

Informazioni generali		Anno accademico 2022-2023
Denominazione dell'insegnamento	Metodi Numerici e Modelli Matematici	
Corso di studio	Matematica Magistrale (LM-40)	
Anno di corso	Primo	
Periodo di erogazione	Primo semestre (26 settembre 2022 – 22 dicembre 2022)	
Crediti formativi universitari (CFU)	7	
Settore scientifico disciplinare (SSD)	MAT/08 – Analisi Numerica	
Lingua di erogazione	Italiano	
Obbligo di frequenza	No - Consigliata	

Docenti		
Nome e cognome	Luciano Lopez (titolare)	Cinzia Elia
E-mail	luciano.lopez@uniba.it	cinzia.elia@uniba.it
Telefono	+39 080 544 2678	+39 080 544 2685
Sede	Dipartimento di Matematica stanza 15, secondo piano	Dipartimento di Matematica stanza 7, terzo piano
Sede virtuale	Microsoft Teams – codice: zl4c0un	Microsoft Teams – codice: zl4c0un
Pagina web	https://www.dm.uniba.it/members/lopez	https://www.dm.uniba.it/members/elia
Orario e modalità di ricevimento	Mercoledì ore 11:00-13:00 o su appuntamento, da concordare per e-mail; in presenza o in remoto	Giovedì ore 14:00-16:00 o su appuntamento, da concordare per e-mail; in presenza o in remoto

Syllabus	
Obiettivi formativi	Acquisizione dei metodi e delle tecniche della matematica applicata per lo studio qualitativo e la simulazione numerica di sistemi dinamici continui e discreti. Capacità di modellizzazione matematica di semplici fenomeni.
Prerequisiti	Conoscenze di base sui sistemi di equazioni differenziali, di Algebra Lineare e di Calcolo Numerico. Conoscenza di base di un linguaggio di programmazione.



Contenuti dell'insegnamento

1. SISTEMI DINAMICI DISCRETI

Equazioni alle differenze del primo ordine e soluzione. Teoria delle equazioni lineari alle differenze di ordine k. Equazioni alle differenze omogenee. Metodi per il calcolo delle soluzioni. Il polinomio caratteristico: caso di radici distinte e radici coincidenti. Uso dello operatore $p(E)$ e proprietà. Calcolo delle soluzioni particolari. Soluzioni di equilibrio di equazioni alle differenze e stabilità. Metodo delle serie formali. Metodo delle variazioni delle costanti. Sistemi lineari di equazioni alle differenze. Stabilità delle soluzioni di equazioni alle differenze. Metodo delle variazioni delle costanti. Funzioni di matrici e proprietà. Studio asintotico di A^n ed $\exp(tA)$. Modelli discreti: Modello discreto del cobweb semplice e completo. Modello di Leslie della dinamica di popolazioni. Modello degli indiani Natchez.

2. SISTEMI DINAMICI CONTINUI

- **Sistemi lineari autonomi di equazioni differenziali ordinarie:** Matrice principale e sue proprietà. Concetti di continuità e di stabilità delle soluzioni rispetto a variazioni della condizione iniziale. Stabilità asintotica stabilità e instabilità di un punto di equilibrio; definizioni e teoremi per matrici diagonalizzabili e non. Sottospazi invarianti. Spazio stabile, instabile e centrale. Esempi: sistemi lineari autonomi planari; definizione di nodo, punto di sella, fuoco, centro. Sistemi non lineari autonomi: Proprietà delle soluzioni. Differenziabilità rispetto alle condizioni iniziali. Punti di equilibrio e linearizzazione. Funzioni di Lyapunov. Esempi: pendolo matematico. Orbite periodiche e cicli limite. Comportamento del sistema per tempi lunghi.

- **Modelli:** Oscillatore armonico con e senza forzante e attrito. Pendolo semplice. Oscillatore non lineare di Duffing. Oscillatore di Van der Pol. Modello di Malthus e Verhulst. Modello di Lotka-Volterra. Modello di due specie in competizione. Modello di Darwin.

- **Sistemi dinamici su reti.** Cenni sulle reti (networks). Matrici di adiacenza e laplaciana; proprietà. Modelli di diffusione di epidemie sulle reti: modelli SI e SIR. Forma generale di un sistema dinamico su reti. Punti di equilibrio simmetrici. Casi diversi di accoppiamento e condizioni per l'asintotica stabilità. Modello del gossip. Esempi di soluzioni sincrone: oscillatori accoppiati.

