Architetture dei Sistemi Distribuiti [2205104]

Offerta didattica a.a. 2026/2027

Docenti: LUCA VOLLERO

Periodo: Secondo Ciclo Semestrale

Obiettivi formativi
L'insegnamento impartirà allo studente conoscenze e competenze relative alle architetture hardware e software dei sistemi informatici con particolare riferimento ai sistemi in grado di acquisire, memorizzare ed elaborare, offline e online, dati provenienti da sensori e da altre sorgenti di dati distribuite nell'ambiente fisico, con il coinvolgimento di sistemi intelligenti per il processamento intermedio dei dati e il tuning dei sistemi coinvolti. Lo studente è inoltre introdotto ai metodi e alle tecniche per la configurazione e il dimensionamento di tali sistemi allo scopo di ottimizzarne le prestazioni.

Prerequisiti
-

Contenuti del corso
Sistemi Distribuiti: Introduzione e tassonomia

Architettura dei Sistemi:

- Modelli centralizzati
- Modelli distribuiti
- Modelli ibridi
- Middleware

Processi:

- Fondamenti di sistemi operativi
- Processi e thread
- Comunicazione tra processi e thread
-- Il paradigma Client&Server
-- Il paradigma Publish-Subscribe
- Sistemi virtuali

Fondamenti di rete:

- Rete di computer
- Il modello RPC
- Il modello a scambio di messaggi
- Comunicazione basata su stream
- Multicast

Sincronizzazione:

- Sincronizzazione degli orologi
- Orologi logici
- Accesso sincronizzato nei sistemi distribuiti
- Sistemi di polling

IoT e Sistemi Distribuiti

- Applicazioni IoT
- Servizi web
- Cloud computing e Platform as a Service
- Edge computing
- Fog Computing

Integrità e replicazione dei dati:

- Modelli data-centric
- Modelli client-centric
- Gestione delle repliche
- Protocolli di integrità dei dati

Sistemi Fault Tolerant
Sicurezza dei Sistemi Distribuiti

Metodi didattici
Il corso consiste in lezioni teoriche frontali (48 ore), esercitazioni in laboratorio (12 ore) e lo sviluppo completo di un progetto finalizzato ad applicare le conoscenze e competenze acquisite (12 ore).

Modalità di verifica dell'apprendimento
L'esame ha lo scopo di verificare l'acquisizione delle conoscenze e delle abilità specificate negli obiettivi formativi dell'insegnamento. L'esame consiste nella discussione di un progetto sviluppato dallo studente e un colloquio orale sugli argomenti di teoria oggetto del programma del corso. Nella discussione del progetto lo studente deve dimostrare di conoscere e aver saputo applicare i modelli e le metodologie dei sistemi distribuiti, attraverso la costruzione di un'analisi dei requisiti puntuale e l'applicazione delle conoscenze sulle architetture e sulle tecnologie oggetto del corso. Nell'esame orale lo studente sarà chiamato a dimostrare le sue conoscenze e competenze nella soluzione di problemi specifici relativi sempre la progettazione, descrizione e gestione di sistemi distribuiti.

Il voto finale si compone per metà della valutazione della qualità tecnica dell'elaborato sviluppato (soluzione architetturale e documentazione) unita alla padronanza con cui verrà condotta la discussione relativa al suo sviluppo, e per l'altra metà dalla dimostrazione della conoscenza degli argomenti del corso unita alla chiarezza con cui questi verranno esposti.
L'attribuzione della lode è condizionata da una valutazione eccellente sui punti precedentemente elencati e la dimostrazione da parte del discente di riuscire a gestire in modo maturo e profondo problematiche di progettazione e gestione non trattate in modo diretto durante il corso.

Testi di riferimento
• Andrew S. Tanenbaum, Maarten Van Steen, Distributed Systems: Principles and Paradigms, Pearson
• David Hanes, Gonzalo Salgueiro, Patrick Grossetete, Robert Barton, Jerome Henry, IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things, Cisco Press.
• Dispense del docente (su piattaforma e-learning)

Risultati di apprendimento specifici
Conoscenza e capacità di comprensione.
Il corso trasferirà allo studente le seguenti conoscenze e capacità di comprensione:
• Conoscenza e comprensione delle diverse architetture distribuite in generale e di quelle IoT in particolare, dei loro componenti funzionali e delle loro caratteristiche.
• Conoscenza delle tecnologie hardware e software di interconnessione dei dispositivi e comprensione delle loro caratteristiche prestazionali.
• Conoscenza e comprensione delle soluzioni architetturali e funzionali per applicazioni software distribuite, in generale, e IoT, in particolare.
• Conoscenza e comprensione dei metodi di descrizione e progettazione di sistemi distribuiti, in generale, e IoT, in particolare, e delle metodiche di configurare e dimensionare dei loro componenti.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione.
Al termine del corso lo studente sarà in grado di:
• Analizzare e definire le specifiche dei requisiti di un sistema distribuito/IoT per l'acquisizione, la memorizzazione e l'elaborazione di dati.
• Selezionare soluzioni architetturali e funzionali per applicazioni distribuite/IoT di acquisizione, memorizzazione ed elaborazione di dati.
• Configurare e dimensionare l'infrastruttura di un sistema distribuit/IoT per l'acquisizione, la memorizzazione e l'elaborazione di dati.
• Selezionare le tecnologie di un sistema distribuito per l'acquisizione, la memorizzazione e l'elaborazione di dati.

Abilità comunicative.
Lo studente svilupperà la capacità di descrivere e comunicare, verbalmente e per iscritto, in modo formale, rigoroso e preciso l'architettura funzionale e le interazioni tra i componenti di un sistema distribuito/IoT.

Capacità di apprendere.
Lo studente sarà in grado di acquisire nuove conoscenze e competenze relativamente a tecnologie e soluzioni architetturali di sistemi distribuiti/IoT.

L'attività didattica è offerta in:

Facoltà Dipartimentale di Ingegneria

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2026)	comune	9	IINF-05/A

Stampa del 03/08/2026

Deep Learning [2205205]

Offerta didattica a.a. 2026/2027

Docenti: PAOLO SODA

Periodo: Primo Ciclo Semestrale

Obiettivi formativi
Il corso approfondirà i principali approcci del Deep Learning basati su reti neurali profonde per l'analisi di dati multidimensionali. Gli algoritmi di apprendimento profondo sono modelli generali non lineari che sono in grado di apprendere le caratteristiche direttamente dai dati, che li rende una scelta eccellente per applicazioni robotiche, di elaborazione del linguaggio naturale, di assistenza sanitaria e di visione artificiale. Il corso si colloca come naturale prosecuzione dell'insegnamento di "Fondamenti di Intelligenza Artificiale: Strumenti e Metodi" e come complemento dell'insegnamento di "Generative AI", contribuendo a completare la preparazione dello studente nell'ambito dell'intelligenza artificiale. In particolare, il corso privilegia la progettazione, l'addestramento e la valutazione di modelli di deep learning per classificazione, regressione, segmentazione, analisi di sequenze, apprendimento multimodale e deep reinforcement learning, con attenzione agli aspetti applicativi e sperimentali non sviluppati nei corsi precedenti, nonché agli aspetti di spiegabilità dei modelli.
Lo scopo del progetto finale sarà quello di imparare ad affrontare in autonomia un problema reale o di laboratorio applicando un modello di rete neurale per creare un'applicazione o per valutare sperimentalmente la capacità degli approcci di Deep Learning in vari contesti. Il corso sarà costituito da due parti: una composta da lezioni frontali teoriche e una seconda parte svolta di laboratorio concertata sull'applicazione dei modelli analizzati tramite il linguaggio Python.

Prerequisiti
Si raccomanda il superamento della prova finale dell'insegnamento di Fondamenti di Intelligenza Artificiale; Strumenti e Metodi.

Contenuti del corso
PARTE 1 Lezioni frontali (~66%)
Argomenti trattati nelle lezioni frontali:
• Introduzione al corso, panoramica del Deep Learning, metodi di valutazione, campi applicativi (robotica, NLP, healthcare, visione artificiale); (1h)
• Richiami di algebra lineare, probabilità, teoria dell'informazione e calcolo numerico, richiami di Deep Feedforward Networks (architettura, funzioni di attivazione, addestramento con backpropagation e funzioni di rischio; Tecniche di regolarizzazione per il Deep Learning: L1, L2, Dropout, data augmentation, gestione dello sbilanciamento dei dati; Strategie di ottimizzazione dell'addestramento: mini-batch, early stopping, learning rate scheduling, funzioni di perdita surrogate) (2 h)
• Convolutional Neural Networks (CNN): convoluzione, pooling, architetture base e Softmax; CNN avanzate: da AlexNet a EfficientNet; (6 h)
• Autoencoder: struttura, training e regularizzazione, denoising autoencoders (DAE), U-Net per segmentazione; (2 h)
• Reti ricorrenti e sequenziali: RNN, LSTM, GRU, architetture encoder-decoder; Soluzioni ibride per serie temporali, transfer learning; (6 h)
• Multimodal Learning: definizione di multimodalità, tipologie di dati e sfide principali; Architetture e strategie di fusione multimodale: early, joint, late fusion; soft/hard attention, co-attention, cross-attention; Sfide aperte e prospettive future del Multimodal Learning: generalizzazione, efficienza, interpretabilità, trend emergenti; (5 h)
• Introduzione alle tecniche di Explainable AI (2h);
• Deep Reinforcement Learning: DQN, Double DQN, Dueling DQN; Metodi policy gradient, actor-critic, algoritmi avanzati (PPO, DDPG, TD3, SAC), Multi-Agent RL (6 h)

PARTE 2
Laboratorio (~33%) Tutti gli argomenti affrontati durante le lezioni saranno analizzati dal punto di vista dello sviluppo algoritmico attraverso lezioni in laboratorio dove sarà approfondito l'uso di PyTorch.

Metodi didattici
Lezioni frontali (~66% del totale delle lezioni), in cui vengono presentati gli argomenti del corso e svolti esercizi che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici. Esercitazioni in laboratorio (~33% del totale delle lezioni), per insegnare l'uso degli strumenti software utili per sviluppo di reti di deep learning. Lo studente svilupperà un progetto di gruppo su tematiche inerenti al corso.

Modalità di verifica dell'apprendimento

Le conoscenze e le competenze acquisite durante il corso sono valutate attraverso due componenti principali: un progetto di gruppo e un colloquio orale. Il progetto di gruppoprevede lo sviluppo di un'applicazione basata su modelli di deep learning, con l'obiettivo di risolvere un problema reale assegnato, ad esempio classificazione, segmentazione, analisi di serie temporali o apprendimento multimodale. La valutazione terrà conto della correttezza della soluzione proposta, della coerenza del metodo scelto, dell'efficienza e della robustezza dell'approccio.
Il colloquio orale verificherà la conoscenza teorica dei principali modelli studiati, la capacità di collegare i concetti in modo logico e l'uso appropriato del linguaggio tecnico. Durante il colloquio sarà anche discussa l'esperienza progettuale svolta in gruppo.
Il voto finale sarà determinato per il 70% dal colloquio orale e per il 30% dal progetto. Il superamento del corso richiede il soddisfacimento di requisiti minimi in entrambe le prove, ovvero il raggiungimento della sufficienza di 18/30 in ciascuna prova. Come attività integrativa, lo studente potrà discutere un articolo scientifico assegnato durante il corso; tale discussione potrà contribuire con un bonus fino a +2 punti sul voto finale. Il massimo punteggio, pari a 30/30 e lode, sarà assegnato a chi dimostrerà padronanza completa degli argomenti, autonomia di giudizio e chiarezza espositiva.

Testi di riferimento

Appunti delle lezioni, presentazioni Powerpoint, esercizi, distribuiti in formato elettronico all'indirizzo http://elearning.unicampus.it/.
I contenuti del corso sono inclusi nei seguenti testi di riferimento:
Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville – Deep Learning, The MIT Press.

Risultati di apprendimento specifici

Capacità di applicare conoscenza e comprensione
Lo studente dovrà:
- Saper comprendere e implementare i principali modelli di deep learning trattati nel corso;
- Essere in grado di affrontare problemi reali utilizzando reti neurali appropriate (es. classificazione, regressione, segmentazione, analisi di sequenze, apprendimento multimodale);
- Saper utilizzare strumenti software (in particolare PyTorch) per progettare, addestrare e validare modelli di deep learning su dati complessi.

Autonomia di giudizio
Lo studente dovrà:
- Essere in grado di valutare criticamente le scelte progettuali da adottare per affrontare problemi applicativi complessi;
- Saper giudicare i punti di forza e le limitazioni dei modelli neurali proposti in letteratura o implementati in laboratorio;
- Valutare la qualità delle soluzioni proposte in termini di accuratezza, efficienza computazionale e robustezza;
- Saper decidere autonomamente come impostare il pre-processing dei dati, la progettazione del modello e le strategie di addestramento in scenari eterogenei.

