Università degli Studi Magna Græcia di Catanzaro

Scuola di Medicina e Chirurgia

Syllabus Biologia dei Sistemi

CORSO DI STUDIO: Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (LM-21)

ANNO ACCADEMICO: 2026/2027

DENOMINAZIONE DELL'INSEGNAMENTO: Biologia dei Sistemi (A004710)

Principali informazioni sull'insegnamento	
Anno di corso	I anno
Periodo di erogazione	II semestre
Crediti formativi universitari (CFU/ECTS)	6
SSD	IBIO-01/A – Bioingegneria
Lingua di erogazione	Italiano
Modalità di frequenza	Facoltativa; la frequenza è raccomandata.

Docente	
Nome e cognome	Prof. Carlo Cosentino
Indirizzo mail	carlo.cosentino@unicz.it
Telefono	0961 3694051
Sede	Campus universitario "Salvatore Venuta", Edificio delle Bioscienze (Corpo F), stanza n. 5.
Sede virtuale	Contatto via e-mail; eventuale incontro a distanza su appuntamento.
Ricevimento	Mercoledì, dalle 11:00 alle 13:00, previo appuntamento.

Organizzazione della didattica				
Impegno	Totali	Didattica frontale	Pratica	Studio individuale
Ore	150	48	—	102
CFU/ECTS	6	6	—	—

Le 48 ore di didattica frontale comprendono anche esercitazioni guidate e simulazioni in aula; non sono attribuiti CFU di pratica separati.

Obiettivi e risultati di apprendimento

Obiettivi formativi	Conoscere i principali tipi di modelli matematico-computazionali per l'analisi e la simulazione dei sistemi biologici, con particolare riferimento alle reti biologiche inter- e intracellulari. Acquisire competenze nell'analisi di tali modelli attraverso metodi analitici e strumenti software di calcolo numerico e simulazione. Sviluppare inoltre capacità di ascolto, comunicazione, confronto interdisciplinare, empatia e lavoro in gruppo.
Prerequisiti	Analisi matematica (equazioni differenziali), geometria e algebra lineare, fondamenti di biologia cellulare e molecolare e di sistemi dinamici.
Metodi didattici	Lezioni frontali per inquadrare i fenomeni biologici e presentarne i modelli matematici; esercitazioni guidate per costruire e analizzare modelli, simulare la dinamica dei sistemi e interpretare gli esiti delle simulazioni. Analisi di casi di studio e di articoli scientifici, utilizzo di COPASI e MatCont, confronto in aula e discussione di soluzioni. Lo studio autonomo consolida le competenze e prepara alla redazione della tesina.

Risultati di apprendimento previsti	
DD1 – Conoscenza e capacità di comprensione	Al termine del corso, lo studente sarà in grado di descrivere i principi della biologia dei sistemi, le principali classi di modelli matematici di popolazioni e reti biologiche e i fondamenti delle cinetiche di reazione. Comprenderà i concetti di equilibrio, stabilità, biforcazione, multistabilità, flussi metabolici, identificazione parametrica e incertezza delle stime.
DD2 – Conoscenza e capacità di comprensione applicate	Formulare modelli dinamici di sistemi biologici a partire da ipotesi sui meccanismi coinvolti; analizzare equilibri e stabilità, simulare la risposta a variazioni di parametri e interpretare i risultati in termini biologici. Utilizzare strumenti software e risorse per la modellazione, analizzare reti metaboliche mediante metodi basati sui flussi e stimare parametri di modelli non lineari da dati sperimentali.
DD3 – Autonomia di giudizio	Valutare criticamente le ipotesi e la validità di un modello, i suoi limiti e la plausibilità biologica delle predizioni. Scegliere metodi e strumenti appropriati motivando le decisioni sulla base delle evidenze, anche attraverso la discussione di casi e articoli scientifici.
DD4 – Abilità comunicative	Esporre con lessico appropriato ipotesi, metodi e risultati di analisi quantitative, anche mediante grafici e schemi; discutere in modo chiaro una tesina e confrontarsi in modo costruttivo con interlocutori di diversa formazione.
DD5 – Capacità di apprendere in modo autonomo	Consultare letteratura scientifica, basi di dati e documentazione di software specialistici per approfondire metodi e modelli non trattati direttamente a lezione; riprodurre e rielaborare autonomamente esempi di modellazione.

