

# Corso di Laurea Magistrale In Ingegneria delle Telecomunicazioni

## Manifesto degli Studi

Anno Accademico 2024-2025

*Approvato dal Consiglio di Corso di Studio in data 17/01/2024*

|   |   |
|---|---|
| <b>Denominazione del Corso di Studio</b>            | <b>INGEGNERIA DELLE<br/>TELECOMUNICAZIONI</b>   |
| <b>Denominazione in inglese del Corso di Studio</b> | <b>TELECOMMUNICATION<br/>ENGINEERING: Smart Sensing,<br/>Computing and Networking</b>   |
| <b>Anno Accademico</b>                              | <b>2024-2025</b>  |
| <b>Classe di Corso di Studio</b>                    | <b>LM-27 - Ingegneria delle<br/>Telecomunicazioni</b>   |
| <b>Dipartimento</b>                                 | <b>DIMES</b>  |
| <b>Coordinatore/referente del Corso di Studio</b>   | <b>Prof. Antonio Iera</b>   |
| <b>Sito Web</b>                                     | <a href="https://corsi.unical.it/lm/telecommunication-engineering-smart-sensing-computing-and-networking/">https://corsi.unical.it/lm/telecommunication-engineering-smart-sensing-computing-and-networking/</a> |

# Contenuti del Manifesto degli Studi

## OFFERTA DIDATTICA PROGRAMMATA - COORTE A.A.2024/2025

### **1. Corso di studi in breve (SUA-CdS -sez. Qualità – Presentazione). Inserire una breve presentazione del CdS e degli eventuali *curricula* previsti.**

Il Corso di Laurea Magistrale in 'Telecommunication Engineering: Smart Sensing, Computing and Networking', unico sul territorio calabrese, risponde all'esigenza di formare, nel campo dell'Ingegneria delle Telecomunicazioni, professionalità rivolte sia alle specifiche richieste occupazionali del territorio, sia a contesti più ampi del mercato del lavoro, anche a respiro internazionale.

Il programma prevede una formazione multidisciplinare, erogata in lingua inglese, che spazia nei settori delle onde radio, dell'informatica, delle reti e dei sistemi di telecomunicazioni, con seminari e stage in centri di ricerca e aziende ICT.

Il profilo professionale avrà competenze specifiche inerenti la progettazione di reti e di sistemi IoT, in grado di:

- operare su ambienti intelligenti, capaci di connettere una moltitudine di 'smart sensors' e 'smart objects';
- raccogliere una moltitudine di dati, anche in modo distribuito e/o cooperativo, utilizzando servizi in cloud e dispositivi IoT di prossimità ('edge computing'), per l'esecuzione di elaborazioni complesse anche a scopo predittivo/decisionale ('machine learning').

Gli ingegneri delle telecomunicazioni così formati saranno in grado di operare in tutti quei contesti in cui siano richieste competenze di progettazione, produzione e gestione di: reti e sistemi di telecomunicazioni, sistemi radar per la mobilità e la localizzazione intelligente, applicazioni avanzate nell'ambito di servizi ICT innovativi ('smart health', 'smart city', 'smart home', monitoraggio ambientale, telemedicina).

### ***English Version***

The Master of Science (MSc) in Telecommunication Engineering: Smart Sensing, Computing and Networking provides students with in-depth knowledge and practical

skills on the design, development and management of advanced telecommunication systems.

The program offers multidisciplinary training with innovative lectures (in English language) in the areas of radio-wave communication, computer science and telecommunication networks and systems, including laboratory trainings, seminars and internships within ICT research centers and companies.

The professional profile is focused on specific skills, related to the design of IoT networks and systems, with the ability to:

- operate on intelligent environments, connecting a variety of 'smart sensors' and 'smart objects';
- collect data, also in a distributed and/or cooperative way, using cloud services and proximity IoT devices ('edge computing'), for the execution of complex processes, with further ability for predictive/decision-making purposes ('machine learning' approach).