Abilità comunicative
Lo studente dovrà:
- Saper redigere e presentare in modo chiaro ed efficace soluzioni progettuali a problemi reali, anche in contesti multidisciplinari;
- Utilizzare in modo appropriato il linguaggio tecnico relativo al deep learning e alla modellazione neurale, sia in forma scritta che orale.

Capacità di apprendere
Lo studente dovrà sviluppare le competenze necessarie per proseguire in modo autonomo lo studio e l'aggiornamento nell'ambito dell'intelligenza artificiale. In particolare, dovrà:
- Acquisire una solida comprensione dei fondamenti teorici delle reti neurali profonde;
- Comprendere i principi di progettazione di pipeline di deep learning per diversi tipi di dati (immagini, testo, segnali, sequenze);
- Riconoscere le potenzialità delle tecniche di deep learning per costruire sistemi intelligenti in grado di analizzare, interpretare e generare dati in scenari reali complessi.

L'attività didattica è offerta in:

Facoltà Dipartimentale di Ingegneria

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea	Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2025)	comune	6	ING-INF/05

Magistrale

Stampa del 03/08/2026

Digital Twins per il Controllo, l'Automazione e la Predective Maintenance [2205102]

Offerta didattica a.a. 2026/2027

Docenti: ROBERTO SETOLA

Periodo: Primo Ciclo Semestrale

Obiettivi formativi
Il corso mira a fornire conoscenze teoriche e pratiche sull'utilizzo di tecniche di controllo moderno basate sul concetto di stato e di come questo possa essere dedotto attraverso l'utilizzo di un Digital Twin. Gli studenti apprenderanno l'uso di metodologie avanzate per la modellazione e la simulazione di sistemi reali, integrando controllo, sistemi di osservazione come il filtro di Kalman, tecniche di rilevamento di guasti. Il corso prevede inoltre l'utilizzo di algoritmi di Digital Twin all'interno di schemi di automazione industriale.

Prerequisiti
Elementi basilari di Teoria del Controllo (Fondamenti di Automatica)

Contenuti del corso
Concetto di Stato e Tecniche Controllo Moderno (25%): Richiami sul concetto di stato e relative proprietà dei sistemi lineari. Sistemi a tempo discreto e sistemi a dati campionati. Tecniche di controllo a retroazione di stato e tecniche di controllo ottimo. Introduzione ai concetti di controllo ottimo e applicazione ai Digital Twins per sistemi dinamici.

Digital Twins (25%): Introduzione ai sistemi di Digital Twin. Tecniche di progettazione di sistemi di Digital Twin basate su approcci model-driven: Osservatore di Luenberger, Filtro di Kalman e Filtro di Kalman Esteso. Elementi per la realizzazione di Digital Twin mediante tecniche data-driven. Utilizzo di schemi di Digital Twins per la stima e la predizione dello stato di sistemi complessi e per la chiusura dei loop di controllo.

Tecniche di Anomaly e Fault Detection (25%): Approcci per il rilevamento di situazioni anomale e di fault. Metodologie per la progettazione di algoritmi in grado di indentificare situazione aomale (Anomaly Detection System) e guasti (Fault Detection System) e per la loro prevenzione (Predictive Maintenance) e gestione (Incident Response System).

Algoritmi Avanzati (25%): Osservatori Unknown Input Observer per la stima di un disturbo ignoto. Osservatori di sistemi soggetti a rumori non Gaussiani tramite approcci di tipo Zonotopico. Approcci Data-Driven (es. Stima ai minimi quadrati, stima a massima verosimiglianza, variational Autoencoders).

Metodi didattici
Lezioni frontali (60%). Esercitazioni alla lavagna, con il calcolatore e/o sperimentali (40%).

Modalità di verifica dell'apprendimento
Il voto è composto per il 40% dalla valutazione del progetto e per l'60% dalla valutazione del colloquio orale. Il colloquio orale si struttura in due-tre domande teoriche (es., dimostrazioni o presentazione di schemi di controllo) o pratiche (es. esercizi).

Testi di riferimento
Dispense fornite dal docente

Risultati di apprendimento specifici
Il corso mira a fornire le seguenti competenze:

1) Conoscenza e capacità di comprensione:
- Conoscenza e strumenti metodologici per la progettazione di algoritmi di controllo moderni basati sull'utilizzo dello stato di un sistema.
- Conoscenza di strumenti metodologici per l realizzazione di sistemi di Digital Twin per la determinazione dello stato di un sistema.
- Comprensione dell'utilizzo degli algoritmi di stima come il filtro di Kalman all'interno dei modelli di Digital Twins.
- Conoscenza delle principali tecniche per la individuazione automatica di situazioni anomale e di guasto (fault

detection) e per la loro gestione predittiva e correttiva (predictive maintenance e fault management) utilizzando Digital Twins.
- Capacità di integrare algoritmi di supervisione, gestione e controllo basate su concetto del Digital Twin all'interno di schemi di controllo di automazione industriale.
-Capacità di utilizzo di algoritmi avanzati come metodi data-driven, Zonotopes, e/o Unknown Input Observers

2) Conoscenza e capacità di comprensione applicate:
- Progettazione di algoritmi di controllo e di monitoraggio basati sul concetto di stato di un sistema e sua ricostruzione attraverso l'impiego di un Digital Twins, considerando le problematiche legate all'implementazione su calcolatori o microcontrollori.

3) Autonomia di giudizio:
- Capacità di selezionare la strategia più efficace per l'analisi e il controllo di sistemi complessi attraverso l'uso di Digital Twins.

4) Abilità comunicative:
- Capacità di discutere e collaborare con docenti e colleghi su argomenti avanzati legati al controllo moderno, all'utilizzo dei Digital Twins, alla manutenzione predittiva e all'automazione industriale.
- Abilità nel comunicare soluzioni tecniche e nel formulare domande e risposte pertinenti in lingua inglese.

5) Capacità di apprendere:
- Metodo di apprendimento basato sulla partecipazione attiva agli insegnamenti teorici e alle esercitazioni pratiche.
- Stimolazione della capacità di risolvere problemi pratici attraverso l'uso di Digital Twins, con un incremento progressivo della difficoltà durante il corso.

L'attività didattica è offerta in:

Facoltà Dipartimentale di Ingegneria

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2026)	comune	9	IINF-04/A

Stampa del 03/08/2026

Ethical Hacking [2205204]

Offerta didattica a.a. 2026/2027

Docenti: LUCA FARAMONDI

Periodo: Primo Ciclo Semestrale

Obiettivi formativi
Il corso si prefigge di fornire al discente concetti di cybersecurity avanzati circa la sicurezza delle reti al fine di consentire al discente di gestire e condurre in piena autonomia attività di vulnerability assessment e penetration testing su infrastrutture IT ed OT.
Inoltre, il corso si propone di trasmettere al discente le nozioni fondamentali per l'analisi della sicurezza del software al fine di effettuare verifiche circa la presenza di vulnerabilità in applicativi software.
Infine, il corso si prefigge di fornire ai discenti nozioni avanzate di web security con particolare attenzione ai servizi web e alle vulnerabilità client e server side. Al termine del corso, ai discenti sarà data l'opportunità di ottenere una certificazione in ambito cybersecurity.

Prerequisiti
Fondamenti di Cybersecurity

Contenuti del corso
Parte I – Introduzione
Architettura del OS, struttura del file system, comandi principali, configurazione di rete, processi, Kernel, macchina virtuale, Distribuzioni Linux, Virtualizzazione, Setup iniziale, Disamina a dei principali componenti

Parte II – Network Security
Strumenti di protezione delle reti, Virtual LAN, attività di vulerability assessment e penetration testing
Information Gathering e Footprinting, traceroute, ping, whois, nmap, nslookup, Google Dorks.

Attività di configurazione firewall, IDS, IPS e DMZ.

Parte III – Software Security e Malware Analysis
Architetture X86, Executable and Linkable format (ELF), Secure Programming, Secure Software Development, Defensive Programming, Memory management e debugging, GDB, strumenti di reverse engineering, Ghidra

Parte IV – Web Security
File Disclosure: (Impact and Overview, Paths 101, Path traversal attacks, Fixes), Server-Side Request Forgery, command e code injections, Blind SQL injection, Time-based SQL injection, Cross-Site Scripting, Cross-Site request Forgery.

Parte V – Hardware Security
Circuiti digitali, Flip-Flops, latch, registry e memorie. Hardware trojan, side channel attacks, power analysis, fault attacks, test infrastructure-based attacks.

Metodi didattici
Lezioni frontali sugli argomenti del corso (35%)
Esercitazioni in aula ed in laboratorio (50%)
Seminari con esperti (15%)

Modalità di verifica dell'apprendimento
Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento:
Prova scritta e progetto di gruppo.
La prova scritta, della durata di 1 ora, prevede tre domande orientate alla verifica delle competenze di base acquisite durante il corso con particolare riferimento alle policy di gestione della sicurezza del software, dei servizi web e delle reti.
L'elaborato progettuale di gruppo (massimo 4 persone) sarà concordato con i componenti del gruppo e potrà riguardare le seguenti aree:
• Sicurezza hardware: realizzazione e test della sicurezza di un circuito elettronico

• Malware Analysis: Esecuzione di un malware in contesto isolato e produzione di un report post-incidente.
• Software security: risoluzione di una challenge che prevede attività di debug e reverse engineering

Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale:
Sia per la prova scritta che l'elaborato progettuale verrà attribuito un punteggio espresso in trentesimi in relazione alla correttezza, esaustività e complessità del lavoro presentato. Una valutazione positiva sia della prova scritta che del progetto (pari, almeno, a 18/30) è condizione necessaria per il superamento dell'esame. Il voto finale sarà calcolato come media ponderata del voto della prova scritta (40%) e della valutazione del progetto di gruppo (60%).

Testi di riferimento
Materiale didattico di supporto all'apprendimento
Dispense del docente
Articoli Scientifici

Risultati di apprendimento specifici
- Consapevolezza dei potenziali effetti dell'exploit di vulnerabilità hardware e software su sistemi IT ed OT.
- Conoscenza delle soluzioni hardware e software utili per attività di vulnerability assessment e penetration testing su reti IT ed OT e delle modalità di produzione e verifica di sistemi software
- Capacità di produrre software sicuro ed individuazione di potenziali vulnerabilità con attenzione alle problematiche relative all'utilizzo di sistemi forniti da terze parti, librerie, ed utilizzo della memoria.
- Capacità di organizzare attività di penetration testing e vulnerability assessment su sistemi hardware e software
- Capacità di progettare servizi web sicuri con attenzione alle vulnerabilità client e server side.
- Capacità di valutare la sicurezza di sistemi hardware e software
- Conoscenza delle principali metodologie per l'analisi delle vulnerabilità hardware e software

L'attività didattica è offerta in:

Facoltà Dipartimentale di Ingegneria

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2025)	comune	6	ING-INF/04

Stampa del 03/08/2026

Fondamenti di Cybersecurity [2205105]

Offerta didattica a.a. 2026/2027

Docenti: LUCA FARAMONDI

Periodo: Secondo Ciclo Semestrale

Obiettivi formativi
Il corso si prefigge di fornire al discente i principali concetti di cybersecurity al fine di consentirgli di introdurre tali elementi in fase di progetto, gestione, manutenzione e dismissione di un sistema cyber-physical valutando i dettagli architetturali sia infrastrutturali che applicativi.
Inoltre, il corso si propone di fornire le conoscenze di base circa gli standard di sicurezza di dati fornendo un insieme di best practice necessarie per la gestione della sicurezza delle informazioni.

Prerequisiti
Basi di programmazione.

Contenuti del corso
Parte I – Introduzione alle Operational Technologies
Richiami di automazione
Sistemi di controllo (richiami). Sensori ed attuatori (richiami). Sistemi SCADA. Controllori industriali.
Mezzi trasmissivi.
Operational Technology ed Information Technology
Architetture ed elementi caratteristici degli impianti. Gestione degli aggiornamenti. Dispositivi IoT ed IIoT.
Sicurezza dei processi e caratteristiche di integrità, disponibilità e confidenzialità dei dati.

Parte II – La Sicurezza delle reti informatiche
Architetture di rete
Dispositivi di rete. Topologie di rete. Tecniche di commutazione. Gestione della comunicazione.
Protocolli di comunicazione
Protocolli della suite TCP-IP. Protocollo ModBUS. Standard OPC UA. Tecniche di Crittografia. Protocolli di scambio email, SMTP e phishing.
Vulnerabilità delle reti e dei protocolli
Vulnerabilità dei protocolli industriali. Vulnerabilità delle reti wireless. Tecniche di attacco (ARP Spoofing, Man in the Middle, Denial of Service, Distributed Denial of Service).
Strumenti per Penetration Testing e Vulnerability Assessment
La distribuzione Kali Linux. Strumenti per simulazioni hardware in the loop. Mini CPS.
Soluzioni per il monitoraggio della rete
Intrusion detection Systems, Intrusion. Prevention Systems. Firewall. DMZ. Snort. Soluzioni Anomaly Based e Signature Based per l'identificazione delle minacce.

