Architetture dei Sistemi Distribuiti [2203104]

Offerta didattica a.a. 2024/2025

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
Distributed Systems: Introduction and taxonomy
Systems Architecture:
• Centralized models
• Distributed models
• Hybrid models
• Middleware

Processes:
• OS basics
• Processes and threads
• Communication among processes and threads
o The Client&Server paradigm
o The Publish-Subscribe paradigm
• Virtual systems

Networking basics:
• Network of Computers
• The RPC model
• The message passing model
• Stream based communication
• Multicast

Synchronization:
• Clock synchronization
• Logic clocks
• Synchronization access in distributed systems
• Polling systems

IoT and Distribued Systems
• IoT Applications
• Web-services
• Cloud computing & Platform as a Service
• Edge computing
• Fog Computing

Data integrity and replication:
• Data-centric models
• Client-centric models
• Replica management
• Data integrity protocols
Fault Tolerant Systems

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

Altre informazioni
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	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2020)	comune	9	ING-INF/05

Stampa del 07/05/2025

Autonomous Robotics [2203212]

Offerta didattica a.a. 2024/2025

Docenti:

Periodo: Primo 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	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2020)	Percorso A	9	ING-IND/34
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2020)	Percorso B	9	ING-IND/34

Stampa del 07/05/2025

Computer Vision [2203203]

Offerta didattica a.a. 2024/2025

Docenti: PAOLO SODA

Periodo: Primo Ciclo Semestrale

Obiettivi formativi
Il corso si propone di far apprendere agli studenti i principi fondamentali e le applicazioni della Computer Vision (CV), ovvero le tecnologie di Intelligenza Artificiale (IA) che possono percepire, comprendere e ricostruire il complesso mondo visivo per creare un modello, eventualmente approssimato, del mondo reale partendo da immagini o video.
Gli studenti apprenderanno i fondamenti teorici nonché i principi di funzionamento di diverse applicazioni di CV di largo uso nella nostra vita quotidiana comprendendo, ad esempio, come gli algoritmi intelligenti supportino l'analisi degli accessi in zone riservate, come le auto a guida autonoma possono spostarsi in sicurezza analizzando la scena, o come i social media e/o altri strumenti software rilevano volti e persone in un'immagine o in un video.

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

Contenuti del corso
Argomenti trattati nelle lezioni frontali:
- Introduzione, presentazione del programma, metodi di esame, panoramica delle applicazioni industriali della Computer Vision, terminologia (docente: Ing. Sicilia);
- Campionamento, quantizzazione, modelli di colore (docente: Ing. Sicilia);
- Modelli di colore, trasformazione, rotazione, zoom e ridimensionamento, ridimensionamento con seam carving (docente: Ing. Sicilia);
- Statistica delle immagini: istogrammi del primo e secondo ordine, e caratteristiche da esse derivate (docente: Ing. Sicilia);
- Sistemi lineari, filtri (media, mediana, gaussiana, soglia), convoluzione e correlazione (docente: Ing. Sicilia);
- Rilevamento dei bordi tramite sharpening; Canny, Sobel e Laplaciano (docente: Ing. Sicilia);
- Rilevamento dei bordi tramite trasformata di Hough e trasformata di Hough generalizzata (docente: Ing. Cordelli);
- Caratteristiche e adattamento - RANSAC, rivelatore Harris, Scale Invariant Keypoint Detection, LoG, DoG, Harris-Laplacian (2 lezioni) (docente: Ing. Cordelli);
- Descrittori quantitativi delle immagini e dei video- SIFT, HOG, Omografia, LBP (docente: Ing. Cordelli);
- Elaborazione morfologica delle immagini (docente: Prof. Soda);
- Segmentazione: dai metodi di thresholding al level-set, metodi di clustering (k-means, mean-shift), metriche di valutazione delle prestazioni per algoritmi di segmentazione (2 lezioni) (docente: Prof. Soda)
- Movimento e inseguimento: Flusso ottico, metodo Lucas-Kanade, Piramidi per grandi movimenti, metodo Horn-Schunk, strati e coerenza spaziale (docente: Ing. Cordelli);
- Object detection e Visual Bag of Words (BoW): dai SIFT al BoW (2 lezioni) (docente: Ing. Cordelli);
- Deep learning: reti neurali convoluzionali (CNNs) (2 lezioni) (docente: Prof. Soda);
- eXplainable Artificial Intelligence (XAI) per immagini e video (2 lezioni) (docente: Prof. Soda);
- Deep learning: autoencoders e U-Net (docente: Ing. Cordelli);
- Deep learning: U-Net e YOLO-Net (docente: Ing. Cordelli);
- Reti Neurali Generative Avversarie (GANs): dai metodi non supervisionati a quelli supervisionati (docente: Prof. Soda).
- Valutazione dei modelli generativi (docente: Prof. Soda).
- Data leakage nei modelli generativi e problemi di privacy (docente: Prof. Soda).