Graduates in Telecommunication Engineering: Smart Sensing, Computing and Networking can easily find employment as experts in the design, production and management of telecommunications networks and systems; design, production and management of radar systems for smart mobility and localization; systems integration; development of advanced applications for innovative ICT services (e.g.'smart health', 'smart city', 'smart home', environmental monitoring and telemedicine).

## 2. Piano di studio ufficiale per studenti impegnati a tempo pieno. L'elenco delle attività formative offerte segue lo schema:

| Anno | Attività Formativa  | Settore Scientifico Disciplinare | Tipologia Attività Formativa | Ambito Disciplinare                     | CFU | Semestre |
|------|---|----------------------------------|------------------------------|---|-----|----------|
| 1    | SIMULATION AND PERFORMANCE OPTIMIZATION                                 | MAT/09                           | Affine                       | Attività formative affini o integrative | 6   | I        |
| 1    | WIRELESS DEVICES AND NETWORKS   | ING-INF/03                       | Caratterizzante              | Ingegneria delle telecomunicazioni      | 6   | I        |
| 1    | ANTENNAS AND PROPAGATION  | ING-INF/02                       | Caratterizzante              | Ingegneria delle telecomunicazioni      | 9   | I        |
| 1    | IoT DEVICE PROGRAMMING - <i>Module 1: IoT SENSOR DEVICE PROGRAMMING</i> | ING-INF/05                       | Affine                       | Attività formative affini o integrative | 6   | I        |
| 1    | IoT DEVICE PROGRAMMING - <i>Module 2: IoT MOBILE DEVICE PROGRAMMING</i> | ING-INF/05                       | Affine                       | Attività formative affini o integrative | 6   | II       |

|                   |  |            |                 |   |            |      |
|-------------------|--|------------|-----------------|---|------------|------|
| 1                 | NETWORKING ASPECTS OF INTERNET OF THINGS   | ING-INF/03 | Caratterizzante | Ingegneria delle telecomunicazioni                            | 6          | II   |
| 1                 | MEASUREMENTS FOR TELECOMMUNICATION SYSTEMS   | ING-INF/07 | Affine          | Attività formative affini o integrative                       | 6          | II   |
| 1                 | DISTRIBUTED SYSTEMS AND CLOUD/EDGE COMPUTING   | ING-INF/05 | Affine          | Attività formative affini o integrative                       | 6          | II   |
| 1                 | Free choice  |            | Altre attività  | A scelta dello studente                                       | 6          | I/II |
| 2                 | IoT SECURITY   | ING-INF/05 | Affine          | Attività formative affini o integrative                       | 6          | I    |
| 2                 | SMART AND PROGRAMMABLE NETWORKS – <i>Module 1: Fundamentals of smart and programmable networks</i>                           | ING-INF/03 | Caratterizzante | Ingegneria delle telecomunicazioni                            | 9          | I    |
| 2                 | DIGITAL ECONOMICS  | SECS-P/03  | Altre attività  | Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro | 6          | I    |
| 2                 | Free choice  |            | Altre attività  | A scelta dello studente                                       | 6          | I    |
| 2                 | ELECTROMAGNETIC SENSORS AND IMAGE DIAGNOSTICS – <i>Module 1: Signals and Sensors for Image Diagnostics</i>                   | ING-INF/02 | Caratterizzante | Ingegneria delle telecomunicazioni                            | 6          | II   |
| 2                 | ELECTROMAGNETIC SENSORS AND IMAGE DIAGNOSTICS – <i>Module 2: Laboratory of Electromagnetic Sensors for Image Diagnostics</i> | ING-INF/02 | Caratterizzante | Ingegneria delle telecomunicazioni                            | 3          | II   |
| 2                 | MOBILE RADIO NETWORKS  | ING-INF/03 | Caratterizzante | Ingegneria delle telecomunicazioni                            | 6          | II   |
| 2                 | SMART AND PROGRAMMABLE NETWORKS – <i>Module 2: Laboratory of smart and programmable networks</i>                             | ING-INF/03 | Caratterizzante | Ingegneria delle telecomunicazioni                            | 3          | II   |
| 2                 | Thesis   |            | Altre attività  | Per la prova finale   | 18         | II   |
| <b>Totale CFU</b> |  |            |                 |   | <b>120</b> |      |