Parte III – La Sicurezza dei sistemi IT
Sistemi di autenticazione ed accesso a servizi
Caratteristiche della sicurezza dei dati. Certificati digitali. Firma digitale. Servizi di posta. Metodi di autenticazione.
Sicurezza di dispositivi IoT
Dispositivi esposti in rete, configurazioni di rete per la condivisione sicura di periferiche: webcam, stampanti, etc.

Parte IV – La sicurezza del software
Vulnerabilità e minacce software. Security by Design. Approcci Design by Contract e Defensive programming. Code Injection. SQL Injection. Buffer Overflow. Privilege Escalation. Cross-Site Scripting, Vulnerabilità su piattaforme web.

Parte V – Analisi delle Fonti Aperte
Social Engineering. Strumenti per indagini OSINT. Shodan.IO

Metodi didattici
Lezioni frontali sugli argomenti del corso (50%)
Esercitazioni in aula ed in laboratorio (30%)
Seminari con esperti (20%)

Modalità di verifica dell'apprendimento

Sia per la prova scritta che l’elaborato progettuale verrà attribuito un punteggio espresso in trentesimi in relazione alla correttezza, esaustività e complessità del lavoro presentato. Una valutazione positiva sia della prova scritta che del progetto (pari, almeno, a 18/30) è condizione necessaria per il superamento dell’esame. Il voto finale sarà calcolato come media ponderata del voto della prova scritta (40%) e della valutazione del progetto di gruppo (60%).

Testi di riferimento

Materiale didattico di supporto all’apprendimento
Dispense del docente
Articoli Scientifici
Testi di Consultazione
James F. Kurose, Keith W. Ross "Internet e Reti di Calcolatori" Pearson Education.
C. P. Pfleeger, S. L. Pfleeger, J. Margulies: “Security in Computing, 5th Edition”, Prentice Hall, 2015
Charles J. Brooks, Christopher Grow, Philip Craig, Donald Short, "Cybersecurity Essentials", Sybex Inc, 2018
Alan Calder, Steve Watkins "IT Governance: An International Guide to Data Security and ISO 27001/ISO 27002", Kogan Page Ltd, 2019

Risultati di apprendimento specifici

- Consapevolezza dei legami tra processi fisici e infrastruttura informatica
- Conoscenza dei principali protocolli di comunicazione nelle reti e loro vulnerabilità
- Capacità di progettare infrastrutture di rete e software per applicazioni cyber-physical minimizzando il rischio cyber.
- Capacità di organizzare attività di penetration testing e vulnerability assessment sistemi cyber-physical
- Capacità di progettare soluzioni per l’identificazione e la mitigazione di minacce cyber
- Capacità di valutare le minacce legate a sistemi IT e servizi web.
- Conoscenza delle principali best practice che regolano la gestione della sicurezza delle informazioni

L'attività didattica è offerta in:

Facoltà Dipartimentale di Ingegneria

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2026)	comune	9	IINF-04/A

Stampa del 03/08/2026

Fondamenti di Intelligenza Artificiale: strumenti di sviluppo e metodi [2205103]

Offerta didattica a.a. 2026/2027

Docenti: PAOLO SODA

Periodo: Ciclo Annuale Unico

Obiettivi formativi

Il corso si compone di due moduli: Strumenti di Sviluppo e Metodi.
Gli obiettivi di apprendimento del modulo Strumenti di Sviluppo forniscono allo studente conoscenze e competenze necessarie per utilizzare linguaggi di programmazione di alto livello per lo sviluppo di applicazioni software orientate all'elaborazione dei dati. Lo studente approfondirà l'uso di metodi e strumenti di programmazione che consentono lo sviluppo collaborativo ed efficiente del software attraverso la generazione e il riutilizzo di componenti modulari di alta qualità. Le competenze di programmazione sono applicate a strategie e algoritmi per l'analisi dei dati nelle applicazioni di Intelligenza Artificiale.
Gli obiettivi di apprendimento del modulo Metodi sono acquisire i concetti di base del Machine Learning (ML) e dell'IA simbolica, ovvero i sistemi e gli algoritmi che si basano sull'osservazione dei dati per la sintesi di nuova conoscenza. Ad esempio, l'apprendimento può avvenire catturando caratteristiche da esempi, strutture dati o sensori, per analizzare e valutare le relazioni tra le variabili osservate. In particolare, lo studente dovrebbe:

- Acquisire un adeguato livello di conoscenza dei fondamenti teorici dei principali modelli computazionali per l'apprendimento (ad es. apprendimento supervisionato e non supervisionato, classificatori e regressori, modelli di apprendimento basati su distanza e su modello, classificatori lineari e a kernel, modelli evolutivi, analisi delle serie temporali, ecc.);
- Comprendere i metodi per la sintesi di nuova conoscenza;
- Comprendere i fondamenti dei metodi per definire una procedura sperimentale e per la valutazione delle prestazioni;
- Comprendere il potenziale dell'IA per lo sviluppo di sistemi di supporto alle decisioni, data mining e analisi dei big data;
- Imparare l'uso di ambienti di sviluppo appropriati per l'applicazione dei metodi IA.

Prerequisiti

Le conoscenze e le competenze richieste per l'ammissione al corso di laurea sono prerequisiti.
Si raccomanda inoltre di superare l'esame finale del corso di Ottimizzazione.

Contenuti del corso

Modulo Development Tools (40 ore)
• Elementi di base del linguaggio Python (4 ore)

- Built-in types
- Variabili
- Oggetti e metodi
- Le strutture dati in Python: liste, tuple, set, dizionari
- Strutture di controllo
- Funzioni e passaggio dei parametri
- Ricorsione
- Pacchetti

• Rappresentazione dei dati (6 ore)

- Il concetto di informazione e riferimenti alla rappresentazione dei dati
- Strutture dati: modelli e implementazione
- Riferimenti al modello relazionale
- Il modello associativo e oggetto
- Rappresentazione serializzata dei dati: JSON, YAML e XML

• Programmazione orientata agli oggetti (10 ore)

- Il concetto di classe, sottoclasse e interfaccia
- Modularity e decoupling
- Information hiding
- Ereditarietà e Polimorfismo
- Design Patterns
- Programmazione orientata agli oggetti in Python

• Integrazioni di programmazione Python (4 ore)

- Programmazione funzionale in Python
• Espressioni lambda
• Le funzioni map e filter
• List comprehension
• Pacchetti rilevanti (6 ore)
- numpy
- scipy
- pandas
• Sviluppo e organizzazione del software (10 ore)
- Strumenti per il controllo di versione del codice (git, GitHub)
- I software design patterns
- Test Driven Development (TDD)
- Tecniche di sviluppo di software cloud-native
- Architetture software stateless
- La tecnologia Docker per la realizzazione di containers
- La distribuzione del software mediante containers
- Architetture in alta disponibilità (HA)
• Sviluppo di un progetto

Modulo Metodi (80 ore)
• Introduzione, definizione del concetto di apprendimento e riconoscimento dei modelli, varie definizioni, metodologia e processo di analisi, concetto di descrittore o caratteristica
• Apprendimento supervisionato, non supervisionato, semi-supervisionato, reinforcement learning
• Modello del processo di analisi dei dati, esempio semplice di cosa significhi classificare basandosi sull'esperienza, esempio di riconoscimento dei pesci, overfitting, underfitting
• Metodi di validazione
• Metodi di valutazione delle prestazioni, metodologie sperimentali, cross-validation, matrice di confusione, metriche derivate dalla matrice, confusione, la curva ROC
• Teorema di Bayes, teoria decisionale bayesiana e il classificatore bayesiano
• Classificatore non parametrico: Nearest Neighbor (NN) e la sua estensione (kNN), affidabilità delle decisioni di kNN, considerazioni computazionali
• Support Vector Machine (SVM): algoritmo di apprendimento, tipi di kernel, il problema dell'affidabilità delle decisioni XOR
• Alberi decisionali (CART, ID3, C4.5); l'albero come strumento per la regressione e la selezione delle caratteristiche
• Metodi di classificazione basati sulla decomposizione binaria dei problemi multiclasse
• Sistemi multi-esperto: bagging e boosting, adaboost; random forest
• Riduzione della dimensionalità: Feature selection ed Feature extraction
• Preparazione e pulizia dei dati: Pulizia dei dati, Dati mancanti, Dati errati e incoerenti, Scaling e normalizzazione, Riduzione e trasformazione dei dati, Campionamento dei dati, Riduzione dei dati con trasformazione del tipo (per le serie temporali)
• Introduzione alle reti neurali e al deep learning. Modello di neurone, funzioni di trasferimento, il percettrone, LMS, discesa gradiente stocastica, introduzione a MLP, il problema della saturazione, Error-Backpropagation, cross-entropy, Softmax, ReLU, Tecniche per combattere l'overfitting (ad es. regolarizzazione L1 e L2, dropout), il problema del gradiente evanescente o esplosivo
• Apprendimento non supervisionato, clustering e stima delle prestazioni: definizione di apprendimento non supervisionato, nomenclatura e principali applicazioni, conoscenza teorica e algoritmica dei principali algoritmi di clustering (Agglomerativo Gerarchico, K-means, DB-SCAN, Expectation Maximization, Mean Shift e Clustering Spettrale), conoscenza delle principali metriche per la stima delle prestazioni interne ed esterne (indice di Silhouette e indice di Rand corretto)
• Metodi di regressione (lineare, logistica, kNN, alberi, SVR) e stima delle prestazioni per problemi di regressione;
• Introduzione al reinforcement learning;
• Introduzione all'analisi delle serie temporali: definizioni di serie temporali univariate e multivariate, riduzione del rumore di preprocessing, rappresentazione (Trasformata di Fourier Discreta e Approssimazione Aggregata Simbolica), previsione con modelli autoregressivi, classificazione con Dynamic Time Warping, e, suggerimenti sulla clusterizzazione delle serie temporali e tassonomia.
• Introduzione all’analisi delle serie temporali con reti neurali: Time-Delay Neural Networks, reti ricorrenti (RNN)
• AutoEncoders: undercomplete e overcomplete
• Modelli evolutivi: evoluzione naturale e genetica molecolare, sistemi evolutivi artificiali, Intelligenza di Sciame;
• Attività di laboratorio: utilizzo delle librerie Python per l'IA, anche in cloud
• Sviluppo di un progetto finale

Metodi didattici
Il corso consiste in lezioni teoriche frontali (55%), flipped classroom (10%), esercitazioni di laboratorio con l'uso di strumenti open source (20%) e lo sviluppo completo di uno o più progetti in piccoli gruppi (15% più lavoro individuale) volti ad applicare le conoscenze e le competenze acquisite.

Modalità di verifica dell'apprendimento

I risultati specifici di apprendimento vengono verificati attraverso lo sviluppo di 3-4 elaborati intermedi durante il semestre e lo sviluppo di un progetto finale, oltre che da un colloquio orale.
Gli elaborati intermedi dovranno essere sviluppati durante il semestre nel tempo di lavoro individuale, e sono volti a rafforzare la comprensione e le capacità pratiche del modulo Strumenti.

Il progetto finale ha come scopo lo sviluppo di una pipeline di elaborazione dei dati basata su AI per affrontare il compito presentato durante il corso, a partire dalla preparazione dei dati fino alla valutazione delle prestazioni, utilizzando uno o più modelli di AI (ad esempio modelli computazionali per risolvere problemi di classificazione, clustering e regressione).
Agli studenti verrà fornito un dataset reale che specifica il problema da risolvere; ad esempio, può essere fornito un dataset con segnali acquisiti da un dispositivo IoT, richiedendo agli studenti di sviluppare un algoritmo in grado di prevedere il valore futuro del segnale stesso.
Tale sviluppo deve essere rigoroso secondo quanto presentato nel modulo Metodi, ed allo stesso tempo deve rispettare i requisiti dello sviluppo di qualità del software secondo quanto presentato nel modulo Strumenti. Inoltre, lo sviluppo è costantemente monitorato dai docenti attraverso la piattaforma di sviluppo collaborativo introdotta durante il corso, verificando il contributo di ogni membro del gruppo, i metodi di interazione tra i membri e la qualità del lavoro svolto dal gruppo nel suo insieme. La valutazione delle conoscenze e delle competenze acquisite durante il progetto finale avviene sia attraverso l'analisi del codice sviluppato, sia attraverso una presentazione finale da svolgersi in aula sotto forma di pitch indicativamente nel corso dell'ultima lezione, seguita da domande di discussione.

La valutazione delle conoscenze e delle competenze acquisite da ciascun studente è completata durante un esame finale orale inerente gli argomenti teorici inclusi nel programma.