Attività di laboratorio:
- Introduzione a openCV in Python, caricamento di un'immagine, zoom e ridimensionamento, feature extraction;
- Filtraggio, convoluzione e correlazione;
- Rilevamento dei bordi in un'immagine;
- Caratteristiche e adattamento, descrittori di caratteristiche (2 lezioni);
- Ridimensionamento con seam carving;
- Elaborazione morfologica delle immagini e segmentazione;
- Movimento e inseguimento in video;
- Object detection e Visual Bag of Words nei video;

- CNNs e XAI;
- Autoencoders e U-Net;
- Identificazione di volti: dalla PCA al deep learning. Un esempio di come oscurare i volti per garantire la privacy;
- Riconoscimento di pedoni e di autoveicoli usando le CNNs;
- Riconoscimento di azioni e attività umane;
- Reti Neurali Generative Avversarie.

Metodi didattici

L'insegnamento si basa su lezioni frontali ed esercitazioni al calcolatore, utilizzando pacchetti open-source o proprietari. La suddivisione tra didattica frontale e le esercitazioni al calcolatore è pari a 70%-30%, 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 utilizzare i modelli computazionali per la costruzione di sistemi in grado di acquisire ed osservare intelligentemente la realtà, prendendo da tale analisi decisioni di alto livello, attraverso l'uso di strumenti software disponibili per l'applicazione di metodi di CV. Agli studenti verrà fornito un task reale con la specifica del problema da risolvere; ad esempio, si può fornire un sistema di acquisizione video attraverso telecamere, richiedendo agli studenti di sviluppare una catena di algoritmi in grado di segmentare e riconoscere determinati oggetti all'interno delle immagini raccolte nel tempo.
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, la fattibilità del sistema proposto considerando l'impatto con la realtà in termini di costi computazionali e robustezza dell'approccio.
La seconda prova consiste in un colloquio orale, che vuole verificare che lo studente abbia acquisito un adeguato livello di conoscenza delle basi teoriche dei principali modelli computazionali della CV. 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.
Un esempio di domanda potrebbe essere: "esporre i metodi di segmentazione basati sul clustering". Durante la prova orale saranno anche discusse le applicazioni sviluppate nel lavoro sperimentale.

Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale:
La definizione del voto finale è determinata principalmente dal colloquio orale, che pesa al 75%.
In relazione alla valutazione del lavoro sperimentale e del colloquio orale, ciascuno degli elementi descritti in precedenza 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.
Inoltre, il gruppo che otterrà i migliori risultati nel lavoro sperimentale, comunque superiori ad una certa soglia minima determinata sulla base della complessità del problema, avrà diritto ad +1/+2 punti sulla valutazione finale.
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

- David Forsyth, Jean Ponce, "Computer Vision: A Modern Approach"
- Gary Bradski, Adrian Kaehler, "Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library"
- Xiaoyue, JiangAbdenour, HadidYanwei, PangEric, GrangerXiaoyi, Feng, "Deep Learning in Object Detection and Recognition"

Altre informazioni

Capacità di applicare conoscenza e comprensione
Lo studente dovrà:
- Saper interpretare in modo appropriato i principali passi degli algoritmi per la CV;
- Saper affrontare un problema di CV utilizzando gli adeguati strumenti computazionali (ad es. saper riconoscere un oggetto o un viso in un'immagine o in un video);
- Saper utilizzare strumenti software disponibili per la CV.

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 dei modelli computazioni presentati.
- Sapere valutare l'adeguatezza di una procedura di modellazione della realtà.
- Saper prendere decisioni complesse sulla base dell'analisi di basso livello (dei pixel) ed alto livello (elaborazione con IA) delle immagini e video.