- **Modelli matematici di reti neurali:** neurone biologico ed artificiale. Le funzioni di attivazione. Il Percettrone discreto e continuo. Varie tipologie di reti neurali. Il training set. Addestramento supervisionato e non. Costruzione della funzione errore. L'algoritmo della back-propagation. Facoltativo: Le reti ricorrenti e dinamiche. Le reti di discrete e continue di Hopfield e la funzione energia.

3. METODI NUMERICI RUNGE KUTTA.

Richiami su consistenza e convergenza. Errore locale e globale, maggiorazioni. Verifica dell'ordine di consistenza: grafico dell'errore in funzione del passo di discretizzazione. Stabilità lineare dei metodi Runge Kutta, funzione di stabilità, regione di assoluta stabilità. Comportamento qualitativo dei metodi numerici: esistenza di punti

Testi di riferimento	<p>Teoria delle equazioni alle differenze: V. Lakshmikantham, D. Trigiante, Theory of difference equations: numerical methods and applications, Academic Press Inc, 1988.</p> <p>Modelli discreti: D.G. Luemberger, Introduction to dynamic systems, J. Weley and Sons, 1979.</p> <p>Sistemi dinamici continui: L. Perko, Differential Equations and Dynamicla Systems, Springer, 1991.</p> <p>Modelli continui: M. Braun, Differential Equations and Their Applications: An Introduction to Applied Mathematics: An Introduction to Applied Mathematics. Springer, 1983.</p> <p>Simulazione numerica: J.D. Lambert, Numerical Methods for Ordinary Differential Systems: The Initial Value Problem, Wiley Interscience.</p>
Ulteriore materiale didattico	<p>Pagina web del corso relativa ai sistemi dinamici continui e alla simulazioni numeriche https://sites.google.com/site/eliametnum/</p>

Organizzazione della didattica				
	Totali	Didattica frontale	Pratica (esercitazioni/laboratori/seminari/altro)	Studio individuale
Ore	175	40	30	105
CFU	7	5	2	

Metodi didattici	
	Lezioni frontali e laboratorio al calcolatore in centro di calcolo o in aula

Risultati di apprendimento previsti	
Conoscenza e capacità di comprensione	Acquisizione di concetti fondamentali di analisi qualitativa di sistemi dinamici continui e discreti; esistenza di punti di equilibrio o cicli limite e relative proprietà di stabilità, comportamenti delle soluzioni del sistema per tempi lunghi.
Conoscenza e capacità di comprensione applicate	Simulazione numerica di modelli discreti e continui ed interpretazione dei risultati.

Autonomia di giudizio	Capacità di valutare la corrispondenza dei modelli con la realtà che si vuole rappresentare ed eventualmente la capacità di modificarli.
Abilità comunicative	Acquisizione del linguaggio matematico avanzato nella descrizione dei modelli e della loro simulazione.
Capacità di apprendere	Acquisizione di metodi adeguati per lo studio e la simulazione numerica di modelli reali.

Valutazione	
Modalità di verifica dell'apprendimento	Prova pratica: una settimana prima della data prevista per l'esame orale si richiede la presentazione di uno studio numerico e teorico qualitativo di modelli studiati a lezione o scelti in maniera autonoma. La prova orale seguirà al superamento della prova pratica.
Criteri di valutazione	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Conoscenza e capacità di comprensione:</i> Capacità di eseguire lo studio qualitativo di modelli teorici studiati a lezione o di modelli simili. • <i>Conoscenza e capacità di comprensione applicate:</i> Capacità di simulazione numerica di modelli teorici con particolare attenzione agli aspetti qualitativi del modello. • <i>Autonomia di giudizio:</i> Capacità di predire il comportamento per tempi lunghi di un dato modello attraverso lo studio qualitativo e numerico.
Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale	<p>Il voto finale è attribuito in trentesimi.</p> <p>La prova di simulazione numerica è necessaria per l'accesso alla prova orale e deve essere sostenuta una settimana prima della data fissata per la prova orale.</p>

Ulteriori informazioni	