In tutti i lavori sperimentali, gli elementi presi in considerazione sono: la logica seguita dallo studente nella risoluzione del problema, la correttezza della procedura identificata per la soluzione, l'adeguatezza della soluzione proposta in relazione alle competenze che lo studente si aspetta di aver acquisito. Ciascuno di questi elementi pesa ugualmente nella valutazione della prova di laboratorio, e il soddisfacimento di questi aspetti, almeno al 60%, è una condizione necessaria per ottenere la sufficienza. Valutazioni più alte verranno assegnate agli studenti i cui lavori soddisfano tutti gli aspetti sopra elencati, in proporzione crescente.

Il test orale consiste in un colloquio, che mira a verificare che lo studente abbia acquisito un livello adeguato di conoscenza dei fondamenti teorici dei principali modelli computazionali per l'IA. Durante il test orale, gli elementi presi in considerazione sono: la logica seguita dallo studente nel formulare la risposta alla domanda, la correttezza della procedura identificata per la soluzione della domanda, l'adeguatezza della soluzione proposta in relazione alle competenze che si suppone lo studente abbia acquisito alla fine del corso, l'uso di un linguaggio appropriato. Ciascuno di questi elementi pesa ugualmente nella valutazione del test orale, e il soddisfacimento di questi aspetti, almeno al 60%, è una condizione necessaria per ottenere un voto di 18. Voti più alti verranno assegnati agli studenti i cui lavori soddisfano tutti gli aspetti elencati sopra, in proporzione crescente. Un esempio di domanda potrebbe essere: "presenta il modello degli alberi decisionali".

Testi di riferimento
- Luciano Ramalho, Fluent Python, O'Reilly
- Ferdinando Santacroce, Git Essentials, Packt (https://www.packtpub.com/product/git-essentials/9781785287909)
- Documentazione dei pacchetti Python
- Bishop, Pattern recognition and machine learning. Springer, 2006
- Duda, et al. Pattern classification. John Wiley & Sons, 2012
- Gareth James, Daniela Witten, Trevor Hastie, Robert Tibshirani - An Introduction to Statistical Learning with Applications in R. Springer Texts in Statistics
- Aurélien Géron - Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn and TensorFlow: Techniques and Tools to Build Learning Machines, O'Reilly;
- Charu C. Aggarwal - Data Mining The Textbook. Springer 2015.
- Charu C. Aggarwal, Chandan K. Reddy - Data Clustering: Algorithms and Applications
- Dario Floreano, Claudio Matiussi - Bio-Inspired Artificial Intelligence: Theories, Methods, and Technologies
- Appunti forniti dal docente

Risultati di apprendimento specifici
Conoscenza e comprensione.
Il corso trasferirà allo studente le seguenti conoscenze e comprensioni:
• Conoscenza e comprensione delle tecniche di analisi dei requisiti finalizzate allo sviluppo di componenti software che soddisfino tali requisiti.
• Conoscenza di uno o più linguaggi di programmazione che supportano lo sviluppo modulare e il riutilizzo del software in un ambiente distribuito.
• Conoscenza delle metodologie per la documentazione del software e per la verifica della qualità del software.
• Conoscenza e comprensione della produzione collaborativa, distribuzione e manutenzione dei sistemi software, e

conoscenza e comprensione degli strumenti che supportano queste attività.
• Conoscenza di come interpretare adeguatamente i principali passaggi degli algoritmi per l'IA.

Applicazione della conoscenza e della comprensione.
Al termine del corso lo studente sarà in grado di:
• Redigere la documentazione di un sistema software, analizzare le specifiche dei requisiti e pianificarne lo sviluppo.
• Impiegare un linguaggio di programmazione per sviluppare componenti software modulari e riutilizzabili.
• Partecipare alla produzione collaborativa, distribuzione e manutenzione dei sistemi software.
• Verificare la qualità dei componenti software e preparare la documentazione necessaria per il loro riutilizzo.
• Gestire il ciclo di sviluppo dei componenti software.
• Acquisire la capacità di utilizzare modelli computazionali per la soluzione di problemi classici di classificazione, clustering e regressione.
• Essere in grado di affrontare un problema di analisi dei dati (semplice) per sintetizzare nuova conoscenza implementando semplici sistemi decisionali (ad es. per prendere decisioni seguendo l'elaborazione di un segnale o di dati tabellari).
• Essere in grado di identificare le variabili che descrivono un problema decisionale con il massimo potere informativo.
• Essere in grado di utilizzare gli strumenti software disponibili per l'applicazione dei metodi di IA.

Giudizio
Le competenze di conoscenza e comprensione acquisite devono abilitare lo studente a valutare e selezionare, sulla base delle specifiche dei requisiti, gli strumenti e i componenti software più appropriati per lo sviluppo modulare e il riutilizzo del software in un ambiente distribuito. Inoltre, lo studente dovrebbe:
- Sapere giudicare quali sono le scelte appropriate da fare per risolvere casi applicativi reali.
- sapere giudicare le principali caratteristiche dei modelli computazionali presentati.
- sapere valutare l'adeguatezza di una procedura sperimentale.

Competenze comunicative
Lo studente svilupperà la capacità di comunicare, in modo preciso e competente, le scelte fatte nello sviluppo di applicazioni software, con particolare riferimento alla preparazione della documentazione volta al riutilizzo e alla manutenzione del software.
Inoltre, gli studenti dovrebbero essere in grado di redigere, presentare e spiegare possibili soluzioni progettuali a casi applicativi reali. Inoltre, dovrebbero essere in grado di spiegare i contenuti del corso in un linguaggio tecnico adeguato.

Competenze di apprendimento
Lo studente deve essere in grado di acquisire nuovi linguaggi e strumenti per lo sviluppo di componenti software modulari e riutilizzabili, nonché di identificare e utilizzare componenti software già disponibili.
Inoltre, gli studenti dovrebbero sviluppare le competenze di apprendimento necessarie per intraprendere successivi studi in temi di Intelligenza Artificiale con un alto grado di autonomia.

L'attività didattica è offerta in:

Facoltà Dipartimentale di Ingegneria

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2026)	comune	15	IINF-05/A, IINF-05/A

Stampa del 03/08/2026

Fondamenti di Robotica [2205106]

Offerta didattica a.a. 2026/2027

Docenti: LOREDANA ZOLLO

Periodo: Secondo Ciclo Semestrale

Obiettivi formativi
Il corso si propone di fornire agli studenti una solida base teorica e pratica nel campo della robotica, preparandoli ad affrontare le sfide tecnologiche e scientifiche del settore. Il corso è concepito per fornire un'ampia panoramica dei concetti fondamentali della robotica, quali cinematica, dinamica e controllo di robot.
Il corso si propone inoltre di fornire agli studenti competenze pratiche sugli strumenti basati su intelligenza artificiale e apprendimento automatico per migliorare l'autonomia e l'adattabilità dei robot in ambienti dinamici e non strutturati.
Il corso si propone di fornire agli Studenti:
(1) solide conoscenze teoriche per l'analisi, la modellazione, la programmazione e la configurazione di robot;
(2) abilità riassunte come segue:
(i) basi pratiche sull'analisi, sviluppo e controllo di sistemi robotici;
(ii) competenze pratiche sugli strumenti per la modellazione, programmazione e gestione di robot.

Prerequisiti
Nessuna.

Prerequisiti:
Fondamenti di informatica

Contenuti del corso
• Introduzione alla robotica: concetti fondamentali, definizioni, principali strutture di manipolatori e componenti base ed esempi di applicazioni.
• Cinematica dei robot –Richiami di cinematica del corpo rigido; Posizione ed orientamento di un corpo rigido; Matrici di Rotazione; Angoli di Eulero; Asse/angolo e quaternione; Convenzione di Denavit-Hartenberg; Cinematica diretta.
• Cinematica differenziale e statica – Cinematica differenziale; Jacobiano geometrico e jacobiano analitico; Singolarità cinematiche; Ridondanza; Cinematica inversa e algoritmi di inversione cinematica; Statica.
• Pianificazione di traiettoria – Traiettorie nello spazio dei giunti; traiettorie punto-punto nello spazio operativo; traiettorie generate con algoritmi di intelligenza artificiale.
• Tecniche ad apprendimento per pianificazione e controllo dei robot, quali apprendimento per dimostrazione, ottimizzazione e apprendimento per rinforzo.
• Applicazioni dell'intelligenza artificiale alla modellazione cinematica e dinamica dei robot; tecniche di machine learning per la visione artificiale
• Introduzione alla programmazione in Robot Operating System (ROS2) – Sistemi di messagistica e gestione di pacchetti (es. topic, service ed action); modellazione dinamica dei robot tramite URDF; controlli in ROS2; Visualizzazione di robot in Rviz; Simulazione di robot in Gazebo.

Metodi didattici
• Lezioni frontali (48 ore), in cui vengono presentati gli argomenti del corso e svolti esercizi che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici.
• Seminari (4 ore) su specifiche applicazioni di robotica autonoma.
• Esercitazioni in aula e laboratori didattici (20 ore) per insegnare l'uso degli strumenti software necessari per lo sviluppo ed il controllo dei robot (ambiente ROS2 in linguaggio Python).
• Progetti di gruppo nei quali gli studenti metteranno in pratica gli insegnamenti appresi durante le lezioni frontali. I gruppi saranno composti da un massimo di 4 studenti e dovranno occuparsi della modellazione e dello sviluppo in ambiente di simulazione di un sistema robotico autonomo per l'esecuzione di un compito specifico definito all'inizio del corso.

Modalità di verifica dell'apprendimento
Le conoscenze relative al corso sono verificate mediante prova orale e presentazione di progetti che prevedono l'uso del framework ROS2 (Robot Operating System).

La valutazione delle conoscenze acquisite verrà effettuata dai docenti, che verificheranno l'apprendimento delle conoscenze teoriche oggetto del corso, e dai tutor del corso, ai quali gli studenti dovranno mostrare, tramite la discussione del progetto realizzato, la loro capacità di applicare le conoscenze teoriche ad un problema pratico.

Durante la prova orale i docenti faranno tre domande, in forma scritta o verbale, volte ad accertare la conoscenza teorica da parte dello studente degli argomenti trattati a lezione. Le tre domande sono valutate con uguale peso (11 punti). La prova orale è sia a stimolo chiuso che a stimolo aperto e con risposta aperta.
La presentazione del progetto consiste in una illustrazione dei metodi applicati e dei risultati raggiunti tramite l'utilizzo di slide. Tutti i progetti verranno presentati e discussi alla fine del corso o comunque prima del primo appello d'esame. In sede di discussione dei progetti verranno poste domande specifiche a ciascuno studente per valutare l'apporto individuale al lavoro complessivo.

La prova orale e la discussione dei progetti mirano ad accertare:
1. Conoscenze e capacità di comprensione degli argomenti del corso;
2. Capacità di applicare le conoscenze e competenze acquisite nella formulazione di soluzioni (anche originali) a problemi di progettazione e sviluppo di robot;
3. Capacità di applicare i metodi e gli strumenti presentati durante il corso per la risoluzione di problemi di modellazione e controllo dei robot;
4. Abilità comunicative nella descrizione formale degli argomenti del corso, esprimendo chiaramente e senza ambiguità le proprie conclusioni, e le conoscenze e le considerazioni che le sottendono, a interlocutori specialisti e non specialisti in contesti nazionali e internazionali;
5. Autonomia di giudizio nella scelta delle soluzioni a problemi di progettazione e sviluppo di robot e capacità di gestire attività o progetti tecnici o professionali complessi nel loro campo di studio e di assumersi la responsabilità di prendere decisioni;
6. Capacità di impegnarsi in modo autonomo nell'apprendimento permanente.

E' prevista una durata massima della prova orale di 45 minuti e una durata massima della presentazione dei progetti di 30 minuti.

La valutazione finale viene formulata secondo la seguente regola:
• 8/9 del voto finale assegnato mediante la prova orale;
• 1/9 del voto finale assegnato mediante la presentazione dei progetti.
L'esame è superato se il candidato raggiunge almeno i 18/30.
La lode viene attribuita agli studenti che abbiano conseguito il punteggio massimo su tutte le prove raggiungendo un punteggio finale superiore a 30/30.

Testi di riferimento
• B. Siciliano, L. Sciavicco, L. Villani, G. Oriolo, Robotics - Modelling, Planning and Control, Springer 2010.
• Rico, Francisco Martín. A concise introduction to robot programming with ROS2. Chapman and Hall/CRC, 2022.
• Aude Billard, Sina Mirrazavi and Nadia Figueroa - Learning for Adaptive and Reactive Robot Control". MIT Press, 2022
• H. Govers. Artificial Intelligence for Robotics - Second Edition: Build intelligent robots using ROS 2, Python, OpenCV, and AI/ML techniques for real-world tasks, Packt.
• Dispense e materiali didattici forniti dal docente.

