



## UNIVERSITÀ DI PISA SISTEMI SUBACQUEI

---

### RICCARDO COSTANZI

Anno accademico  
CdS

2023/24  
INGEGNERIA ROBOTICA E  
DELL'AUTOMAZIONE  
280II  
6

Codice  
CFU

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
SISTEMI SUBACQUEI	ING-INF/04	LEZIONI	60	RICCARDO COSTANZI ANDREA MUNAFO'

#### Obiettivi di apprendimento

##### *Conoscenze*

Lo studente acquisirà conoscenze riguardo gli strumenti ed i sensori per l'esplorazione geofisica in ambiente subacqueo, i rilievi del fondale e dei sedimenti marini, le misure nella colonna d'acqua. Lo studente acquisirà inoltre conoscenze su come tali strumenti possono essere operati remotamente o in modalità autonoma utilizzando veicoli e robot subacquei, e sui criteri e le metodologie di dimensionamento e progetto di robot subacquei che rispondano alle esigenze di esplorazione e misura.

##### *Modalità di verifica delle conoscenze*

L'accertamento delle conoscenze avviene attraverso discussione in sede di esame.

##### *Capacità*

Al termine del corso lo studente sarà capace:

- di descrivere qualitativamente la propagazione di segnali acustici in base alle condizioni oceanografiche in situ;
- di selezionare un simulatore di propagazione acustica per la predizione numerica del campo acustico in mare;
- di utilizzare le equazioni del sonar per dimensionare la portata di un sistema di misura acustico;
- di determinare la risoluzione di un sistema di misura acustico sulla base della frequenza e delle condizioni ambientali in situ;
- di interpretare i dati di strumenti acustici per l'esplorazione del fondale (ecoscandaglio a fasce, sonar a scansione laterale, profilatori sismici);
- di descrivere tramite opportuni strumenti analitici i modelli dinamici di un robot subacqueo, e del suo sistema di guida, navigazione e controllo;
- di descrivere e dimensionare i sensori per la navigazione subacquea (sistemi a linea di base lunga, corta, ultra corta; correntometri a effetto doppler);
- di descrivere le caratteristiche della principale sensoristica oceanografica (CTD, sonde multiparametriche) e di bordo utilizzata in robot subacquei, nonché il contesto e i limiti operativi di ciascun sensore.

##### *Modalità di verifica delle capacità*

L'accertamento delle capacità avviene attraverso discussione in sede di esame.

##### *Comportamenti*

Lo studente avrà acquisito la capacità di pianificare, condurre e interpretare i risultati di sperimentazione geofisica in mare, con la necessaria consapevolezza delle problematiche, dei limiti fisici e dei necessari compromessi nelle prestazioni dovuti alla complessità ed ai vincoli della sperimentazione in ambito marino.

Lo studente avrà sviluppato un approccio razionale e metodologicamente motivato alla scelta, configurazione ed impiego della strumentazione oceanografica.

##### *Modalità di verifica dei comportamenti*

L'accertamento dei comportamenti avviene attraverso discussione di casi di studio in sede di esame.



## UNIVERSITÀ DI PISA

### Prerequisiti (conoscenze iniziali)

- Fisica della propagazione delle onde (modello ottico)
- Teoria dei sistemi dinamici e elaborazione dei segnali
- Probabilità, processi stocastici

### Indicazioni metodologiche

L'insegnamento prevede:

- Lezioni frontali con slide, notebooks e filmati preparati dal docente, e distribuiti all'inizio dell'insegnamento;
- Discussioni collettive di casi di studio;
- Seminari di ricercatori ospiti su tematiche specifiche.

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

- Elementi di oceanografia e propagazione acustica: la velocità del suono e la variabilità delle condizioni oceanografiche, strumenti di misura oceanografica;
- Propagazione acustica attraverso la teoria dei raggi: interferenza e attenuazione; rumore ambiente e riflessione diffusa; l'equazione del sonar e il compromesso portata-risoluzione.
- L'equazione delle onde: equazione di Helmholtz, funzione di Green.
- Sistemi acustici per l'esplorazione del fondale: ecoscandagli, ecoscandagli a fasci, sonar a scansione laterale, profilatori sismici.
- Robotica marina e sistemi autonomi: Remotely Operated Vehicles (ROVs); Autonomous Underwater Vehicles (AUVs); glider oceanografici; Autonomous Surface Vehicles (ASV).
- Modellistica cinematica e dinamica di robot marini; modelli dinamici a ridotta complessità; sistemi di guida, navigazione e controllo; localizzazione acustica (LBL, SBL, USBL) e sistemi di navigazione di bordo (ADCP/DVL).
- Pianificazione e analisi di missione.

### Bibliografia e materiale didattico

Letture consigliate:

- J.M. Hovem: "Marine Acoustics", Penisula Publishing, 2012;
- X. Lurton: "Introduction to underwater acoustics", Springer, 2002;
- P. Blondel: "The Handbook of side scan sonar", Springer, 2009;
- T. Fossen: "Handbook of Marine Craft Hydrodynamics and Motion Control", Wiley, 2009;
- G. Antonelli: "Underwater Robots", Springer, 2006;
- R.H. Stewart: "Introduction to Physical Oceanography", University of Texas, [http://oceanworld.tamu.edu/ocean410/ocng410\\_text\\_book.html](http://oceanworld.tamu.edu/ocean410/ocng410_text_book.html)

### Indicazioni per non frequentanti

Nessuna

### Modalità d'esame

La modalità di esame è orale.

Nel corso dell'esame allo studente è richiesto di discutere con la commissione un caso di studio di una operazione in mare (e.g., ricerca e salvataggio, manutenzione di siti off-shore, mappatura del sedimento, etc.). Lo studente deve essere in grado di giustificare tecnicamente ogni passaggio dell'operazione pianificata, dalla selezione degli strumenti di misura alla loro installazione a bordo di robot marini ed alle procedure di operazione. Lo studente deve dimostrare la conoscenza delle metodologie e delle formulazioni analitiche che giustificano le suddette scelte tecniche.

### Note

Nessuna

Ultimo aggiornamento 22/10/2023 19:25