapunov, Attrattori e stime di dimensione. Esempi: pendolo forzato e modello di Lorenz. Cenni di fenomenologia qualitativa della turbolenza (Landau, Ruelle-Takens).
- Concetti elementari di teoria della misura: l’idea di Lebesgue. Misura dei razionali in $[0, 1]$. Altri esempi (connessione con il caso dei diffeomorfismi

del cerchio). Cenni sui frattali: dimensione “box-counting”; curva di Kock, polvere di Cantor. Definizione generale di insieme di Cantor.

- Sistemi a molti gradi di libertà. Discussione qualitativa di esempi rilevanti. Necessità di una descrizione probabilistica. Il concetto di misura invariante nello spazio delle fasi. Equazione di Liouville (continuità).
- Sistemi Hamiltoniani. Campo vettoriale gradiente simplettico. Generalità. Struttura di Poisson. Trasformazioni canoniche. Esempi rilevanti.
- Complessità. Classificazione di massima dei sistemi caotici. Entropie. Il problema delle strutture: linguaggio, codici, DNA. Analisi di serie temporali.

Testi consigliati

- Consigliate dispense.
- V. Arnold, *Equazioni Differenziali Ordinarie*, Mir, 1979.
- M. Hirsch, S. Smale, *Differential Equations, Dynamical Systems, and Linear Algebra*, Academic Press, 1974.
- E. Salinelli, F. Tomarelli *Modelli Dinamici Discreti*, Springer-Italia, 2002.
- E. Ott, *Chaos in Dynamical Systems*, Cambridge, University Press, 1993.
- P. Drazin, *Nonlinear Systems*, Cambridge, University Press, 1992.
- D. Jordan, P. Smith, *Nonlinear Ordinary Differential Equations*, Clarendon Press, 1987.
- A. Vulpiani, *Determinismo e Caos*, La Nuova Italia Scientifica, 1994.
- A. Aleksandrov, A. Kolmogorov, M. Lavrent'ev, *Le Matematiche*, Bollati Boringhieri, 1974.
- H. Peitgen, P. Richter, *La bellezza dei frattali*, Bollati Boringhieri, 1987.

Sistemi e segnali

Prerequisiti

Obiettivi formativi

L'obiettivo del corso è quello di fornire agli studenti gli strumenti matematici necessari per modellare, analizzare e simulare i sistemi dinamici elementari. L'enfasi del corso è sui sistemi continui, lineari, tempo-invarianti, ma alcuni cenni verranno fatti sulle caratteristiche dei sistemi non lineari. La prima parte del corso ha come obiettivo l'introduzione e la familiarizzazione degli studenti con gli strumenti delle Trasformate, utilizzate per esprimere il modello di un sistema in un dominio diverso da quello originario. La seconda parte del corso ha lo scopo di presentare i metodi principali di analisi dei modelli matematici dei sistemi dinamici e di studiarne le proprietà principali. Il concetto principale che verrà introdotto è quello di stabilità. L'analisi della stabilità permetterà agli studenti

di creare un collegamento tra il formalismo matematico e il comportamento fisico dei sistemi, che verrà approfondito nei corsi seguenti.

Programma del corso

- Introduzione: Struttura generale di un sistema dinamico.
- Proprietà generali delle mappe ingresso/uscita e rappresentazione mediante integrale di convoluzione e equazioni differenziali.
- La trasformata di Fourier e le sue applicazioni.
- La trasformata di Laplace e le sue applicazioni.
- La trasformata Zeta e le sue applicazioni.
- I diagrammi di Bode.
- Stabilità ingresso-uscita dei sistemi lineari.
- Cenni sulla caratterizzazione ed analisi della stabilità.
- Sistemi a tempo discreto.
- Stabilità dei sistemi a tempo discreto.

Testi consigliati

- G. Ricci, M. E. Valcher, *Sistemi e Segnali*, Edizioni Libreria Progetto, Padova, 2002.
- Di Stefano, Stubberud, Williams, *Regolazione Automatica*, Schaum, 1974.

Sistemi stocastici

Prerequisiti

Obiettivi formativi

Modellizzazione matematica di sistemi stocastici discreti e loro simulazione. Introduzione al Moto Browniano.

Programma del corso

- Costruzione, simulazione e studio delle principali proprietà asintotiche di: catene di Markov con spazio degli stati finito o numerabile, sia in tempo discreto che continuo, processi di ramificazione, processo di Poisson, processi di rinnovo, moto browniano come limite di passeggiate aleatorie.
- Esempi di applicazioni a sistemi di code e ad algoritmi stocastici.

Testi consigliati

- Appunti delle lezioni.
- G. Grimmet, D. Stirzacher, *Probability and Random Process*, Oxford, 2001.
- S. I. Resnick, *Adventures in Stochastic Processes*, Birkhäuser, 1994.

Sviluppi del pensiero matematico

Prerequisiti

Obiettivi formativi

Programma del corso

- La geometria nell'antica Grecia; i tre problemi classici. Soluzione moderna.
- Il problema delle parallele e la sua soluzione: le geometrie non-euclidee.
- Archimede: l'eshaustione e la rappresentazione dei numeri.
- Descartes e la geometria analitica.

Testi consigliati