Risultati di apprendimento specifici
Conoscenza e capacità di comprensione
• Principi alla base dei sistemi robotici, degli schemi di funzionamento e delle metodiche di modellazione, programmazione e configurazione;
• Strumenti software di ausilio alla modellazione, programmazione e gestione di sistemi robotici in ambienti dinamici.

Conoscenze e capacità di comprensione applicate:
• Capacità di applicare metodi e strumenti di elettronica, informatica, automatica e meccanica all'analisi di sistemi complessi quali i robot;
• Capacità di sviluppare, con metodiche avanzate, sistemi che integrano il mondo fisico (inclusa la componente umana) con tecniche computazionali, metodi di controllo, tecnologie informatiche e di comunicazione, proponendo anche soluzioni innovative per singoli componenti o per il sistema integrato;
• Capacità di utilizzare gli strumenti software di ausilio alla modellazione, programmazione e gestione di sistemi robotici per uso nei processi industriali e di robotica collaborativa in contesti di interazione e cooperazione con l'uomo.

Autonomia di giudizio: Gli studenti saranno stimolati allo sviluppo delle proprie capacità analitiche e critiche tramite la proposizione di esercizi e di attività pratiche su tematiche trattate in aula.
Capacità di apprendimento: il corso persegue un approccio di coinvolgimento attivo dello studente nel proprio percorso formativo, stimolando la rivisitazione e l'approfondimento di competenze acquisite negli studi precedenti, e l'applicazione dei concetti appresi ad ambiti specifici.
Abilità comunicative e soft skill: L'insegnamento si propone inoltre di sviluppare abilità relative alla sfera delle abilità comunicative e delle soft-skill per operare in team e in contesti multidisciplinari. Tale obiettivo sarà perseguito

cercando di promuovere il coinvolgimento proattivo degli studenti durante le ore di didattica frontale e attraverso la conduzione di attività di gruppo tese allo svolgimento di attività progettuali semplici che richiedono la messa in pratica delle nozioni teoriche apprese.

L'attività didattica è offerta in:

Facoltà Dipartimentale di Ingegneria

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2026)	comune	9	IBIO-01/A

Stampa del 03/08/2026

Generative AI [2205206]

Offerta didattica a.a. 2026/2027

Docenti: VALERIO GUARRASI

Periodo: Primo Ciclo Semestrale

Obiettivi formativi

L'obiettivo principale del corso su Generative AI è fornire agli studenti una conoscenza approfondita e competenze pratiche per comprendere, implementare e innovare attraverso le tecniche di intelligenza artificiale generativa. Gli studenti esploreranno modelli e metodologie avanzate essenziali per la generazione di dati sintetici in diverse modalità, tra cui testo, immagini e dati multimodali.
In particolare, gli studenti saranno in grado di:
• Acquisire una comprensione approfondita dei fondamenti teorici e pratici dell'AI generativa, incluse tecnologie come autoencoder, transformer, GANs, diffusion models e large language models (LLMs).
• Sviluppare competenze nell'implementazione di modelli generativi tramite framework come PyTorch e Hugging Face, abilitando la creazione e il deployment di sistemi AI all'avanguardia.
• Imparare a progettare, addestrare, fine-tune e valutare modelli generativi per compiti di image reconstruction, image generation, text generation e multimodal data synthesis.
• Comprendere e applicare meccanismi di attention avanzati, tra cui soft attention, attentional interfaces e architetture transformer, per migliorare i processi generativi.
• Sviluppare abilità nel prompt engineering e nelle strategie di fine-tuning per ottimizzare i modelli generativi in base a compiti specifici.
• Analizzare considerazioni etiche, implicazioni e best practices nell'uso della Generative AI, con attenzione alla trasparenza, responsabilità e utilizzo responsabile.
• Confrontarsi con la ricerca più avanzata, valutando criticamente e presentando gli sviluppi più recenti nel campo dell'AI generativa.
• Svolgere progetti pratici che prevedano la costruzione, ottimizzazione e il deployment di modelli generativi applicati a problemi reali.

Prerequisiti

Si raccomanda di superare l'esame finale del corso di "Fondamenti di Intelligenza Artificiale: strumenti di sviluppo e metodi" prima di procedere.

Contenuti del corso

Introduzione e contesto storico
• Storia dell'Intelligenza Artificiale
• Panoramica sulla Generative AI
Fondamenti di Deep Learning
• Architetture di neural networks
• Ottimizzazione e training
Natural Language Processing (NLP)
• Language modeling
• Word embeddings e rappresentazioni contestuali
Generative AI con PyTorch
• Fondamenti di PyTorch
• Costruzione e addestramento di neural networks
Meccanismi di Attention
• Soft Attention
• Attentional Interfaces
• Attention as Memory
Transformers
• Fondamenti dell'architettura Transformer
• Transformers per NLP
• Implementazione from scratch
• Uso del framework Hugging Face
Large Language Models (LLMs)
• Costruzione e fine-tuning di LLMs
• Prompt engineering e applicazioni pratiche
Modelli per Computer Vision

• Convolutional Neural Networks (CNNs)
• Vision Transformers (ViTs)
• Implementazioni pratiche di CNN e ViT
Autoencoder e Variational Autoencoders
• Concetti teorici
• Applicazioni nella image reconstruction e generazione
Generative Adversarial Networks (GANs)
• Introduzione e fondamenti teorici
• Implementazioni pratiche: GAN, DCGAN, Pix2Pix
Diffusion Models
• Fondamenti e applicazioni
• Fine-tuning dei modelli di diffusion
• Prompt engineering avanzato

Metodi didattici
Il corso è strutturato in modo da includere lezioni teoriche frontali (55%), flipped classes (10%), esercitazioni di laboratorio con strumenti open-source (35%). Questo formato è progettato per facilitare l'applicazione delle conoscenze e delle competenze acquisite.

Modalità di verifica dell'apprendimento
La valutazione prevede un esame orale e la presentazione di un progetto incentrato su un modello generativo state-of-the-art. Gli studenti dovranno dimostrare:
• Una comprensione approfondita delle metodologie e delle teorie di Generative AI.
• Capacità pratica nell'implementazione e ottimizzazione di modelli generativi.
• Abilità nell'analisi critica dei più recenti avanzamenti della ricerca e nella considerazione degli aspetti etici.
I criteri di valutazione includono:
• Impostazione logica e coerente nell'approccio alla risoluzione dei problemi.
• Correttezza tecnica e grado di innovazione delle soluzioni proposte.
• Adeguatezza e profondità della comprensione rispetto alle competenze attese.
• Chiarezza espositiva e utilizzo corretto del linguaggio tecnico.
Ciascuna componente (presentazione del progetto ed esame orale) contribuisce in egual misura alla valutazione finale.

Testi di riferimento
• Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press.
• Generative Deep Learning: Teaching Machines to Paint, Write, Compose, and Play by David Foster & Karl Friston
• LLM Engineer's Handbook: Master the Art of Engineering Large Language Models by Paul Iusztin & Maxime Labonne (2024)
• Appunti forniti dal docente.

Risultati di apprendimento specifici
Applicare conoscenza e comprensione – Gli studenti dovranno essere in grado di:
• Interpretare e implementare correttamente algoritmi e principi fondamentali della Generative AI.
• Progettare e condurre flussi di lavoro completi per Generative AI, comprendenti data preprocessing, selezione del modello, training, valutazione e deployment.
• Risolvere problemi pratici di generazione di immagini, testi e dati multimodali utilizzando modelli generativi contemporanei.
• Utilizzare efficacemente strumenti e framework software per la costruzione e gestione di sistemi di AI generativa.
Autonomia di giudizio – Gli studenti dovranno essere in grado di:
• Valutare l'adeguatezza delle tecniche di Generative AI in differenti ambiti applicativi.
• Analizzare punti di forza, limiti e contesto d'uso delle diverse architetture e modelli generativi.
• Prendere decisioni informate sugli aspetti etici e sull'uso responsabile delle tecnologie generative.
Abilità comunicative – Gli studenti dovranno essere in grado di:
• Presentare, documentare e spiegare soluzioni basate su AI generativa, utilizzando un linguaggio tecnico accurato.
• Comunicare efficacemente i risultati ottenuti dai modelli generativi tramite visualizzazioni e analisi interpretative.
Capacità di apprendere – Gli studenti svilupperanno competenze per esplorare in modo autonomo temi avanzati e continuare l'aggiornamento professionale nel campo della Generative AI.

L'attività didattica è offerta in:

Facoltà Dipartimentale di Ingegneria

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.

Corso di Laurea Magistrale	Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2025)	comune	6	ING-INF/05

Stampa del 03/08/2026

Il Fattore Umano nella Trasformazione Digitale [2205202]

Offerta didattica a.a. 2026/2027

Docenti: MARTA BERTOLASO

Periodo: Primo Ciclo Semestrale

Obiettivi formativi
Obiettivi formativi specifici
Questo corso traccia la storia di come abbiamo tentato di rappresentare le caratteristiche umane nelle macchine. Esplora come questo progetto, radicato in un modello cartesiano di separazione mente-corpo, abbia portato a una progressiva erosione dei confini che cercava di definire. Il corso si propone di analizzare l'inevitabile "alienazione" che deriva dal replicare una mente disincarnata e di affrontare la sfida contemporanea di re-integrare queste tecnologie con i nostri valori sociali ed etici, guidati da nuove filosofie della mente (e del corpo). È specificamente pensato per studenti con background ingegneristico, al fine di fornire strumenti critici per comprendere le fondamenta filosofiche del loro lavoro.

Prerequisiti
nessuna

Contenuti del corso
Il corso si sviluppa come un'unica narrazione in tre moduli:
Modulo 1: Il Progetto di Replicazione
Il modulo iniziale esamina il tentativo di replicare un modello specifico di umano—la mente razionale—in un sistema formale. Esploreremo l'alba della cibernetica e il paradigma simbolico come diretta applicazione tecnologica dell'eredità del dualismo cartesiano, confrontando poi questi modelli con le loro più potenti critiche filosofiche.
Modulo 2: Il Ritorno del Corpo e l'Erosione dei Confini
Il secondo modulo si propone di descrivere perché il modello disincarnato da solo non basta. Analizzeremo il Connessionismo (la metafora del cervello) come primo tentativo di re-integrazione e l'alternativa radicale dell'Enattivismo, dove l'intelligenza è un'azione incarnata che sfida l'idea stessa di rappresentazione, dimostrando come i confini tra mente, corpo e mondo siano molto fragili.
Modulo 3: La Sfida della Re-integrazione: questioni etico-normative e loro genesi
Il modulo finale affronta la sfida contemporanea: comprendere il profondo impatto psicologico dell'interazione con i modelli. Il corso culmina nell'analisi delle critiche attuali e dei quadri etici (linee Guida UE), per poi applicare queste conoscenze in un workshop pratico sulla progettazione di un'IA responsabile.

Metodi didattici
Il corso combina lezioni frontali con discussioni guidate. La struttura narrativa è un elemento didattico chiave. In particolare, i moduli centrali serviranno da "ponte" per collegare i dibattiti filosofici astratti sull'IA all'impatto psicologico concreto dell'interazione uomo-computer. L'attività finale sarà un workshop di gruppo ("Engineering a Human-Centric AI") che richiederà agli studenti di applicare l'intero percorso di apprendimento a un problema di progettazione pratico.

Modalità di verifica dell'apprendimento
La valutazione si baserà su un esame orale e sulla partecipazione attiva. Durante l'esame orale, verranno valutate la chiarezza espositiva e la capacità di navigare la narrazione del corso, collegando criticamente i concetti dei tre atti. Il risultato del workshop finale sarà considerato parte integrante della valutazione della partecipazione. E' prevista una prova formativa in forma di presentazione scientifica alla fine del corso.

Testi di riferimento
Il materiale didattico di base è costituito da una selezione mirata di articoli e capitoli di libri. Tutti i materiali saranno forniti dal docente.
Bertolaso M, Marcos A (2023) Umanesimo tecnologico, Carocci.
Bertolaso, M. (2021). Etica digitale. LUISS University Press 2021.
Accoto, C., & Pentland, A. (2017). Il mondo dato: Cinque brevi lezioni di filosofia digitale (Prima edizione). Egea
Bertolaso, M., Capone, L., & Rodríguez Lluesma, C. (A c. Di). (2022). Digital humanism: A human-centric approach to digital technologies. Springer International Publishing AG.
Floridi, L., & Cowls, J. (2019). A Unified Framework of Five Principles for AI in Society. Harvard Data Science

Review, 1(1). https://doi.org/10.1162/99608f92.8cd550d1
Somenzi V., Cordeschi R. (2022). La filosofia degli automi: Origini dell’intelligenza artificiale. Mimesis

Risultati di apprendimento specifici

Risultati di apprendimento specifici
Al termine del corso, lo studente sarà in grado di:

- Tracciare l'arco storico-filosofico dalla replicazione della mente alla re-integrazione dell'umano.
- Valutare criticamente l'eredità del dualismo cartesiano nella progettazione dell'IA moderna.
- Spiegare e confrontare i principali paradigmi della filosofia della mente e dell'IA (simbolico, connessionista, enattivo).
- Analizzare come i confini tra mente/corpo e umano/macchina siano diventati fragili e permeabili.
- Collegare le teorie filosofiche all'impatto psicologico della tecnologia.
- Formulare requisiti di progettazione per sistemi di IA che rispondano alle sfide etiche e sociali contemporanee.

