

Programma di Strumentazione Biomedica e Bioingegneria

Prof. Gabriele Cevenini
Anno Accademico 2022/2023

- 1) Le informazioni biomediche e la bioingegneria.** Informazioni statistiche. Segnali biomedici temporali e spaziali. Segnali periodici, pseudo-periodici ed aperiodici. Schema a blocchi di un sistema di acquisizione ed elaborazione computerizzata di segnali biomedici. Descrizione sintetica dei vari blocchi con riferimento alle discipline della bioingegneria. Strumentazione biomedica. Stimolatori. Biosensori. Filtri analogici e digitali, attivi e passivi. Conversione analogico-digitale. Campionamento e teorema di Shannon. Quantizzazione e codifica binaria. Sistemi di elaborazione di dati e segnali biomedici. Informatica medica. Metodi quantitativi di aiuto alla diagnosi. Attuatori. Organi artificiali. Protesi e ausili per la riabilitazione. Sistemi di monitoraggio clinico di pazienti critici. Sistemi a catena aperta e chiusa. Cenni alle biotecnologie, alla ingegneria tissutale, alla biologia e alla genetica computazionali, all'ingegneria clinica. Cenni all'intelligenza artificiale, *data mining*, *machine learning* e *data science*, in medicina.
- 2) Analisi armonica di Fourier.** Concetto di segnale sinusoidale puro o armonica. Frequenza, ampiezza, fase e livello medio di una senoide. Serie di Fourier. Spettri di ampiezza e fase. Banda e contenuto informativo del segnale. Esempio di approssimazione con un numero finito di armoniche di un segnale biomedico periodico. Segnali aperiodici. Cenni alla trasformata di Fourier. Esempio di analisi e filtraggio di un segnale cardiorespiratorio.
- 3) Bioimmagini.** I segnali spaziali e spazio-temporali. Bioimmagini e biofilmati per la diagnostica. Introduzione alle tecniche per la generazione di bioimmagini digitali a fini diagnostici (diagnostica per immagini): ecografia, tomografia computerizzata (TC) e risonanza magnetica (RM). Acquisizione delle bioimmagini. Frequenza o risoluzione spaziale. Conversione analogico/digitale di una bioimmagine/biofilmato. Campionamento spaziale: pixel e voxel. Quantizzazione spaziale, risoluzione di ampiezza o contrasto di un'immagine digitale. Livelli di grigio e di colore. Contenuto informativo di un'immagine digitale. Rumore. Rapporto segnale/rumore. Funzione di trasferimento spaziale. Banda equivalente di rumore. Compressione d'immagine con e senza perdita d'informazione. Cenni all'elaborazione d'immagine digitale.
- 4) Modellistica dei sistemi fisiologici.** I modelli fisico-matematici in ambito medico e sanitario. Teoria dei sistemi e modellistica dei dinamici lineari e stazionari. Variabili d'ingresso, di uscita e di stato. Parametri di modello. Uso dei modelli in medicina: simulazione di esperimenti e identificazione di parametri non misurabili, monitoraggio clinico, aiuto alla decisione. Equazioni di stato e d'uscita. Modelli a compartimenti. Esempi di modelli di sistemi biomedici e fisiologici: emodinamica, meccanica respiratoria, farmacocinetica, scambi cellulari, filtrazione renale.
- 5) Test diagnostico-decisionali.** Approcci diagnostici. Probabilità e processi decisionali. Richiami sulle teorie probabilistiche (classica, frequentistica e assiomatica). Assiomi delle probabilità. Coppie di eventi. Probabilità condizionate. Teorema di Bayes ed esperienza clinica. Probabilità a priori e a posteriori. Probabilità nosologica. Test diagnostici. Matrice di classificazione. Veri e falsi, positivi e negativi. Sensibilità e Specificità. Valori predittivi, positivo e negativo. Regola di Bayes e test diagnostici. Test diagnostici quantitativi. Soglia di decisione. Curva ROC. Test di screening e di conferma. Accuratezza dei test diagnostici: area sottesa dalla curva ROC (AUC).
- 6) Strumentazione biomedica.** Schema a blocchi. Principali grandezze misurate. Classificazione degli strumenti biomedici per: grandezza misurata, principio di trasduzione, tipo di organo, tipo di disciplina medica. Valutazione delle performance degli strumenti. Caratteristiche statiche e dinamiche. Strumentazione per segnali elettrici e non elettrici. Rassegna degli strumenti biomedici più diffusi.
- 7) Fondamenti di ecografia.** Introduzione agli ultrasuoni. Ampiezza, intensità, velocità di propagazione, frequenza e lunghezza d'onda di un segnale acustico. Riflessione, riflessione e diffusione di un'onda ultrasonica. Attenuazione e penetrazione di un ultrasuono in un tessuto biologico. Legame tra frequenza acustica, lunghezza d'onda e risoluzione spaziale. Frequenze impiegate. Effetti degli ultrasuoni nei tessuti biologici. Trasduttori e sonde piezoelettriche. Impedenza acustica. Eco riflesso. Guadagno e compensazione. Focalizzazione. Rifasamento.

Tecniche per la produzione di immagini ecografiche. Sistemi ecografici. Risoluzione spaziale e di contrasto. Mezzi di contrasto.

- 8) **Fondamenti di tomografia computerizzata (TC).** La scansione TC. Coefficiente di attenuazione dei raggi X. Unità TC (o Hounsfield). Metodi di ricostruzione delle immagini dalle proiezioni. Effetto stella e filtraggio back-projection. Mappa dei grigi e tecnica del windowing. Strumentazione TC. Le generazioni degli scanner. Geometrie di acquisizione dati e scansione. Cenni sulla scansione a spirale (o elica). Il computer nella TC.
- 9) **Fondamenti di risonanza magnetica (RM).** Fondamenti teorici e principi fisico-chimici. Concetto di Spin. Campo magnetico principale. Campi magnetici impulsivi a radiofrequenza. Segnale FID (free induction decay). Gradiente di campo e ricostruzione dell'immagine. Cenni sulle principali tecniche di imaging. Strumentazione RM. Magneti permanenti e resistivi-superconduttori; intensità, stabilità e omogeneità di campo. Il computer nella RM.
- 10) **Misura di grandezze cardiocircolatorie.** Misure di pressione cardiocircolatoria, dirette e indirette. Metodo Riva-Rocci. Cateterismo e circuito idraulico. Trasduttori ad estensimetro, piezoelettrici e a fibra ottica.
Misure di portata cardiaca: metodo di Fick; diluizione di un indicatore e termo-diluizione.
Misure di flusso ematico: flussimetria elettromagnetica, anemometria a filo caldo, pletismografia, flussimetria ultrasonica a effetto Doppler.