Abilità comunicative
Lo studente dovrà saper redigere, presentare ed esporre delle possibili soluzioni progettuali a casi applicativi reali. Dovrà inoltre 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. In particolare, lo studente dovrà:
- Acquisire un adeguato livello di conoscenza delle basi teoriche delle principali tecniche di elaborazione delle immagini e dei video;
- Comprendere i fondamenti per la costruzione di sequenze procedurali per l'acquisizione, l'elaborazione ed il riconoscimento di informazioni visive dall'ambiente sotto osservazione;
- Comprendere la potenzialità della CV per lo sviluppo di sistemi di analisi, classificazione autonoma e semi-autonoma della realtà;

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	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2020)	Percorso A	9	ING-INF/05
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2020)	Percorso B	9	ING-INF/05
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2020)	Percorso C	9	ING-INF/05

Stampa del 07/05/2025

Deep Learning for BigData [2203202]

Offerta didattica a.a. 2024/2025

Docenti: MARIO MERONE

Periodo: Primo 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	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2020)	Percorso A	9	ING-INF/05
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2020)	Percorso B	9	ING-INF/05
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2020)	Percorso C	9	ING-INF/05

Stampa del 07/05/2025

Digital Twins per il Controllo, l'Automazione e la Predective Maintenance [2203112]

Offerta didattica a.a. 2024/2025

Docenti: GABRIELE OLIVA

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 ottimo, sistemi di osservazione come il filtro di Kalman, tecniche di rilevamento di guasti. Conoscenza dei principali elementi di automazione industriale con particolare riferimento ai Programmable Logic Controllers (PLC) ed ai loro linguaggi di programmazione. 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
1) 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.
2) 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, Filtro di Kalman Esteso e Particle Filter. 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.
3) 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).
4) Elementi di Automazione Industriale (25%): Introduzione alle architetture impiegate in campo di automazione industriale e analisi dei meccanismi di funzionamento id un PLC. Linguaggi di programmazione di un PLC. Illustrazione del protocollo Modbus e degli altri protocolli di automazione industriale. Implementazione di tecniche di controllo, monitoraggio e gestione dei gusti in ambiente industriale.

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

Modalità di verifica dell'apprendimento
Le capacità di progettazione sono valutate mediante lo sviluppo di un progetto da svolgere in piccoli gruppi (2-4 studenti). Il progetto riguarda l'implementazione di algoritmi di controllo e stima che sfruttino i digital twins in Matlab e/o in maniera sperimentale. Tale progetto può essere assegnato direttamente dal docente, ma gli studenti sono invitati a proporre un progetto originale al docente, il quale si riserva di effettuare una verifica di fattibilità e congruità dello stesso. La comprensione degli argomenti trattati nel corso è valutata mediante una presentazione che illustri il progetto ed un colloquio orale.

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

Altre informazioni
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 dei principali elementi costituenti sistemi di automazione industriale con specifico focus sui Programmable Logic Controllers (PLC) e loro linguaggi di programmazione.
- Conoscenza delle principali tecniche per la individuazione automatica di situazioni anomale e di gusto (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.

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.
- Sviluppo di sistemi di automazione per PLC che sfruttino le capacità di monitoraggio e gestione dei Digital Twins.

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	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2020)	comune	9	ING-INF/04

Stampa del 07/05/2025

Electronics and interfaces for industrial applications [2203205]

Offerta didattica a.a. 2024/2025

Docenti:

Periodo: Primo 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	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2020)	Percorso A	9	ING-INF/01
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2020)	Percorso B	9	ING-INF/01

Stampa del 07/05/2025

Ethical Hacking [2202247]

Offerta didattica a.a. 2024/2025

Docenti: IVANO GABRIELLI

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
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

Altre informazioni
- 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	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2020)	Percorso A	9	ING-INF/04
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2020)	Percorso B	9	ING-INF/04
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2020)	Percorso C	9	ING-INF/04

Stampa del 07/05/2025

Fondamenti di Cybersecurity [2203114]

Offerta didattica a.a. 2024/2025

Docenti: CORRADO GIUSTOZZI

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

Altre informazioni

- 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	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2020)	comune	9	ING-INF/04

Stampa del 07/05/2025

Fondamenti di Intelligenza Artificiale: strumenti di sviluppo e metodi [2203113]

Offerta didattica a.a. 2024/2025

Docenti: PAOLO SODA, GIULIO IANNELLO

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 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
• Elementi di base del linguaggio Python (4 ore, tenute dal titolare del corso)
• 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, tenute dal titolare del corso)
• 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, tenute dal titolare del corso e dal co-docente)
• 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, tenute dal titolare del corso)
• Programmazione funzionale in Python
• Espressioni lambda
• Le funzioni map e filter
• List comprehension
• Pacchetti rilevanti (6 ore, tenute dal co-docente)
• numpy
• scipy
• pandas
• Sviluppo e organizzazione del software (10 ore, tenute dal co-docente)
• Modelli di sviluppo software collaborativo
• Strumenti di modellazione dei sistemi software: UML (Diagramma delle classi, Diagramma dei casi d'uso, Diagramma di sequenza)
• Strumenti per il versionamento del codice sorgente (git, GitHub)
•
• Test Driven Development (TDD)
• Sviluppo software basato su containers
• Il paradigma Infrastructure-as-Code (IaC)
• Sviluppo di un progetto (20 ore, tenute dal titolare del corso, dai co-docenti)