L'attività didattica è offerta in:

Facoltà Dipartimentale di Ingegneria

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2025)	comune	3	M-FIL/02

Stampa del 03/08/2026

Inglese Generale [22051IDO1]

Offerta didattica a.a. 2026/2027

Docenti: ROBERTA ARONICA

Periodo: Primo Ciclo Semestrale

Obiettivi formativi
Il corso è finalizzato al consolidamento del livello B2 CEFR in preparazione al livello C1 CEFR. Le attività didattiche sono impartite da docenti madrelingua che collaborano con il Centro linguistico di Ateneo.

Prerequisiti
Gli studenti in possesso di certificazioni linguistiche – rilasciate da non più di tre anni e da uno dei seguenti Enti Certificatori: Cambridge Assessment English; LinguaSkill; City and Guilds, Pitman; Edexcel / Pearson Ltd; IELTS; TCL Trinity College London; TOEFL ET – di livello pari o superiore al C1 CEFR possono ottenere l'esonero previa domanda all'attenzione del Centro Linguistico d'Ateneo (cla@unicampus.it).

Contenuti del corso
Nel corso curricolare semestrale da 3 CFU si approfondiscono le strutture logico-grammaticali e il vocabolario della lingua inglese al fine di consolidare il livello B2 CEFR e iniziare il percorso di preparazione al C1 CEFR.

Metodi didattici
Il corso viene erogato in aula attraverso lezioni frontali ed esercitazioni.

Modalità di verifica dell'apprendimento
Esame di idoneità.
La verifica dell'apprendimento viene effettuata attraverso una prova scritta composta da esercizi di grammatica, comprensione del testo, scrittura e ascolto.

Le conoscenze lessicali e grammaticali e le abilità relative alla comprensione e alla produzione scritta sono verificate mediante una prova scritta e una di ascolto con rispettivo test di comprensione a risposta aperta di livello commisurato all'obiettivo individuale. Le abilità comunicative (speaking) vengono valutate dal docente durante il corso attraverso attività interattive. Il risultato della prova è espresso come giudizio di idoneità. Per conseguire l'idoneità lo studente dovrà ottenere un punteggio totale uguale o maggiore al 60%.

Testi di riferimento
Il materiale didattico viene fornito dai docenti.

Risultati di apprendimento specifici
Ogni studente è tenuto a sostenere un test di posizionamento per individuare il livello inziale di conoscenza della lingua inglese.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione
Al termine del corso, lo studente dovrà essere in grado di:
– dialogare, leggere e scrivere brani in lingua inglese, rispondere a domande di comprensione del testo;
– produrre un testo scritto di argomento generale.

Autonomia di giudizio
Lo studente sarà stimolato a sviluppare un approccio critico sulla propria capacità di comprensione del testo ascoltato e sulla elaborazione di un testo in inglese usando gli strumenti che l'insegnante proporrà con gradualità durante il corso. Gli studenti saranno sollecitati alla verifica autonoma sia attraverso la correzione di propri elaborati che di verifica sul livello di comprensione dei testi analizzati durante le lezioni frontali.

Abilità nella comunicazione
Lo studente dovrà essere in grado di comunicare in modo chiaro e grammaticalmente corretto.

Capacità di apprendere
Lo studente dovrà dimostrare una partecipazione attiva interagendo in lingua inglese con l'insegnante e con l'aula.

L'attività didattica è offerta in:

Facoltà Dipartimentale di Ingegneria

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2026)	comune	3	ANGL-01/C

Stampa del 03/08/2026

Intelligent Architectures: Microservices Programming for AI [2205209]

Offerta didattica a.a. 2026/2027

Docenti: PAOLO SODA

Periodo: Primo Ciclo Semestrale

Obiettivi formativi

Il corso si propone di fornire agli studenti una conoscenza approfondita delle architetture a microservizi, con particolare attenzione alla loro integrazione con soluzioni di Intelligenza Artificiale (AI). L'obiettivo è formare figure professionali in grado di progettare, sviluppare e scalare sistemi distribuiti avanzati, garantendo modularità, efficienza e resilienza.
In particolare, lo studente dovrà:

- Comprendere i principi fondamentali dei microservizi e il confronto con architetture monolitiche, acquisendo familiarità con concetti come autonomia, modularità e scalabilità.
- Acquisire un'adeguata comprensione delle tecniche di progettazione e implementazione di sistemi distribuiti basati su microservizi
- Comprendere come integrare modelli di AI nei microservizi, suddividendo pipeline di Machine e Deep Learning in componenti modulari e scalabili.
- Comprendere i metodi per la scalabilità e la resilienza delle architetture distribuite.
- Apprendere l'uso di opportuni ambienti di sviluppo.

Prerequisiti

Si raccomanda il superamento dell'insegnamento di Fondamenti di Intelligenza Artificiale: strumenti e metodi.

Contenuti del corso

Fondamenti di Microservizi

- Definizione e principi dei microservizi (Sistemi monolitici vs microservizi, Caratteristiche chiave: autonomia, modularità, scalabilità) Caprio, Soda
- Progettazione di sistemi a microservizi: Domain-Driven Design (DDD), Event-Driven Architecture (EDA), API Gateway e comunicazione tra servizi (REST, gRPC, GraphQL) Caprio
- Gestione dei dati nei microservizi (Database distribuiti e strategie di consistenza, Event Sourcing e CQRS (Command Query Responsibility Segregation) Caprio

Architetture AI basate su microservizi Cordelli

- Dividere la pipeline di IA in microservizi passando per il concetto di Concurrency
- DSPy: Introduzione al framework, utilizzo pratico per costruire pipeline AI e microservizi distribuiti.
- Pratiche di MLOps; Orchestrazione e gestione del ciclo di vita (automazione del ciclo di vita dei modelli, monitoraggio continuo delle prestazioni e gestione dei cambiamenti nei dati, libreria Python MLflow)
- Architettura ad Agenti, protocollo MCP, RAG ed applicazioni di Agentic AI in Python con librerie come FastMCP ed AutoGen

Scalabilità e resilienza

- Scalabilità: Scalabilità verticale vs orizzontale, Load balancing, auto-scaling Caprio
- Gestione dei guasti e monitoraggio: resilienza, strumenti di monitoraggio (e.g., Promethe us) Caprio
- Sviluppo di pipeline di decisione ad Agenti specifiche Cordelli

Casi di studio

- Pipeline e microservizi per agentic AI (Microservizi per la tokenizzazione, per l'analisi semantica, per l'inferenza con un modello di linguaggio, function call, generazione di risposte, RAG) Caprio, Soda
- Sistemi di raccomandazione basati su microservizi e IA (costruzione di strumenti user-defined separati per il recupero dei dati in un'architettura ad Agenti, l'estrazione delle caratteristiche, il calcolo delle raccomandazioni e la personalizzazione) Cordelli
- Applicazioni di computer vision (Pipeline e microservizi per il caricamento delle immagini, la segmentazione, l'estrazione delle caratteristiche e il riconoscimento degli oggetti) Caprio, Soda

Metodi didattici

L'insegnamento si basa su lezioni frontali e lezioni pratiche al calcolatore, utilizzando strumenti open-source o proprietari. La suddivisione tra didattica frontale e le esercitazioni al calcolatore è pari a 50%-50%, rispettivamente, salvo necessità specifiche che possono emergere durante l'insegnamento.

Modalità di verifica dell'apprendimento

Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento:
Le conoscenze e le abilità relative al corso sono verificate mediante due prove. La prima consiste in un lavoro sperimentale da svolgersi in piccoli gruppi e da presentare in aula o in sede di colloquio orale. Lo scopo di questa prova è verificare che lo studente abbia acquisito la capacità di sviluppare architetture a microservizi per l'IA.
Agli studenti verrà fornito un problema reale con la specifica del problema da risolvere; ad esempio, si può richiedere di progettare e sviluppare un sistema distribuito basato su microservizi che utilizza IA per fornire raccomandazioni personalizzate ai clienti di un e-commerce, ottimizzando la user experience e aumentando il tasso di conversione
Nel lavoro sperimentale gli elementi presi in considerazione sono: la logica seguita dallo studente nella risoluzione del problema, la correttezza della procedura individuata per la soluzione, l'adeguatezza della soluzione proposta in relazione alle competenze che lo studente si presuppone abbia acquisito alla fine dell'insegnamento. Ciascuno di questi elementi pesa in modo paritario nella valutazione della prova di laboratorio, e il soddisfacimento di tali aspetti, almeno al 60% è condizione necessaria per il raggiungimento di una valutazione pari a 18. I voti superiori verranno attribuiti agli studenti le cui prove soddisfino tutti gli aspetti sopra elencati, in proporzione crescente.
La seconda prova consiste in un colloquio orale, che vuole verificare che lo studente abbia acquisito un adeguato livello di conoscenza delle basi teoriche del corso. Durante la prova orale gli elementi presi in considerazione sono: la logica seguita dallo studente nella formulazione della risposta al quesito, la correttezza della procedura individuata per la soluzione del quesito, l'adeguatezza della soluzione proposta in relazione alle competenze che lo studente si presuppone abbia acquisito alla fine dell'insegnamento, l'impiego di un linguaggio appropriato. Ciascuno di questi elementi pesa in modo paritario nella valutazione della prova orale, e il soddisfacimento di tali aspetti, almeno al 60% è condizione necessaria per il raggiungimento di una valutazione pari a 18. I voti superiori verranno attribuiti agli studenti le cui prove soddisfino tutti gli aspetti sopra elencati, in proporzione crescente.
Un esempio di domanda potrebbe essere: "quali sono i principali vantaggi dell'architettura a microservizi rispetto a un'architettura monolitica quando si sviluppano applicazioni basate su Intelligenza Artificiale?".

Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale:
La definizione del voto finale è in modo paritario della due parti, ognuna pesa quindi al 50%.
Per conseguire un punteggio pari o superiore a 30/30, lo studente deve invece dimostrare di aver acquisito una conoscenza eccellente di tutti gli argomenti trattati durante il corso, essendo in grado di raccordarli in modo logico e coerente. La lode si consegue dimostrando un alto grado di conoscenza degli argomenti e degli strumenti di simulazione, dimostrando un alto grado di autonomia e di giudizio, e mostrando un'alta qualità di esposizione.

Testi di riferimento

- Roberto Franchini, Kubernetes e microservizi.
- Sam Newman, Building Microservices: Designing Fine-Grained Systems, O'Reilly
- Sam Newman, Monolith to Microservices: Evolutionary Patterns to Transform Your Monolith, O'Reilly
- Chip Huyen, AI Engineering: Building Applications with Foundation Models
- Kristian Bainey, AI-Driven Project Management: Harnessing the Power of Artificial Intelligence and ChatGPT to Achieve Peak Productivity and Success, Wiley
- Gaurav Raje, Security and Microservice Architecture on AWS: Architecting and Implementing a Secured, Scalable Solution, O'Reilly
- Robert C. Martin, Clean Architecture: A Craftsman's Guide to Software Structure and Design, Prentice Hall
- Learn Helm Andrew Block. Packt Publishing
- Official AutoGen Documentation: https://microsoft.github.io/autogen/stable/index.html
- Official FastMCP Documentation: https://gofastmcp.com/v2/getting-started/welcome
- Python Essentials for MLOps: https://github.com/SepidehHosseinian/Python-Essentials-for-MLOps

Risultati di apprendimento specifici

Capacità di applicare conoscenza e comprensione
Lo studente dovrà:

- Saper progettare e implementare sistemi distribuiti basati su microservizi, adottando metodologie come Domain-Driven Design (DDD), Event-Driven Architecture (EDA) e tecniche di comunicazione avanzate (REST, gRPC, GraphQL).
- Acquisire la capacità di applicare pratiche di MLOps, con particolare attenzione all'orchestrazione, al monitoraggio continuo e gestione del ciclo di vita dei modelli AI.
- Saper garantire la scalabilità e la resilienza delle architetture distribuite, implementando strategie di auto-scaling, load balancing e gestione dei guasti.
- Saper analizzare casi di studio reali, comprendendo l'utilizzo dei microservizi in applicazioni di Machine Learning, sistemi di raccomandazione, computer vision e NLP.
- Saper utilizzare strumenti e ambienti di sviluppo per lo sviluppo e il test di microservizi.