### Insegnamenti a scelta dello studente CONSIGLIATI

| Anno | Attività Formativa   | Settore Scientifico Disciplinare | Tipologia Attività Formativa | Ambito Disciplinare     | CFU | Semestre |
|------|--|----------------------------------|------------------------------|-------------------------|-----|----------|
| 1    | BUSINESS GAME (Mutuato da LM Artificial Intelligence and Computer Science) | ING-IND/35                       | Altre attività               | A scelta dello studente | 6   | II       |

|   |  |            |                |                         |   |    |
|---|--|------------|----------------|-------------------------|---|----|
| 1 | IoT SYSTEMS FOR ENVIRONMENTAL MONITORING     | ICAR/02    | Altre attività | A scelta dello studente | 9 | II |
| 2 | NETWORK SECURITY (LM Ingegneria Informatica) | ING-INF/03 | Altre attività | A scelta dello studente | 6 | I  |

### 3. Declaratorie delle singole attività formative

Al link seguente <http://www.unical.it/portale/didattica/offerta/catalogo/> sono disponibili tutte le informazioni relative agli obiettivi formativi in termini di competenze specifiche e trasversali dei singoli insegnamenti.

|   |   |
|---|---|
| <b>Attività formativa</b>   | SIMULATION AND PERFORMANCE OPTIMIZATION   |
| <b>SSD</b>  | MAT-09  |
| <b>CFU</b>  | 6   |
| <b>Obiettivi formativi</b><br>(in termini di risultati di apprendimento attesi) | <p><b>1. competenze specifiche</b></p> <p>Conoscenza delle metodologie di simulazione stocastica al computer per l'analisi quantitativa di reti di telecomunicazioni e reti abilitate all'IoT. Padronanza delle potenzialità e dei limiti di modelli concettuali e strumenti software per studi di valutazione delle prestazioni. Capacità di svolgere un project-work di ottimizzazione mediante tecniche di simulazione discreta ad eventi.</p> <p>Knowledge of stochastic computer simulation methodologies for the quantitative analysis of modern telecommunication networks and IoT-enabled networks. Proficiency at exploiting potentials and limits of conceptual models and software tools for performance evaluation studies. Ability to carry out an optimization project-work through discrete-event simulation.</p> <p><b>2. competenze trasversali</b></p> <p>Capacità di scegliere, implementare e valutare autonomamente modelli e algoritmi per la risoluzione di un problema assegnato. Attitudine al successivo confronto e allo scambio cooperativo con colleghi, nella fase di valutazione critica dei risultati ottenuti e di affinamento del processo di risoluzione.</p> <p>Ability to autonomously choose, implement and evaluate models and algorithms for solving an assigned problem. Attitude for subsequent confrontation and cooperative exchange with colleagues during the critical evaluation of the results obtained and the refinement of the resolution process.</p> |
| <b>Propedeuticità/prerequisiti</b>  | <p><b>Prerequisiti</b></p> <p>Conoscenze fondamentali di Analisi Matematica e Algebra Lineare, Probabilità e Statistica, Teoria dei Sistemi e Reti di Telecomunicazioni, solitamente acquisite nei percorsi triennali di Laurea afferenti all'Ingegneria dell'Informazione.</p>   |

|  |  |
|--|--|
|  | <p>Knowledge of fundamental topics in Mathematical Analysis and Linear Algebra, Probability and Statistics, Systems Theory, and Telecommunications Networks, usually acquired in the undergraduate degree programs relating to Information Engineering.</p> <p><i>Propedeuticità</i><br/>NESSUNA</p> |
|--|--|

