



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

DIPARTIMENTO	Ingegneria
ANNO ACCADEMICO OFFERTA	2020/2021
ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE	2020/2021
CORSO DILAUREA MAGISTRALE	INGEGNERIA BIOMEDICA
INSEGNAMENTO	STATISTICAL ANALYSIS OF BIOMEDICAL SIGNALS
TIPO DI ATTIVITA'	B
AMBITO	50351-Ingegneria Biomedica
CODICE INSEGNAMENTO	21234
SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI	ING-INF/06
DOCENTE RESPONSABILE	FAES LUCA Professore Ordinario Univ. di PALERMO
ALTRI DOCENTI	
CFU	9
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	144
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLA DIDATTICA ASSISTITA	81
PROPEDEUTICITA'	
MUTUAZIONI	
ANNO DI CORSO	1
PERIODO DELLE LEZIONI	2° semestre
MODALITA' DI FREQUENZA	Facoltativa
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	FAES LUCA Mercoledì 10:30 11:30 Viale delle Scienze, Edificio 9 - DEIM, Il piano (stanza 219)

PREREQUISITI	Conoscenze di base su calcolo vettoriale e matriciale, probabilità e statistica, analisi e visualizzazione di dati. Conoscenze anche rudimentali di linguaggi di programmazione ad alto livello (principalmente Matlab). Conoscenze relative ai moduli di Analisi Matematica e Geometria.
RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI	Conoscenza e capacità di comprensione Lo studente al termine del corso avrà padronanza delle tecniche di rappresentazione ed analisi statistica di dati e segnali, in generale e con specifico riferimento ai segnali biomedici e di derivazione fisiologica. Anche partendo da limitate conoscenze pregresse di probabilità e analisi del segnale, imparerà a realizzare modelli statistici di dati e serie temporali nel contesto dei processi aleatori e ad estrarre indici quantitativi che caratterizzano la complessità di un segnale e l'accoppiamento tra segnali diversi. Si prevede una cospicua parte di esercitazioni in ambiente MATLAB, che permetteranno allo studente di comprendere appieno le tecniche di analisi di dati e segnali e di applicarle a database di segnali biomedici messi a disposizione durante il corso. Capacità di applicare conoscenza e comprensione Lo studente sarà in grado di applicare le conoscenze maturate per caratterizzare il contenuto oscillatorio dei principali segnali biomedici (e.g., cardiaci, vascolari, respiratori, cerebrali), per quantificare le dinamiche di regolazione interne ad un sistema fisiologico (e.g., connettività cerebrale) e le interazioni tra sistemi fisiologici distinti (e.g., interazioni cardiovascolari). Sarà inoltre in grado di estrarre, a partire da registrazioni sincrone di segnali o serie temporali multiple, indici quantitativi utili alla descrizione di diversi stati fisiologici ed in ambito medico per la caratterizzazione di patologie. La capacità di implementare/utilizzare gli algoritmi per l'estrazione di tali indici quantitativi sarà verificata tramite l'elaborato valutato in sede di esame. Autonomia di giudizio Lo studente sarà in grado di scegliere le tecniche di analisi più appropriate al contesto in esame, in dipendenza dal tipo di segnali a disposizione e delle loro specifiche (dimensione, durata, qualità). Saprà inoltre individuare i parametri critici per le metodologie progettate e ottimizzarli per massimizzare la performance delle tecniche di analisi. Sarà infine in grado di interpretare gli indicatori ottenuti nel contesto delle più comuni valutazioni medico/biologiche entro gli ambiti applicativi affrontati. Abilità comunicative Lo studente acquisirà la capacità di comunicare ed esprimere problematiche inerenti l'oggetto del corso. Sarà in grado di sostenere conversazioni su tematiche riguardanti la rappresentazione statistica dei dati e l'analisi dei segnali, evidenziando le limitazioni, individuando le criticità ed offrendo soluzioni per gli scenari applicativi prospettati. Il raggiungimento di questo obiettivo sarà verificato tramite la prova orale. Capacità d'apprendimento L'insieme delle conoscenze maturate durante il corso doterà lo studente degli strumenti essenziali per l'analisi statistica di dati e segnali in contesti anche diversi da quello prettamente biomedicale, permettendogli di affrontare argomenti specialistici a livello di alta formazione e/o ricerca, e problematiche che possono costituire casi di studio nel mondo del lavoro.
VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO	Lo studente esegue in prima istanza un'esercitazione pratica, svolta autonomamente a seguito dell'assegnazione di un argomento da trattare, tipicamente relativo all'implementazione degli algoritmi di analisi sviluppati durante il corso. Lo studente prepara una relazione riguardante l'esercitazione, la quale viene valutata in sede di esame. La prova orale consiste di due parti: (i) discussione della relazione; (ii) esame orale con almeno due domande sugli argomenti del programma del corso. L'esame è strutturato per verificare le conoscenze acquisite (principalmente attraverso le domande sugli argomenti del corso, circa 40% del voto attribuito) e per verificare la capacità di elaborare ed interpretare i concetti (principalmente attraverso la discussione della relazione, circa 40% del voto attribuito); si verificano inoltre l'abilità espositiva e le proprietà di linguaggio dello studente (circa 20% del voto attribuito). La valutazione si basa sui seguenti criteri: a) eccellente (30 - 30 e lode): ottima conoscenza degli argomenti, ottima proprietà di linguaggio, buona capacità analitica, lo studente è in grado di applicare le conoscenze per risolvere i problemi proposti; b) molto buono (27 - 29): buona padronanza degli argomenti, piena proprietà di linguaggio, lo studente è in grado di applicare le conoscenze per risolvere i problemi proposti; c) buono (24 - 26): conoscenza di base dei principali argomenti, discreta proprietà di linguaggio, con limitata capacità di applicare autonomamente le conoscenze alla soluzione dei problemi proposti;