Autonomia di giudizio
Lo studente dovrà:
- Sapere giudicare quali siano le scelte adeguate da intraprendere per la risoluzione di casi applicativi reali;
- sapere giudicare le principali caratteristiche delle tecniche presentate;
- sapere valutare l'adeguatezza di una procedura sperimentale.

Abilità comunicative
Lo studente dovrà saper redigere, presentare ed esporre delle possibili soluzioni progettuali a casi applicativi reali, nonché saper esporre con adeguato linguaggio tecnico i contenuti dell'insegnamento.

Capacità di apprendere
Lo studente dovrà sviluppare quelle capacità di apprendimento necessarie per intraprendere studi successivi con un alto grado di autonomia.

L'attività didattica è offerta in:

Facoltà Dipartimentale di Ingegneria

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2025)	comune	6	IINF-05/A

Stampa del 03/08/2026

Mobile Robotics [2205207]

Offerta didattica a.a. 2026/2027

Docenti: CLEMENTE LAURETTI

Periodo: Primo Ciclo Semestrale

Obiettivi formativi
Il corso mira a fornire agli studenti conoscenze avanzate nella progettazione, sviluppo e gestione di sistemi robotici mobili operanti in ambienti dinamici e non strutturati. Si concentra sulle sfide tecnologiche peculiari dei veicoli mobili su ruote, robotica subacquea, droni e robot quadrupedi. Particolare enfasi è posta sull'uso di algoritmi intelligenti per migliorare l'autonomia e la capacità di adattamento dei robot in scenari dinamici. Gli studenti svilupperanno solide basi teoriche su tecniche avanzate di percezione e navigazione, applicando approcci all'avanguardia per risolvere problemi reali complessi.

Prerequisiti
Fondamenti di Robotica

Contenuti del corso
MODULO 1: INTRODUZIONE ALLA ROBOTICA MOBILE (14 ore)
Classificazione dei robot mobili (es. robot mobili su ruote, veicoli subacquei, droni, quadrupedi, manipolatori mobili); Meccanica dei robot mobili (organi di locomozione, analisi della stabilità, sistemi di trazione, ecc.); Cinematica e dinamica dei robot mobili.

MODULO 2: LOCALIZZAZIONE E MAPPATURA DELL'AMBIENTE (10 ore)
Tassonomia dei problemi di localizzazione; Localizzazione basata su sensori propriocettivi ed esterocezione; Localizzazione basata su fusione multimodale di sensori; Metodi di localizzazione e mappatura simultanea (SLAM).

MODULO 3: PIANIFICAZIONE DEL MOVIMENTO (8 ore)
Legge di separazione spazio-tempo; Metodi di pianificazione del percorso senza collisioni (metodi di decomposizione in celle, metodi basati su roadmap, metodi basati su potenziali artificiali); Metodi di ricerca del percorso ottimo; Pianificazione del percorso e delle attività con minimizzazione del dispendio energetico.
MODULO 4: STRATEGIE DI CONTROLLO PER LA NAVIGAZIONE AUTONOMA E LA MANIPOLAZIONE TELEOPERATA (10 ore)
Paradigmi di controllo (deliberativo, reattivo, ibrido); Controllo di inseguimento di traiettoria; Controllo di regolazione (regolazione cartesiana e della postura); Controllo basato su potenziali artificiali; Architetture di controllo teleoperate e tecniche di controllo avanzate per manipolatori mobili.

MODULO 5: CASI STUDIO (6 ore)
Applicazioni della robotica subacquea, aerea e terrestre per l'ispezione e la manutenzione di impianti remoti (es. piattaforme offshore e onshore); applicazione di manipolatori mobili, robot iper-ridondanti e/o quadrupedi in ambienti ostili (radioattivi o confinati).

Metodi didattici
• Lezioni sui temi del corso (36 ore).
• Seminari su applicazioni specifiche della robotica in ambienti remoti e ostili (2 ore).
• Esercitazioni in aula e sessioni di laboratorio per simulare casi d'uso specifici utilizzando ROS2 in C++ e/o Python (10 ore).

Modalità di verifica dell'apprendimento
La verifica dell'apprendimento consiste in un esame orale articolato in due prove:
- Prova teorica, finalizzata a valutare la comprensione degli aspetti teorici trattati nel corso, mediante domande aperte e/o quesiti a risposta multipla.
- Prova sulle esercitazioni ROS2, finalizzata a valutare la comprensione degli aspetti pratici trattati nel corso, mediante domande aperte sui codici sviluppati durante le esercitazioni svolte in classe.

La valutazione finale è determinata come segue:
- 5/6 del punteggio finale sono attribuiti sulla base dell'esito della prova teorica;

- 1/6 del punteggio finale è attribuito sulla base dell'esito della prova sulle esercitazioni ROS2.

Testi di riferimento
• Appunti e materiali forniti dal docente tramite la piattaforma e-learning istituzionale: http://elearning.unicampus.it
• Testo consigliato: Robotics: Modelling, Planning and Control, B. Siciliano

Risultati di apprendimento specifici
CONOSCENZA E CAPACITA' DI COMPRENSIONE
• Principi fondamentali dei sistemi robotici in ambienti dinamici e non strutturati
• Metodologie chiave per la modellazione, la percezione e il controllo dei robot in scenari sconosciuti
• Approcci intelligenti per migliorare l'autonomia e l'adattabilità dei sistemi robotici in ambienti non strutturati

CAPACITA' DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPRENSIONE
• Capacità di applicare metodi e strumenti della robotica, meccatronica, informatica e automazione per progettare e gestire sistemi mobili autonomi
• Capacità di progettare e sviluppare sistemi robotici che integrino algoritmi intelligenti e strategie di controllo avanzate per svolgere compiti complessi in ambienti dinamici
• Capacità di utilizzare strumenti software per modellare, programmare e gestire robot operanti in ambienti non strutturati

AUTONOMIA DI GIUDIZIO
Gli studenti saranno incoraggiati a sviluppare capacità critiche e analitiche attraverso l'analisi di casi studio e l'esplorazione di soluzioni a problematiche reali della robotica.

CAPACITA' DI APPRENDIMENTO
Il corso adotta un approccio di apprendimento attivo, promuovendo la rielaborazione e l'approfondimento delle competenze acquisite negli studi precedenti. Gli studenti impareranno ad applicare tali concetti alla progettazione di soluzioni robotiche per nuove e complesse applicazioni.

CAPACITA' COMUNICATIVE E COMPETENZE TRASVERSALI
Il corso mira a potenziare le capacità comunicative e il lavoro in team in contesti multidisciplinari. Ciò sarà ottenuto attraverso la discussione di casi studio e la presentazione di soluzioni robotiche innovative, promuovendo il coinvolgimento attivo e la risoluzione collaborativa dei problemi.

L'attività didattica è offerta in:

Facoltà Dipartimentale di Ingegneria

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2025)	comune	6	ING-IND/34

Stampa del 03/08/2026

Modelli e Metodi di Ottimizzazione e Statistica [2205101]

Offerta didattica a.a. 2026/2027

Docenti: MARCO PAPI

Periodo: Primo Ciclo Semestrale

Obiettivi formativi
L'obiettivo del corso è quello di fornire allo studente conoscenze e competenze di base sia operative sia metodologiche riguardanti l'ottimizzazione e la statistica con particolare enfasi ai modelli ed algoritmi per le applicazioni ingegneristiche ed informatiche in ambito industriale e gestionale. Lo studente è inoltre introdotto all'analisi dei dati, al ragionamento probabilistico e all'inferenza statistica, mostrando come l'uso di opportuni metodi statistici permetta di risolvere una varietà di problemi concreti a partire dall'analisi dei dati. Lo studio teorico dei principali algoritmi per il calcolo della soluzione ottima è completato dalla sperimentazione numerica mediante linguaggi di modellazione.
I contenuti riguardanti l'ottimizzazione e la statistica sono finalizzati a fornire i concetti, sia di carattere modellistico sia algoritmico, utilizzati in numerosi contesti applicativi, relativamente ai problemi decisionali strutturati presenti nella fase di progettazione e/o gestione di un sistema.

Prerequisiti
Conoscenze di base di analisi matematica e algebra lineare, elementi di calcolo delle probabilità e statistica.

Contenuti del corso
1) Ricerca operativa (42 ore circa): Formulazione di un modello di programmazione matematica: variabili decisionali, funzione obiettivo, vincoli. Tecniche di modellazione matematica. Problemi su grafi e reti di flusso.
Alberi e grafi, algoritmi di ricerca su grafo. Cammini minimi, massimo flusso, flusso di costo minimo, assegnamento. Alcune strutture dati e algoritmi di soluzione. Programmazione lineare. Metodo grafico. Soluzioni di base e condizioni di ottimalità. Metodo del simplesso. Teoria della dualità, coppie di problemi duali, scarti complementari. Metodo del simplesso duale. Analisi di sensitività, analisi parametrica. Programmazione lineare mista intera e ottimizzazione combinatoria. Problemi di ottimizzazione discreta: formulazioni. Rilassamenti e algoritmo di Branch-and-Bound. Alcune applicazioni. Problemi di ottimizzazione convessa e concava. Ottimizzazione vincolata (su insiemi convessi e su un poliedro). Algoritmi per la risoluzione di problemi con vincoli convessi. Le condizioni di Karush-Kuhn-Tucker. Metodi euristici e di ricerca locale. Applicazioni reali in ambito industriale e in computer science.

2) Statistica e analisi decisionale (30 ore circa): Richiami di statistica descrittiva. Frequenze assolute, relative e cumulate. Indici statistici di posizione e di variabilità. Misure di dispersione. Indipendenza e dipendenza tra variabili quantitative. Variabili casuali discrete e continue. Distribuzioni e principali modelli probabilistici. Metodi di stima dei parametri. Regressione semplice e multipla: modello statistico ed assunzioni. Approcci analitici alla regressione. Analisi fattoriale. Analisi della varianza. Analisi per componenti principali (PCA) e linear discriminant analysis (LDA). Certezza, rischio ed incertezza. Condizioni di rischio. Decisioni strutturate e non strutturate. Decisioni in condizioni di incertezza. Alternative, outcomes e stati della nutura, matrice di decisione. Criterio del valore atteso. Elementi di teoria bayesiana della decisione. La funzione di verosimiglianza. Il metodo bayesiano.

Metodi didattici
- Lezioni frontali (52 ore) in cui verranno presentati gli argomenti del corso e svolti esercizi guida che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici.
- Esercitazioni (20 ore) con cadenza settimanale durante il periodo di erogazione del corso e in preparazione della prova d'esame.

Modalità di verifica dell'apprendimento
L'esame ha lo scopo di verificare se il candidato ha acquisito le conoscenze e le abilità specificate nei risultati di apprendimento attesi. L'esame consiste nello svolgimento di una prova scritta e di un elaborato di tipo progettuale. La prova scritta riguarda esercizi di tipo pratico inerenti ai contenuti del corso. Nello specifico la prova scritta è composta da tre esercizi di cui i primi due riguardano il punto 1) del programma mentre il terzo esercizio riguarda il punto 2) del programma. Il punteggio massimo conseguibile nella prova scritta è pari a 32. La prova ha una durata di 2.5 ore.

L’elaborato progettuale riguarda un argomento scelto dallo studente nell’ambito di una lista fornita dal docente oppure una tematica di elezione da parte dello studente e concordata con il docente. In tale progetto, lo studente deve dimostrare di sapere applicare le metodologie studiate durante il corso per la soluzione del problema scelto, mettendone in luce pro e contro e giustificando le proprie scelte implementative. Il punteggio massimo attribuito all’elaborato è pari a 30. La valutazione dell’apprendimento prevede l’attribuzione di un voto finale dato dall’esito combinato del punteggio della prova scritta (60% del voto finale) e del punteggio assegnato al progetto svolto (40% del voto finale). L’esame si considera superato qualora lo studente consegua un punteggio maggiore o uguale a 18/30. Il voto finale è espresso in 30-esimi. Lo studente che consegue un punteggio complessivo superiore a 30 consegue la lode.

Testi di riferimento

[1] F. S. Hillier, G. J. Lieberman, Ricerca Operativa: Fondamenti, Editore: McGraw-Hill.
[2] Fletcher, R. Practical: Methods of Optimization, Wiley.
[3] W.L. Winston, Operations Research, Applications and Algorithms, third edition.
[4] Dimitri P. Bertsekas, Nonlinear Programming, Athena Scientific.