Modulo Metodi
• 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;
• 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 Fourirer Discreta e Approssimazione Aggregata Simbolica), previsione con modelli autoregressivi, classificazione con Dynamic Time Warping e Time-Delay Neural Networks, suggerimenti sulla clusterizzazione delle serie temporali e tassonomia.
• 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

Metodi didattici
Il corso consiste in lezioni teoriche frontali (55%), lezioni capovolte (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
Metodi di valutazione della conoscenza e criteri:

I risultati specifici di apprendimento vengono verificati attraverso lo sviluppo di due progetti realizzati in piccoli gruppi e sotto la supervisione di uno dei docenti e un orale.
Lo sviluppo del primo progetto è costantemente monitorato dal docente 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 da ciascuno studente è completata durante un esame finale consistente nella discussione del progetto e degli argomenti teorici inclusi nel programma.
Il secondo consiste in un lavoro sperimentale da presentare in aula o in un colloquio orale. Lo scopo di questo test è verificare che lo studente abbia acquisito la capacità di utilizzare modelli computazionali per risolvere problemi di classificazione, clustering e regressione, attraverso l'uso di strumenti software disponibili per l'applicazione dei metodi ML.
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.
Nel lavoro sperimentale, 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 alla fine del corso. 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 un voto di 18. Voti più alti verranno assegnati 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".

Criteri per la misurazione dell'apprendimento e la definizione del voto finale:

La valutazione è su trenta con la possibile attribuzione della lode.
Il voto finale dipende dal primo progetto (30%) il secondo progetto (20%) e dal test orale (50%).
La valutazione dei due progetti dipende dalla valutazione della qualità tecnica del lavoro sviluppato (documentazione esterna e interna e codifica del software) e dall'attività collaborativa svolta, combinata con la maestria con cui viene condotta la discussione relativa al suo sviluppo.
Rispetto al secondo progetto, il gruppo che ottiene i migliori risultati nel lavoro sperimentale, in ogni caso al di sopra di una certa soglia minima determinata in base alla complessità del problema, avrà diritto a +1/+2 punti sul voto finale.
Per ciascuno dei tre componenti, il voto finale è tra 18 e 23 se lo studente dimostra di aver raggiunto un livello appena sufficiente, tra 24 e 27 se lo studente dimostra di aver raggiunto un livello adeguato, tra 28 e 30 se lo studente dimostra di aver raggiunto un alto livello, ovvero lo studente deve dimostrare di aver acquisito una conoscenza eccellente di tutti gli argomenti trattati nel corso, essendo in grado di collegarli in modo logico e coerente. La lode si ottiene dimostrando un alto grado di conoscenza degli argomenti e degli strumenti di simulazione, dimostrando un alto grado di autonomia e giudizio, e mostrando un'alta qualità di esposizione.

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

Altre informazioni

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 informative
• Essere in grado di utilizzare gli strumenti software disponibili per l'applicazione dei metodi 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	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2020)	comune	15	ING-INF/05, ING-INF/05

Stampa del 07/05/2025

Fondamenti di Robotica [2203115]

Offerta didattica a.a. 2024/2025

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.
• Robot Operating System (ROS2) - gestione di pacchetti, ROS2 topic, service ed action; Simulazione di robot in ROS2 con Gazebo e Rviz.
• Attuatori e sensori (LIDAR, camere RGB ed RGB-D, M-IMU) in ROS2 - principi di funzionamento, loro impiego e gestione in ROS2.
• Approcci di decision making: definizioni e concetti generali. Gestione di comportamenti autonomi utilizzando approcci basati su regole e apprendimento automatico, Finite State Machine e Behaviour Tree.
• Introduzione ai principali approcci software AI-based per le seguenti applicazioni: riconoscimento e manipolazione di oggetti; collaborazione uomo-robot; applicazioni multi-robot.

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) in Python.

La valutazione delle conoscenze acquisite verrà effettuata dal docente, che verificherà 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 il docente farà 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 valutazione delle conoscenze acquisite verrà effettuata dal docente, che verificherà 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.
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.