|   |   |
|---|---|
| <b>Attività formativa</b>   | NETWORKING ASPECTS FOR INTERNET OF THINGS   |
| <b>SSD</b>  | ING-INF/03  |
| <b>CFU</b>  | 6   |
| <b>Obiettivi formativi</b><br>(in termini di risultati di apprendimento attesi) | <p><b>1. competenze specifiche</b><br/>Conoscenze di sistema (gli elementi fondamentali per progettare dispositivi IoT), conoscenze di architetture di rete (le architetture di nuova concezione associati agli smart devices), conoscenze di protocolli di comunicazione per IoT, conoscenza di alcuni fondamenti di programmazione tramite framework di dispositivi IoT, conoscenza di alcune tecnologie IoT.</p> <p>System knowledge (fundamental elements in the IoT devices design), knowledge on the network architecture for IoT, communication protocols for IoT; knowledge on some fundamentals of programming of IoT networked devices; knowledge of some technologies applied in the IoT domain.</p> <p><b>2. competenze trasversali</b><br/>Al superamento dell'esame lo studente sarà in grado di esaminare criticamente i risultati ottenuti nella risoluzione di problemi. Lo studente sarà inoltre in grado di riconoscere situazioni in cui applicare le competenze acquisite, di identificare la tipologia di problema e di valutare autonomamente possibili alternative per la sua risoluzione.</p> <p>Capability to analyze and to face a problem related to the design of IoT systems; capability to analyze solutions to face specific problems in IoT domain. Ability to analyze problem from multiple points of view to be more effective in the solution proposal.</p> |
| <b>Propedeuticità/prerequisiti</b>  | NESSUNA   |

|   |  |
|---|--|
| <b>Attività formativa</b>   | ANTENNAS AND PROPAGATION   |
| <b>SSD</b>  | ING-INF/02   |
| <b>CFU</b>  | 9  |
| <b>Obiettivi formativi</b><br>(in termini di risultati di apprendimento attesi) | <p><b>1. competenze specifiche</b><br/>Conoscenza dei concetti di base relativi alla propagazione libera e guidata;<br/>conoscenza del principio di funzionamento e delle principali caratteristiche relative alle tipologie di antenne più diffuse nell'ambito dei sistemi di comunicazione;<br/>acquisizione degli strumenti metodologici di base per lo studio e la progettazione di antenne e arrays, anche con abilità 'smart'.</p> |

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
|                                    | <p>Knowledge of the basic concepts of guided and free-space propagation;<br/> knowledge of the operation and functional characteristics of the most common types of antennas in the field of communication systems;<br/> ability to use basic methodological tools for the study and design of antennas and arrays, even with 'smart' skills.</p> <p><b>2. competenze trasversali</b><br/> Capacità di formulazione di moderne tecniche di modellazione matematica nel campo dell'ICT;<br/> capacità di utilizzo di sistemi informatici avanzati nel campo dell'ICT.</p> <p>Ability to formulate modern mathematical modeling techniques in the field of ICT;<br/> Ability to use advanced IT systems in the field of ICT.</p> |
| <b>Propedeuticità/prerequisiti</b> | NESSUNA  |

|   |  |
|---|--|
| <b>Attività formativa</b>   | IoT DEVICE PROGRAMMING - <i>Module 1: IoT SENSOR DEVICE PROGRAMMING</i>  |
| <b>SSD</b>  | ING-INF/05   |
| <b>CFU</b>  | 6  |
| <b>Obiettivi formativi</b><br>(in termini di risultati di apprendimento attesi) | <p><b>1. competenze specifiche</b><br/> Si prevede che gli studenti acquisiscano conoscenze di carattere sia teorico/metodologico che pratico. In particolare, gli studenti acquisiranno sia le conoscenze relative ai principali metodi e algoritmi per la programmazione di sistemi IoT, con particolare riferimento alle reti di sensori ed ai dispositivi IoT, e per la loro progettazione, sia le competenze pratiche che consentiranno loro di utilizzare concretamente sistemi operativi, linguaggi specifici, metodologie e strumenti per sviluppare componenti software per tali sistemi.</p> <p>Students will acquire knowledge and skills which are both theoretical/methodological and practical; in particular, students will acquire both knowledge about the main methods and algorithms for programming IoT systems, specifically involving wireless sensor networks and IoT devices, and for their design, and the practical skills allowing them to concretely use operating systems, specific languages, methodologies and tools to develop software components for such systems.</p> <p><b>2. competenze trasversali</b><br/> Le conoscenze relative ai sistemi operativi, linguaggi di programmazione e metodologie di progetto sono certamente più generali e riutilizzabili in altri corsi e contesti.</p> <p>Knowledge and skills involving operating systems, programming languages and design methodologies are more general and</p> |