Contenuti di insegnamento e materiali

Contenuti di insegnamento (Programma)	**1. Introduzione alla Biologia dei Sistemi.** Approccio integrato allo studio dei sistemi biologici; ruolo della modellistica matematica e computazionale. **2. Modelli di popolazioni monospecie.** Modelli di Malthus e di Verhulst; modello con termine di predazione; adimensionalizzazione; punti di equilibrio e stabilità; modelli con ritardo e cicli limite; esempio di ottimizzazione del raccolto. **3. Modelli di popolazioni multispecie.** Modello preda-predatore di Lotka-Volterra e modello avanzato preda-predatore; equilibri e biforcazioni; modelli di competizione e simbiosi. **4. Modelli epidemiologici.** Modello SIR; numero di riproduzione di base R_0 e metodi di contenimento; cenni ai modelli estesi. **5. Cinetiche di reazione.** Cinetica enzimatica; modello di Michaelis-Menten; approssimazioni di quasi-stato stazionario QSSA e tQSSA; cooperatività e curve di Hill; autocatalisi; grafico di Lineweaver-Burk; metodo di King-Altman; reazioni uni-uni e bi-bi; allosteria e modello di Monod-Wyman-Changeux; fosforilazione e defosforilazione (Goldbeter-Koshland); inibizione enzimatica e modelli fenomenologici. **6. Modelli basati su flussi.** Matrice stechiometrica; analisi dei flussi allo stato stazionario; elementary flux modes; relazioni di conservazione; flux balance analysis (FBA) ed esempi applicativi. **7. Modelli di reti di segnalazione e regolazione.** Standard SBML e SBGN; database BioModels; introduzione a COPASI; analisi del crosstalk tra le vie Wnt ed ERK; analisi parametrica; modelli di regolazione genica; multistabilità e bacini di attrazione; studio delle biforcazioni mediante MatCont; regolazione della differenziazione delle cellule ematopoietiche. **8. Identificazione di modelli biologici.** Regressione non lineare, stima dei parametri e intervalli di confidenza; confronto tra predizioni dei modelli e dati sperimentali.
Testi di riferimento	E. Klipp, W. Liebermeister, C. Wierling, A. Kowald, Systems Biology: A Textbook, 2ª ed., Wiley-Blackwell, 2016. J. D. Murray, Mathematical Biology, Springer, 2002.
Note ai testi di riferimento	I testi sono integrati da articoli scientifici selezionati, documentazione dei software e modelli di riferimento disponibili nel database BioModels.
Materiali didattici	Slide, esercitazioni, modelli computazionali e articoli indicati dal docente, accessibili attraverso i canali didattici comunicati all'inizio delle lezioni. Risorse: copasi.org, matcont.sourceforge.net, ebi.ac.uk/biomodels.

Valutazione dell'apprendimento

Valutazione	
Modalità di verifica dell'apprendimento	L'esame comprende una prova scritta e una prova orale. **Prova scritta.** Test con quesiti a risposta multipla e aperta, anche di carattere analitico-applicativo (90 minuti). È consentita la calcolatrice non programmabile; non sono ammessi appunti, testi o dispositivi di comunicazione. Il punteggio dei quesiti è indicato nella prova. **Prova orale.** Discussione di una tesina individuale su un articolo scientifico scelto dallo studente, pertinente al programma. Il colloquio accerta comprensione, interpretazione critica dei modelli e autonomia di rielaborazione; può includere domande sul programma. Non sono previste prove intermedie con valutazione. L'esito dello scritto è comunicato tramite i canali istituzionali. Le modalità sono identiche per frequentanti e non frequentanti.
Criteri di valutazione	**DD1 – Conoscenza e comprensione.** Correttezza e completezza delle conoscenze sui modelli, sui metodi analitici e sui principi biologici. **DD2 – Capacità applicative.** Correttezza nell'impostazione dei problemi, nell'applicazione dei metodi matematici e nell'interpretazione dei risultati delle simulazioni. **DD3 – Autonomia di giudizio.** Capacità di motivare le scelte modellistiche e individuare ipotesi, limiti e criticità. **DD4 – Abilità comunicative.** Chiarezza, coerenza, sintesi espositiva e uso appropriato del lessico scientifico. **DD5 – Capacità di apprendimento.** Autonomia nel reperire, studiare e rielaborare la letteratura scientifica e nel collegarla ai contenuti disciplinari.
Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale	Il voto finale è espresso in trentesimi. L'accesso all'orale richiede almeno 18/30 nello scritto; per superare l'esame occorre una valutazione sufficiente anche nell'orale. Il voto è la media ponderata delle due prove (40% scritto, 60% orale), arrotondata all'intero più vicino. La sufficienza richiede la padronanza dei concetti fondamentali e la capacità di applicarli a problemi di base. Valutazioni elevate richiedono accuratezza metodologica, autonomia di giudizio e qualità dell'esposizione. La lode può essere attribuita dalla commissione in presenza di un risultato di eccellenza in entrambe le prove e di particolare maturità critica.
Altro	Per gli avvisi e il calendario delle lezioni e degli esami si rinvia al sito istituzionale del CdLM. Per ulteriori informazioni: dmsc.unicz.it/personale/docente/carlocosentino.