Altre informazioni

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	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2020)	comune	9	ING-IND/34

Stampa del 07/05/2025

Inglese Generale [22031C2]

Offerta didattica a.a. 2024/2025

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.

Altre informazioni
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	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2020)	comune	3	L-LIN/12

Stampa del 07/05/2025

Modelli e Metodi di Ottimizzazione e Statistica [2203102]

Offerta didattica a.a. 2024/2025

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.

Altre informazioni

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	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2020)	comune	9	SECS-S/06

Stampa del 07/05/2025

Project Management and Digital Mindset Lab [2203204]

Offerta didattica a.a. 2024/2025

Docenti:

Periodo: Primo 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	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2020)	Percorso A	9	ING-IND/35, M-FIL/02
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2020)	Percorso B	9	ING-IND/35, M-FIL/02

Stampa del 07/05/2025

Prova Finale [22032PF]

Offerta didattica a.a. 2024/2025

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	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2020)	comune	24	PROFIN_S

Stampa del 07/05/2025

Smart Management of Renewable Energy Systems [2203213]

Offerta didattica a.a. 2024/2025

Docenti: FRANCESCO CONTE

Periodo: Primo Ciclo Semestrale

Obiettivi formativi

Il corso consente allo studente di acquisire la conoscenza dell'architettura, i principi di funzionamento, le sfide e le soluzioni innovative per i sistemi elettrici con alta penetrazione di energia rinnovabile. Lo studente potrà innanzitutto acquisire le competenze circa la composizione e il funzionamento del sistema elettrico, il funzionamento del mercato dell'energia elettrica e le tecniche di modellazione per la generazione, l'uso e l'accumulo dell'energia elettrica. Lo studente potrà inoltre acquisire competenze riguardo le metodologie di gestione intelligente per Smart Energy Project, come Smart City, Smart Building o Comunità Energetiche Rinnovabili.

CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPRENSIONE
Il corso si propone di fornire la conoscenza e la capacità di comprensione del funzionamento di base del sistema elettrico ed una conoscenza più dettagliata dei sistemi di generazione dell'energia elettrica da fonti rinnovabili, dei sistemi di accumulo dell'energia elettrica e delle metodologie di gestione intelligente delle Smart Grid.

CAPACITÀ APPLICATIVE
Al termine del corso, lo studente è in grado di:
- formulare modelli dinamici per i sistemi di generazione di energia elettrica da fonte rinnovabile e per i sistemi di accumulo dell'energia elettrica;
- progettare algoritmi di gestione ottima per una microrete, vale dire un "piccolo" sistema elettrico che serve un edificio o un complesso commerciale/industriale o un quartiere di una città.

Prerequisiti

Programmazione di base. Concetti di base di teoria dei sistemi (funzione di trasferimento, sistemi nello spazio di stato). Si consiglia il superamento della prova finale dell'insegnamento di Ottimizzazione.

Contenuti del corso

L'obiettivo di questo corso è quello di introdurre innanzitutto l'architettura e i principi di funzionamento dei sistemi elettici e del mercato dell'energia elettrica. Verranno poi illustrate le caratteristiche tecniche e i modelli matematici di base dei diversi componenti, nonché le metodologie di gestione intelligente, che utilizzano le tecnologie hardware e software tipicamente adottate nelle Smart Grid. Inoltre, il corso illustrerà come le tecniche di analisi dei dati, come le reti neurali artificiali e l'identificazione delle serie temporali, possano essere utilizzate per prevedere il consumo e la produzione di energia e come i metodi di ottimizzazione possano essere utilizzati per gestire in modo efficiente un sistema energetico intelligente.

Programma dettagliato:

A. Il sistema elettrico
- Descrizione funzionale, dimensioni, distribuzione territoriale
- Le componenti del sistema elettrico: generazione, trasmissione, distribuzione, vendita
- Smart Grid: concetto e possibili configurazioni

B. Il mercato dell'energia
- Concetti base, i produttori, i consumatori, i "prosumer"
- Il mercato elettrico italiano:
  i. mercato del giorno prima
  ii. mercato infragiornaliero
  iii. mercato dei servizi di dispacciamento

C. Modelli
- Sistemi di generazione tradizionali (gas, idroelettrico, geotermico)
- Generatori distribuiti a combustibile fossile (Diesel, gas)
- Generatori eolici

- Generatori fotovoltaici
- Sistemi di accumulo elettrochimici (batterie) e basati su idrogeno
- Carichi

D. Strumenti
- Metodi di ottimizzazione
- Model Predictive Control
- Il linguaggio AMPL
- Strumenti dell'intelligenza artificiale (load and generation forecasting, reinforcement learning)

E. Sistemi di gestione intelligente (Management Systems)
- Energy & Distribution Management System.
- Casi studio
- Comunità energetiche rinnovabili

Metodi didattici
Lezioni frontali sugli argomenti del corso (65%).
Esercitazioni ed implementazione al computer di progetti di esempio (25%).
Seminari di Industrie leader del settore, stage e visite ad impianti (10%).