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
|                                    | therefore reusable in other courses and contexts.   |
| <b>Propedeuticità/prerequisiti</b> | <p><i>Prerequisiti</i><br/>Buona conoscenza di un linguaggio di programmazione ad alto livello quale C/C++ o Java. Buona conoscenza dei principi dei sistemi distribuiti e delle reti di calcolatori<br/>Good knowledge of a high-level programming language such as C/C++ or Java. Good knowledge of the principles of distributed systems and computer networks.</p> <p><i>Propedeuticità</i><br/>NESSUNA</p> |

|   |  |
|---|--|
| <b>Attività formativa</b>   | IoT DEVICE PROGRAMMING - <i>Module 2: IoT MOBILE DEVICE PROGRAMMING</i>  |
| <b>SSD</b>  | ING-INF/05 - SISTEMI DI ELABORAZIONE DELLE INFORMAZIONI  |
| <b>CFU</b>  | 6  |
| <b>Obiettivi formativi</b><br>(in termini di risultati di apprendimento attesi) | <p><b>1. competenze specifiche</b><br/>Obiettivo del corso è fornire agli studenti le conoscenze sulle principali tecniche e architetture software per dispositivi mobili, in particolare:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• elaborazione mobile e distribuita;</li> <li>• sistema operativo Android;</li> <li>• programmazione dei dispositivi mobili.</li> </ul> <p>The aim of the course is to provide students with knowledge about the main software techniques and architectures for mobile devices, in particular:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• mobile and distributed computing;</li> <li>• Android OS;</li> <li>• mobile devices programming.</li> </ul> <p><b>2. competenze trasversali</b><br/>Il corso è finalizzato all'acquisizione e alla sperimentazione delle competenze tecnologiche necessarie per la progettazione e lo sviluppo di applicazioni per dispositivi mobili, in particolare:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• capacità di progettare soluzioni applicative in ambito ICT;</li> <li>• capacità di cooperare in piccoli gruppi e di condividere e presentare il lavoro svolto.</li> </ul> <p>The course is aimed at acquiring and experimenting with architectural and technological skills necessary for the design and the development of applications for mobile devices, in particular:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ability to design application solutions in the ICT field;</li> <li>• ability to cooperate in small groups and to share and present the work done.</li> </ul> |
| <b>Propedeuticità/prerequisiti</b>  | <p><i>Prerequisiti</i><br/>Buona conoscenza di un linguaggio di programmazione ad alto livello tipo Java.<br/>Good knowledge of a high-level programming language such as Java.</p> <p><i>Propedeuticità</i></p>   |