Risultati di apprendimento specifici

Al termine del corso lo studente è in grado di:
a. Individuare i metodi da utilizzare per la determinazione della soluzione ottima di un problema di ricerca operativa, conoscendone applicabilità e limiti.
b. Analizzare la soluzione ottima di un problema determinata dal metodo risolutivo, in particolare la sua unicità e la sua sensibilità rispetto ai parametri del modello, sulla base dei dati disponibili.
c. Utilizzare l’ambiente di modellazione per la codifica dei modelli formulati e la loro risoluzione.
d. Formulare un problema decisionale in un contesto reale mediante un modello di programmazione matematico-statistico, individuando le variabili decisionali ed esprimendo, in funzione di esse, l’obiettivo da conseguire ed i vincoli che devono essere rispettati affinché la soluzione sia effettivamente utilizzabile nel contesto reale.
e. Applicare i fondamenti metodologici dell’analisi dei dati. f. Utilizzare le principali tecniche statistiche per l’analisi di dati.

L'attività didattica è offerta in:

Facoltà Dipartimentale di Ingegneria

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2026)	comune	9	STAT-04/A

Stampa del 03/08/2026

Prova finale [22052PF]

Offerta didattica a.a. 2026/2027

Docenti:

Periodo: Secondo Ciclo Semestrale

Syllabus non pubblicato dal Docente.

L'attività didattica è offerta in:

Facoltà Dipartimentale di Ingegneria

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2025)	comune	24	PROFIN_S

Stampa del 03/08/2026

Smart Systems [2205203]

Offerta didattica a.a. 2026/2027

Docenti: GABRIELE OLIVA

Periodo: Primo Ciclo Semestrale

Obiettivi formativi
Il corso fornisce agli studenti le competenze avanzate per progettare, sviluppare e gestire sistemi automatizzati complessi, focalizzandosi su infrastrutture distribuite intelligenti. Vengono approfonditi sia gli aspetti teorici dei sistemi cyber-fisici, che quelli pratici, come i sistemi di controllo industriale avanzato, l'integrazione di dispositivi IIoT, ed i sistemi ad eventi e distribuiti.

Prerequisiti
Nessuno

Contenuti del corso
Parte 1: Sistemi SCADA, Automazione Industriale e Programmazione PLC (16 ore)
• Sistemi SCADA e automazione industriale: Introduzione alla supervisione e al controllo di sistemi industriali distribuiti. Analisi dei sistemi SCADA e delle tecniche di gestione automatizzata.
• Petri Nets: Utilizzo dei grafi di Petri per la modellazione e gestione dei processi industriali e delle reti automatizzate.
• Programmazione PLC: Linguaggi di programmazione per il controllo industriale, con particolare attenzione ai linguaggi Ladder (LD) e Sequential Function Chart (SFC).
• Job shop scheduling: introduzione al problema dello scheduling di lavori su macchine condivise, applicazioni nel contesto dell'automazione industriale, modelli matematici e formulazioni, tecniche di soluzione esatte ed euristiche.
Parte 2: Reti e Protocolli Industriali, Integrazione e Automazione Avanzata (16 ore)
• Protocolli industriali: Introduzione e approfondimento sui protocolli industriali più utilizzati come Modbus TCP/IP, Profibus, Ethernet/IP, e MQTT per la comunicazione tra dispositivi industriali e di controllo.
• Integrazione di un sistema SCADA: Implementazione pratica di una rete SCADA per il controllo e la supervisione di un impianto reale. Programmazione di PLC come Schneider Electric M340 e Siemens S7-1200.
• Sistemi IIoT (Industrial Internet of Things): Integrazione di dispositivi IIoT per il monitoraggio remoto, il controllo e l'automazione avanzata degli impianti.
• Controllo vocale e da mobile: Integrazione dei sistemi di controllo vocale con servizi mobile (es. Google) per l'automazione e l'esecuzione di routine di controllo industriale.
Parte 3: Sistemi Distribuiti, Teoria dei Grafi e Algoritmi di Ottimizzazione (16 ore)
• Sistemi distribuiti e ad eventi: Introduzione alla teoria dei grafi e agli algoritmi distribuiti. Approfondimento su tecniche di visita in profondità e ampiezza, consensus, algoritmi di token passing, e gossip.
• Ottimizzazione distribuita: Tecniche per ottimizzare le performance in sistemi distribuiti, con particolare attenzione all'applicazione di algoritmi di ottimizzazione per il miglioramento dell'efficienza operativa nelle reti industriali e nei sistemi cyber-fisici.

Metodi didattici
• Lezioni frontali (60%): Presentazioni teoriche e discussioni su casi studio reali.
• Lezioni pratiche (40%): Esercitazioni pratiche con software di simulazione, programmazione PLC e configurazione di reti SCADA e di algoritmi distribuiti.

Modalità di verifica dell'apprendimento
La valutazione finale del corso sarà effettuata esclusivamente tramite un colloquio orale. Durante l'esame orale, gli studenti dovranno dimostrare la comprensione dei concetti chiave trattati durante il corso, inclusi i modelli di automazione industriale, i sistemi SCADA, le tecnologie PLC e IIoT, e le tecniche di controllo utilizzate nei sistemi cyber-fisici.
Il colloquio avrà lo scopo di valutare le seguenti competenze:
• Conoscenza dei modelli di gestione dei sistemi automatizzati.
• Capacità di comprendere e applicare algoritmi di controllo per SCADA e PLC.
• Capacità di analizzare criticamente le soluzioni tecnologiche e giustificare le scelte progettuali.
• Capacità di comunicare in modo chiaro e preciso i concetti teorici e applicativi trattati nel corso.
Il voto finale sarà espresso in trentesimi e si baserà sulla qualità delle risposte, sulla profondità della comprensione e sulla capacità di argomentare le scelte tecnologiche, con l'attribuzione della lode a discrezione della commissione.

L'esame orale è l’unica modalità di valutazione del corso. Per superare l’esame, lo studente dovrà ottenere un punteggio pari o superiore a 18/30.

Testi di riferimento
Dispense a cura del docente e fornite dalla piattaforma di e-learning
Articoli scientifici

Risultati di apprendimento specifici
1. Conoscenza e capacità di comprensione
La valutazione in questa sezione si concentra sulla comprensione dei principali modelli dedicati alla gestione di sistemi automatizzati in rete e dei componenti di un sistema cyber-fisico. Durante il corso, gli studenti dovranno dimostrare di comprendere i principi di funzionamento dei sistemi SCADA e PLC, come anche gli algoritmi di controllo applicati a tali sistemi.
2. Conoscenze e capacità di comprensione applicate
Gli studenti dovranno dimostrare di saper applicare le tecniche di automazione per progettare semplici sistemi cyber-fisici. La valutazione sarà basata sull’applicazione pratica di concetti teorici nella realizzazione di un sistema di automazione, come nel caso di un impianto industriale o di un sistema di distribuzione.
3. Autonomia di giudizio
Gli studenti dovranno dimostrare di essere in grado di analizzare criticamente le soluzioni tecnologiche proposte, valutando i vantaggi e gli svantaggi delle diverse tecnologie disponibili per un dato problema.
4. Abilità comunicative
La capacità di comunicare efficacemente le conoscenze acquisite durante il corso sarà valutata durante l'esame orale. Gli studenti dovranno dimostrare la loro abilità nel spiegare i concetti chiave e comunicare in modo chiaro e professionale sia gli aspetti teorici che pratici del materiale del corso.

L'attività didattica è offerta in:

Facoltà Dipartimentale di Ingegneria

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2025)	comune	6	ING-INF/04

Stampa del 03/08/2026

Valutazione e ottimizzazione finanziaria dei progetti [2205201]

Offerta didattica a.a. 2026/2027

Docenti: FRANCESCO CONTE

Periodo: Primo Ciclo Semestrale

Obiettivi formativi
Il corso si propone di fornire agli studenti un quadro teorico e metodologico per l'analisi dei processi di innovazione tecnologica e la loro valutazione sotto il profilo economico-finanziario. Muovendo dalla tassonomia dell'innovazione, dai paradigmi di Open Innovation e dall'esame delle tecnologie abilitanti (IoT, Industria 4.0, Big Data Analytics, economia circolare), il percorso formativo conduce lo studente ai fondamenti della finanza aziendale – valore temporale del capitale, attualizzazione dei flussi di cassa, costo del capitale – e all'applicazione dei principali criteri di valutazione degli investimenti (VAN, TIR, Payback Period).
Nello specifico, il corso integra le tematiche dell'innovazione e della trasformazione digitale con i concetti di valore d'impresa e di creazione di valore attraverso i progetti di investimento. Al termine del percorso, lo studente sarà in grado di costruire un business case, analizzare la sostenibilità finanziaria di un progetto e formulare decisioni di investimento fondate su strumenti quantitativi rigorosi e su una visione integrata tra strategia dell'innovazione e dimensione economico-finanziaria.

Prerequisiti
Nessuna

Contenuti del corso
Modulo 1
1. Tassonomia dell'innovazione: innovazione incrementale, radicale, architetturale e modulare; paradigmi di Open Innovation e modelli collaborativi di R&S;
2. Technology Readiness Levels (TRL) - scala di maturità tecnologica
3. Tecnologie abilitanti e trasformazione dei modelli di business: Internet of Things (IoT), Industria 4.0, Big Data Analytics, economia circolare; curve di diffusione tecnologica;
4. Fonti e strumenti di finanziamento dell'innovazione: capitale di rischio, incentivi pubblici, finanza agevolata; metriche di performance della R&S;
5. Fondamenti di finanza aziendale: il valore temporale del capitale, principi di attualizzazione e capitalizzazione dei flussi di cassa;
6. Il Capital Asset Pricing Model (CAPM) ed il costo medio ponderato del capitale (WACC): struttura finanziaria dell'impresa, costo del capitale proprio (equity) e costo del capitale di debito;
7. Criteri di valutazione finanziaria degli investimenti: Valore Attuale Netto (VAN), Tasso Interno di Rendimento (TIR), periodo di recupero (Payback Period);
8. Valore d'impresa e creazione di valore: la valutazione dei progetti come determinante dell'accrescimento del valore aziendale;
9. Costruzione del business case e valutazione economico-finanziaria integrata dei progetti di innovazione tecnologica.

Modulo B
1. L'innovazione tecnologica e il funzionamento del mercato nel settore energetico
2. Esempi di design e valutazione tecnico-economica di progetti innovativi nel settore energetico

Metodi didattici
Il corso è organizzato in lezioni frontali (38 ore) e sessioni di esercitazione (10 ore). Le lezioni frontali sono finalizzate a presentare gli argomenti del corso. Durante le sessioni di esercitazione sono svolti, in modalità interattiva con gli studenti, esercizi che mostrano l'applicazione dei diversi strumenti e metodi a problemi specifici e casi di studio, sia mediante l'uso della lavagna, sia ricorrendo ad ambienti di calcolo e software di produttività ed analisi.

Modalità di verifica dell'apprendimento
Tre domande orali, due sul modulo A, una sul modulo B. Voto: media pesata del voto sul modulo A e del voto sul modulo B.

Testi di riferimento

Dispense distribuite durante il corso.

Risultati di apprendimento specifici

• Conoscenza e capacità di comprensione
Al termine del corso lo studente avrà acquisito conoscenze relative ai processi di innovazione tecnologica, ai paradigmi dell'Open Innovation e alle principali tecnologie abilitanti della trasformazione digitale. Comprenderà inoltre i fondamenti della finanza aziendale, con particolare riferimento al valore temporale del denaro, al costo del capitale e ai principali metodi di valutazione degli investimenti.

• Capacità di applicare conoscenza e comprensione
Lo studente sarà in grado di applicare strumenti e metodologie per la valutazione economico-finanziaria di progetti di investimento e innovazione tecnologica. Saprà costruire e analizzare business case, stimare flussi di cassa, determinare indicatori quali VAN, TIR e Payback Period e valutare la sostenibilità finanziaria di iniziative innovative in diversi contesti aziendali.

• Autonomia di giudizio
Lo studente svilupperà la capacità di formulare valutazioni critiche sulle opportunità e sui rischi associati agli investimenti in innovazione, interpretando dati economici, finanziari e tecnologici per supportare processi decisionali consapevoli. Sarà inoltre in grado di confrontare alternative progettuali e identificare le soluzioni maggiormente in grado di generare valore per l'impresa.

• Abilità comunicative
Lo studente acquisirà la capacità di presentare e discutere analisi economico-finanziarie e business case utilizzando una terminologia tecnica appropriata. Sarà in grado di comunicare in modo efficace i risultati delle valutazioni svolte, illustrando le implicazioni strategiche e finanziarie delle decisioni di investimento.

• Capacità di apprendimento
Lo studente svilupperà competenze utili ad approfondire autonomamente temi relativi all'innovazione tecnologica, alla finanza d'impresa e alla valutazione dei progetti, acquisendo la capacità di aggiornare e integrare le proprie conoscenze in relazione all'evoluzione delle tecnologie, dei mercati e degli strumenti finanziari.

L'attività didattica è offerta in:

Facoltà Dipartimentale di Ingegneria

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2025)	comune	6	SECS-P/11

Stampa del 03/08/2026