	d) soddisfacente (21 - 23): non ha piena padronanza degli argomenti principali dell'insegnamento ma ne possiede le conoscenze, soddisfacente proprietà linguaggio, scarsa capacità di applicare autonomamente le conoscenze acquisite; e) sufficiente (18 - 20): minima conoscenza di base degli argomenti principali dell'insegnamento e del linguaggio tecnico, scarsissima capacità di applicare autonomamente le conoscenze acquisite f) insufficiente: non possiede una conoscenza minima accettabile dei contenuti degli argomenti trattati nell'insegnamento.
OBIETTIVI FORMATIVI	L'obiettivo del corso è quello di fornire ai futuri ingegneri le conoscenze abilitanti che riguardano le moderne tecniche di analisi statistica multivariata e di elaborazione numerica dei segnali, con riferimento particolare ai segnali biomedici ed alle serie temporali di derivazione fisiologica. Il corso riprende conoscenze di base di probabilità e statistica, e offre una panoramica delle tecniche di analisi multivariata dei segnali nel dominio del tempo (modelli predittivi) e della frequenza (analisi cross-spettrale) nonché basate su misure di teoria dell'informazione (entropia). Il corso procede per concetti, fornendo una trattazione ragionevolmente approfondita e formalizzata, incoraggiando lo studente ad impostare razionalmente i problemi dell'analisi statistica multivariata di dati e segnali. In aggiunta alle conoscenze teorico-metodologiche, il corso mira esplicitamente a trasferire alla pratica i concetti esposti, principalmente tramite l'implementazione in ambiente Matlab delle tecniche di analisi trattate e la loro applicazione a segnali biomedici acquisiti in diverse condizioni fisiopatologiche e resi disponibili agli studenti durante il corso e nell'esercitazione finale.
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	Esercitazione pratica finale e prova orale; valutazione in trentesimi.
TESTI CONSIGLIATI	Slides, dispense e materiale didattico fornito dal docente. Testi consigliati per consultazione e approfondimento: •H. Pishro-Nik, "Introduction to probability, statistics, and random processes", available at https://www.probabilitycourse.com, Kappa Research LLC, 2014. •T.M. Cover, J.A. Thomas, Elements of Information Theory, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2006. •P. Stoica, R. Moses, Spectral analysis of signals, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 2005. •H Lutkepohl, New introduction to multiple time series analysis, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
9	Introduzione: modelli di sistema e modelli di dati; introduzione ai fenomeni aleatori come strumento generale per descrivere i segnali biomedici; classificazione delle tecniche di analisi dei segnali biomedici che verranno trattate nel corso: modelli predittivi, analisi spettrale, analisi di entropia; analisi univariata, bivariata, multivariata; misure di complessità, accoppiamento, causalità. Descrizione dei sistemi fisiologici e dei segnali e serie temporali più comuni che vengono considerati nel corso come casi di studio.
9	Richiami di teoria degli insiemi; esperimenti casuali e probabilità; variabili aleatorie discrete e loro descrizione statistica; vettori aleatori; Misure di informazione per variabili aleatorie discrete: entropia, entropia, mutua informazione, misure condizionali.
9	Variabili aleatorie continue e loro descrizione statistica; stima della probabilità basata su quantizzazione o modelli parametrici. Modelli di regressione lineare tra variabili aleatorie. Misure di informazione per variabili aleatorie continue. Legame tra misure di informazione e regressione lineare.
9	Processi aleatori: definizione, descrizione statistica, proprietà. Modelli statistici di processi aleatori: modelli parametrici lineari e loro identificazione. Predizione nei processi aleatori e misure di complessità, accoppiamento e causalità.
9	Misure di informazione per processi aleatori: informazione predittiva, informazione immagazzinata e trasferita in reti di processi aleatori. Stimatori delle misure di informazione: modelli lineari e approcci non parametrici (cenni).
9	Analisi spettrale dei processi aleatori. Richiami: trasformata Z e trasformata di Fourier, stima spettrale classica. Stima spettrale parametrica e suo utilizzo per la caratterizzazione in frequenza di attività dinamica, accoppiamento e causalità nei processi aleatori.
ORE	Esercitazioni
27	Implementazione pratica dei metodi di analisi studiati durante il corso tramite l'utilizzo di algoritmi sviluppati in ambiente Matlab, e loro applicazione a database di segnali biomedici acquisiti in diverse condizioni fisiopatologiche. L'applicazione potrà includere diversi tipi di segnali fisiologici (ad esempio: variabilità della frequenza cardiaca; variabilità della pressione arteriosa; segnali di attività respiratoria; segnali elettroencefalografici; segnali muscolari; segnale di flusso sanguigno cerebrale) misurati in diverse condizioni fisiopatologiche (ad esempio: stress ortostatico o stress mentale, respiro controllato, stimolazione visiva, blocchi farmacologici; sincope neuromediata, infarto miocardico, epilessia).