|  |         |
|--|---------|
|  | NESSUNA |
|--|---------|

|   |  |
|---|--|
| <b>Attività formativa</b>   | WIRELESS DEVICES AND NETWORKS  |
| <b>SSD</b>  | ING-INF/03   |
| <b>CFU</b>  | 6  |
| <b>Obiettivi formativi</b><br>(in termini di risultati di apprendimento attesi) | <p><b>1. competenze specifiche</b><br/> Conoscenza dei protocolli e delle tecnologie di comunicazione delle reti radio a corto e medio raggio, infrastrutturate e non infrastrutturate. Comprensione dei principi di funzionamento delle varie tecnologie con particolare riferimento ai metodi per l'accesso al mezzo, agli algoritmi per l'instradamento delle informazioni e alle loro prestazioni.</p> <p>Knowledge of communication technologies and the protocols of short and medium range radio networks, infrastructured and not. Understanding of the operating principles of the various technologies, with particular reference to the medium access methods, the routing algorithms and their performance.</p> <p><b>2. competenze trasversali</b><br/> Capacità di applicare le conoscenze acquisite, di proporre soluzioni ai problemi, di apprendere nuove metodologie in relazione alla progettazione e gestione delle reti wireless. Capacità di comunicare utilizzando un linguaggio tecnico specifico, formulare giudizi critici sull'ammissibilità delle soluzioni, migliorare l'attitudine al lavoro di gruppo.</p> <p>Ability to apply the acquired knowledge, to propose solutions to problems, to learn new methodologies in relation to the design and management of wireless networks. Ability to communicate using specific technical language, formulate critical judgments on the admissibility of solutions, improve teamwork aptitude.</p> |
| <b>Propedeuticità/prerequisiti</b>  | NESSUNA  |

|   |   |
|---|---|
| <b>Attività formativa</b>   | MEASUREMENTS FOR TELECOMMUNICATION SYSTEMS  |
| <b>SSD</b>  | ING-INF/07  |
| <b>CFU</b>  | 6   |
| <b>Obiettivi formativi</b><br>(in termini di risultati di apprendimento attesi) | <p><b>1. competenze specifiche</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoscenza della metrologia e degli aspetti metrologici.</li> <li>• Conoscere i sistemi di conversione analogico/digitale e le problematiche legate a questi processi.</li> <li>• Conoscere le architetture, gli utilizzi e le caratteristiche metrologiche di oscilloscopi digitali, analizzatori di spettro, data analyzer e sistemi di acquisizione dati.</li> <li>• Comprensione dei requisiti hardware per l'acquisizione di una grandezza fisica e capacità di scelta della strumentazione più adatta.</li> <li>• Conoscenza delle principali misure su apparati di telecomunicazione.</li> <li>• Conoscenza delle principali potenzialità e problematiche nelle Misure per IoT e IoT per le misure.</li> </ul> |

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
|                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abilità nella progettazione e sviluppo del software di gestione della strumentazione di misura, locale e distribuita, in ambiente LabView.</li> <li>• Knowledge of the fundamentals of metrology science</li> <li>• Knowledge of the metrological problems related to Analog to Digital Converter and Digital to Analog Converter and main architectures.</li> <li>• Knowledge of the main architectures, metrological characteristics and usage of Digital Storage Oscilloscope, Spectrum Analyzer, Data Acquisition Systems.</li> <li>• Knowledge of the hardware requirements for the acquisition of a physical magnitude and how to select the most convenient measurement instruments.</li> </ul> <p><b>2. competenze trasversali</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Saper prendere decisioni tenendo conto dell'incertezza di misura</li> <li>• Sviluppo di abilità nello sviluppo di algoritmi con linguaggi di programmazione visuali.</li> <li>• Saper progettare sistemi di acquisizione dati.</li> <li>• Capire e gestire le problematiche di sistemi di acquisizione dati distribuiti</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Knowing how to make decisions taking into account measurement uncertainty</li> <li>• Development of algorithms with visual programming languages.</li> <li>• Knowing how to design data acquisition systems.</li> <li>• Understand and manage the problems of distributed data acquisition systems.</li> </ul> |
| <b>Propedeuticità/prerequisiti</b> | NESSUNA   |