Modalità di verifica dell'apprendimento
L'esame del corso consiste in un progetto ed un test orale.
Il progetto riguarderà la progettazione tecnica e la valutazione economica-finanziaria di una microgrid, vale a dire un "piccolo" sistema elettrico che serve una Smart City, o un Smart Building o una Energy Community e prevede la stesura di un breve rapporto tecnico di circa 10 pagine. La realizzazione del progetto permetterà la valutazione delle capacità applicative acquisite.
Il test orale prevede tre domande. Le prima domanda riguarderà uno tra gli argomenti A (Il sistema elettrico) e B (Il mercato dell'energia) allo scopo di verificarne la conoscenza e la comprensione. La seconda domanda riguarderà uno degli argomenti C (Modelli) e D (Strumenti) allo scopo di verificarne la conoscenza e la comprensione. La terza domanda riguarderà il progetto presentato allo scopo di verificare la conoscenza e la comprensione delle tecniche utilizzate.

Testi di riferimento
Dispense fornite dal docente.

Altre informazioni
- Capacità di disegnare l'architettura, dimensionare correttamente le componenti, progettare l'algoritmo di gestione intelligente per una microrete, vale a dire un "piccolo" sistema elettrico che serve uno Smart District, uno Smart Building o una Comunità Energetica Rinnovabile.
- Conoscenza e capacità di comprensione delle problematiche basilari e gli strumenti di gestione, ottimizzazione e controllo dei sistemi di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica.
- Capacità di presentare ed esporre le possibili soluzioni progettuali applicabili a casi reali, con adeguato linguaggio tecnico coerente con i contenuti dell'insegnamento.
- Capacità di lavorare in team, anche in collaborazione con aziende del settore.

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	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2020)	Percorso A	9	ING-IND/33

Stampa del 07/05/2025

Smart sensing and measurements [2203206]

Offerta didattica a.a. 2024/2025

Docenti:

Periodo: Primo 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	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2020)	Percorso A	9	ING-IND/12
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2020)	Percorso B	9	ING-IND/12

Stampa del 07/05/2025

Smart Systems [2203201]

Offerta didattica a.a. 2024/2025

Docenti: ROBERTO SETOLA

Periodo: Primo Ciclo Semestrale

Obiettivi formativi
Il corso mira a fornire le principali conoscenze e competenze per ciò che riguarda l'analisi e la progettazione di "sistemi intelligenti" ovvero sistemi Cyber-Physical in grado di interagire con l'ambiente con l'obiettivo fornire all'utenza una serie di servizi e prestazioni innovative ottimizzare nel contempo l'utilizzo di risorse.

Prerequisiti
Abilità di programmazione di base. Algebra lineare (matrici, autovalori, autovettori). Concetti teorici basici di teoria del controllo (funzione di trasferimento, metodi dello spazio degli stati).

Contenuti del corso
Parte 1: Smart City and Smart Networked infrastructures (40%)
Richiamo dei concetti preliminari sui sistemi di controllo, sui problemi di ottimizzazione e sulle reti di calcolatori.
Introduzione ai concetti di città intelligenti e di infrastruttura critica informatizzata.
Supervisione e controllo di sistemi distribuiti e su rete, sistemi SCADA.
Cenni sui sistemi ad eventi. Elementi di controllo digitale. Implementazione di un sistema di controllo mediante algoritmi.
Elementi di valutazione del rischio

Parte 2: Sistemi SCADA (30%)
Introduzione ai sistemi SCADA, elementi di controllo per sistemi industriali.
Struttura dei PLC e linguaggi di programmazione per il controllo di sistemi industriali: Ladder, Structured Text, Sequential Functional Chart e regole di traduzione.
Ambienti per la programmazione dei controllori industriali e la realizzazione di interfacce uomo-macchina.
Protocolli di comunicazione industriale: Modbus, OPC, Ethernet-IP, MQTT, CANBus.
Integrazione di servizi: comandi vocali ed interfacce web-based.
Parte 3: Digital Twins (30%)
Elementi di data fusion. Introduzione ai Digital Twin. Tassonomia dei Digital Twin. Digital twin per sistemi dinamici. Digital twin basati su modelli dinamici. Osservatori dinamici. Filtro di Kalman. Filtro di Kalman Esteso. Approcci data-driven.