|   |   |
|---|---|
| <b>Attività formativa</b>   | DISTRIBUTED SYSTEMS AND CLOUD/EDGE COMPUTING  |
| <b>SSD</b>  | ING-INF/05  |
| <b>CFU</b>  | 6   |
| <b>Obiettivi formativi</b><br>(in termini di risultati di apprendimento attesi) | <p><b>1. competenze specifiche</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoscenza degli aspetti architetture dei sistemi distribuiti</li> <li>• Conoscenza degli aspetti di comunicazione tra processi in ambienti distribuiti</li> <li>• Conoscenza degli aspetti di naming delle entità</li> <li>• Conoscenza delle principali tecniche di coordinamento</li> <li>• Conoscenza dei principali modelli di consistenza</li> <li>• Conoscenza dei principali aspetti di sicurezza nei sistemi distribuiti</li> <li>• Conoscenza di modelli e sistemi di cloud computing</li> <li>• Conoscenza di modelli e sistemi di edge computing</li> <li>• Conoscenza e utilizzo delle tecnologie di cloud ed edge computing in scenari IoT</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Knowledge of architectural aspects of distributed systems</li> </ul> |

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
|                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Knowledge of process communication aspects in distributed environments</li> <li>• Knowledge of entity naming aspects</li> <li>• Knowledge of the main coordination techniques</li> <li>• Knowledge of the main consistency models</li> <li>• Knowledge of the main security aspects in distributed systems</li> <li>• Knowledge of cloud computing models and systems</li> <li>• Knowledge of edge computing models and systems</li> <li>• Knowledge and use of cloud and edge computing technologies in IoT scenarios</li> </ul> <p><b>2. competenze trasversali</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoscenza e abilità sulla modellazione di sistemi complessi</li> <li>• Conoscenza e abilità sulla valutazione dei sistemi tramite simulazione</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Knowledge and skills on modelling complex systems</li> <li>• Knowledge and skills on evaluating systems through simulation</li> </ul> |
| <b>Propedeuticità/prerequisiti</b> | NESSUNA  |

|   |  |
|---|--|
| <b>Attività formativa</b>   | IoT SECURITY   |
| <b>SSD</b>  | ING-INF/05   |
| <b>CFU</b>  | 6  |
| <b>Obiettivi formativi</b><br>(in termini di risultati di apprendimento attesi) | <p><b>1. competenze specifiche</b></p> <p>Si prevede che gli studenti acquisiscano conoscenze di carattere sia teorico/metodologico che pratico. In particolare, gli studenti acquisiranno conoscenze sulle seguenti tematiche innovative:</p> <p>(i) sicurezza per gli specifici dispositivi IoT, che coinvolge esposizione hardware (cyberphysical security) e necessità di soluzioni leggere e flessibili basati su algoritmi crittografici, anti-malware, IDS e firewall; (ii) sicurezza trasversale tra i vari livelli dei sistemi IoT (da quello percettivo a quello applicativo) che comprende sistemi di Trust Management in grado di assicurare in modo autonomo relazioni sociali affidabili tra entità sconosciute (persone, dispositivi o servizi), meccanismi di autenticazione leggeri uniti ad una gestione delle identità digitali tra le diverse entità, e meccanismi di protezione dei dati (privacy) in cui l'utente può anche applicare in modo trasparente le proprie preferenze; (iii) tecnologia Blockchain (nello specifico hyperledger).</p> <p>Students are expected to acquire knowledge of both a theoretical/methodological and practical nature. Specifically, students will gain knowledge on the following innovative topics:</p> <p>(i) security for specific IoT devices, involving hardware exposure (cyberphysical security) and need for lightweight and flexible solutions based on cryptographic algorithms, anti-malware, IDS and firewalls;</p> <p>(ii) cross-layer security across IoT systems (from perceptual to application) involving Trust Management systems capable of autonomously ensuring trusted social relationships between unknown entities (people, devices or services), lightweight</p> |