Metodi didattici
Il corso prevede
• Lezioni frontali con presentazioni al computer (50%)
• Lezioni pratiche (30%)
• Seminari tenuti da esperti industriali (15%)
Nello specifico all'interno delle attività di cui alla parte 1 di affiancheranno alle lezioni
teoriche e lezioni pratiche in cui il problema sarà implementato e risolto tramite algoritmi in MATLAB.
Per quel che riguarda la parte 2 le lezioni teoriche saranno completate da lezioni pratiche sulla definizione di algoritmi di controllo per un sistema di distribuzione dell'acqua analizzando sia gli aspetti cibernetici sia quelli fisici di un vero sistema industriale.
Infine, per quel che riguarda la parte 3 lezioni teoriche saranno integrate con esercitazioni pratiche sullo sviluppo di applicazioni di domotica tramite sistemi mobili basate su una piattaforma Android.

Modalità di verifica dell'apprendimento
Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento:
Sviluppo di un project work di gruppo (3-4 studenti) che utilizza le competenze tecnologiche e metodologiche acquisite e una prova scritta sugli aspetti teorici.
Il progetto riguarda l'integrazione di servizi per il controllo e il monitoraggio remoto di sistemi cyber-physical al fine di erogare servizi smart per l'operatore come routine di autodiagnosi del sistema, controllo remoto e controllo vocale.
La prova scritta è composta da due esercizi volti a risolvere un caso pratico. In un primo esercizio sarà richiesto di progettare un sistema di controllo per un sistema specifico definendo le regole controllo nei linguaggi SFC o LD. Nel

secondo esercizio, dato un impianto domotico, gli studenti dovranno progettare un nuovo sistema in grado di soddisfare le specifiche date.
Per completare la prova scritta gli studenti hanno a disposizione 1,5 ore.
In sessioni d'esame con un numero limitato di candidati, l'esame pratico sarà sostituito da un colloquio orale.

Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale:
Il voto finale, espresso in trentesimi, è ottenuto come media ponderata della valutazione del project work (60% del voto finale) e della prova scritta (40% del voto finale).
L'esame verrà superato con successo solo se il voto finale risulta superiore o uguale a 18/30 in entrambi gli esami.
L'attribuzione della lode è a discrezione della commissione.

Testi di riferimento
"Electric Distribution Systems", Abdalhay A. Sallam, OM P. Malik, Wiley
"Planning and Scheduling in Manufacturing and Services", Michael L. Pinedo, Springer Series in Operations Research, Ed. 2005
"Operations Research and the Public Sector", Handbooks in Operations Research and Management Science, S.M. Pollock, M.H. Rothkopf, A. Barnett, Vol. 6, Ed. 1994
"Building Automation: Communication systems with EIB/KNX, LON and BACnet", H. Merz, T. Hansemann, C. Hübner, Ed. 2018
Dispense a cura del docente e fornite dalla piattaforma di e-learning
Articoli scientifici

Altre informazioni
Conoscenza e capacità di comprensione:
• conoscenza dei principali modelli dedicati alla gestione di sistemi automatizzati in rete.
• conoscenza dei principali componenti di un sistema cyber-fisico, comprendendo gli algoritmi di controllo per i sistemi SCADA e PLC

Conoscenze e capacità di comprensione applicate:
• Capacità di sviluppare semplici sistemi di automazione per sistemi Cyber-Physical

Autonomia di giudizio
• conoscenza degli aspetti e dei problemi relativi alla scelta tra diverse tecnologie sviluppando capacità di analisi critica rispetto alle soluzioni di mercato

Abilità comunicative
• sviluppo della capacità comunicativa necessaria alla partecipazione ad attività di design di sistemi intelligenti che integrano aspetti controllistici ed informatici. Le abilità saranno sviluppate attraverso attività di lavoro di gruppo che mira a incoraggiare le capacità di collaborazione e a presentare in pubblico, ad esperti del settore, i risultati del proprio lavoro.

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	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2020)	Percorso A	9	ING-INF/04
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2020)	Percorso B	9	ING-INF/04
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2020)	Percorso C	9	ING-INF/04

Stampa del 07/05/2025

Strategic Management and Valuation [2202248]

Offerta didattica a.a. 2024/2025

Docenti: FRANCESCO CAPPA

Periodo: Primo Ciclo Semestrale

Obiettivi formativi
Il corso si propone di fornire agli studenti le conoscenze fondamentali per prendere decisioni strategiche aziendali e per eseguire valutazioni finanziarie di progetti e aziende. Gli studenti comprenderanno le varie strategie che possono essere intraprese dalle aziende, attraverso l'analisi dell'ambiente esterno e interno all'organizzazione. Inoltre, verranno analizzate le opzioni di strategie sia a livello corporate e che di business. In aggiunta a ciò, verranno presi in considerazione dal punto di vista teorico ed empirico strumenti per la valutazione finanziaria, con l'obiettivo di acquisire conoscenze su come selezionare il miglior progetto da avviare e come stimare il valore di un'intera impresa. In tal modo, si intende fornire agli studenti una panoramica, e le relative competenze, di come è possibile competere sul mercato, come scegliere quale progetto avviare e come stimare il valore complessivo delle organizzazioni.

Prerequisiti
Non sono previsti prerequisiti obbligatori, ma si suggerisce vivamente di aver acquisito conoscenze di base di concetti matematici, di economia e di gestione aziendale.

Contenuti del corso
Modulo 1 (9 ore). Il primo modulo introduce i concetti di base relativi alla gestione strategica. Ci occuperemo della definizione di cosa sia la strategia e della rilevanza di Vision, Mission e Values.
Modulo 2 (9 ore). Il secondo modulo fornisce una panoramica dei principali fattori che influenzano le decisioni strategiche che sono: Istituzioni, Industria e Risorse. Verranno quindi discusse la Institution-based view, la Industry-based view e la Resource-based view.
Modulo 3 (9 ore). Il terzo modulo esplora i modi attraverso i quali le aziende possono ottenere un vantaggio competitivo. Saranno analizzate le strategie di business che possono essere adottate da ogni azienda.
Modulo 4 (9 ore). Il quarto modulo esplora le strategie di crescita che possono essere messe in atto da un'azienda.
Modulo 5 (30 ore). Il quinto modulo riguarderà le valutazioni finanziarie. In primo luogo, verrà introdotti i mercati finanziari, il capitale proprio e debito a disposizione dell'azienda. Poi si tratterà il concetto di valore temporale del denaro, e verrà considerato il metodo del valore attuale netto (VAN). Inoltre, gli studenti impareranno come stimare il costo del capitale e i flussi di cassa per valutare progetti e aziende.
Modulo 6 (6 ore). Infine, ci si dedicherà ad esercizi su VAN, costo del capitale e valutazione d'azienda usando fogli di calcolo e imparando a come fare assunzioni in questo campo a partire da informazioni disponibili online.

Metodi didattici
Il corso prevede lezioni frontali (62 ore) e sessioni di esercitazioni pratiche (10 ore).

Modalità di verifica dell'apprendimento
L'esame conta per il 70% del voto finale, mentre il lavoro di gruppo per il 30%.

Testi di riferimento
Obbligatorio: Slides.
Suggerito: Corporate Finance, Berk and De Marzo, Global Edition, ISBN: 9781292160160

Altre informazioni
1) Conoscenza e capacità di comprensione (knowledge and understanding): Capacità di analisi e gestione delle decisioni strategiche. Comprensione dei passaggi per progettare strategie competitive e di crescita e degli strumenti per valutare progetti e intere organizzazioni.
2) Capacità di applicare conoscenza e comprensione (applying knowledge and understanding): capacità di applicare le conoscenze acquisite attraverso l'uso di strumenti analitici per l'analisi delle decisioni strategiche e per valutare il valore dei progetti e dell'organizzazione.
3) Autonomia di giudizio (making judgements): sulla base delle conoscenze acquisite, e grazie all'utilizzo di strumenti metodologici appresi, capacità di valutare concettualmente ed empiricamente alternative di business.
4) Abilità comunicative (communication skills): capacità comunicative e interpretative, elaborazione e sintesi degli

argomenti oggetto di studio, acquisizione di strategie e terminologie valutative idonee alla spiegazione, interpretazione e comunicazione delle scelte aziendali.
5) Capacità di apprendimento (learning skills): capacità di apprendimento articolate e organiche che consentiranno di scomporre i problemi nella loro complessità e di gestirne le soluzioni in applicazioni specifiche.

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	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2020)	Percorso A	9	ING-IND/35
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti (2020)	Percorso B	9	ING-IND/35

Stampa del 07/05/2025