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
|                                    | <p>authentication mechanisms coupled with digital identity management across entities, and data protection (privacy) mechanisms where the user can also transparently apply their preferences;</p> <p>(iii) Blockchain technology (specifically hyperledger).</p> <p><b>2. competenze trasversali</b></p> <p>Le conoscenze relative ai concetti di base della crittografia, autenticazione e blockchain, sono certamente più generali e riutilizzabili in altri corsi e contesti.</p> <p>Knowledge and skills involving cryptography, authentication and blockchain are more general and therefore reusable in other courses and contexts.</p> |
| <b>Propedeuticità/prerequisiti</b> | NESSUNA  |

|   |   |
|---|---|
| <b>Attività formativa</b>   | SMART AND PROGRAMMABLE NETWORKS – <i>Module 1</i><br><i>Fundamentals of smart and programmable networks</i>   |
| <b>SSD</b>  | ING-INF/03  |
| <b>CFU</b>  | 9   |
| <b>Obiettivi formativi</b><br>(in termini di risultati di apprendimento attesi) | <p><b>1. competenze specifiche</b></p> <p>Conoscenza dei nuovi paradigmi di Network Function Virtualization (NFV) e Software Defined Networking (SDN). Introduzione al paradigma di Cloud Computing e ai nuovi concetti di Edge e Fog Computing che caratterizzano le nuove frontiere delle reti di telecomunicazioni. Capacità di applicare alcune tecniche di Machine Learning e Intelligenza Artificiale in ambiti specifici delle reti (es. allocazione intelligente delle risorse trasmissive, supporto della mobilità autonoma, gestione adattativa della qualità del servizio: QoS/QoE).</p> <p>Knowledge of emerging paradigms of Network Function Virtualization (NFV) and Software Defined Networking (SDN). Introduction to the Cloud Computing paradigm and to the new concepts of Edge and Fog Computing characterizing new generation of TLC networks. Ability to apply some Machine Learning and Artificial Intelligence techniques in specific areas of networks (e.g., intelligent allocation of transmission resources, support for autonomous mobility, adaptive management of quality of service: QoS/QoE).</p> <p><b>2. competenze trasversali</b></p> <p>Esaminare criticamente i risultati ottenuti nella risoluzione di problemi. Riconoscere situazioni in cui applicare le competenze acquisite. Identificare la tipologia di problema e valutare autonomamente possibili alternative per la sua risoluzione.</p> <p>Ability to, critically review achieved results in problem solving, recognize situations in which to apply acquired skills,</p> |

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
|                                    | identify problem typology and evaluate possible alternatives for its resolution. |
| <b>Propedeuticità/prerequisiti</b> | NESSUNA  |

|   |   |
|---|---|
| <b>Attività formativa</b>   | SMART AND PROGRAMMABLE NETWORKS – <i>Module 2</i><br><i>Laboratory of smart and programmable networks</i>   |
| <b>SSD</b>  | ING-INF/03  |
| <b>CFU</b>  | 3   |
| <b>Obiettivi formativi</b><br>(in termini di risultati di apprendimento attesi) | <p><b>1. competenze specifiche</b></p> <p>Gli studenti acquisiranno le metodologie per effettuare la configurazione, la progettazione, il testing di sistemi di telecomunicazioni intelligenti e dispositivi di rete al fine di analizzarne le prestazioni e il comportamento. Al superamento dell'esame lo studente sarà in grado di simulare le prestazioni di differenti architetture di telecomunicazione wireless/wired interpretando correttamente i risultati ottenuti al fine di progettare e programmare nella maniera più opportuna sistemi complessi attraverso l'integrazione e l'ottimizzazione di componenti e protocolli di rete.</p> <p>The students will acquire the methodologies to implement the configuration, designing, testing of systems of programmable telecommunication and network devices, and to analyze their performance and behavior. Upon passing the exam, the student will be able to simulate the performance of different wireless/wired telecommunication architectures by correctly interpreting the obtained results in order to design and program complex systems in the most appropriate way through the integration and optimization of components and network protocols.</p> <p><b>2. competenze trasversali</b></p> <p>Al superamento dell'esame lo studente è in grado di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- esaminare criticamente i risultati ottenuti nella risoluzione di problemi identificando la tipologia di problema e valutando autonomamente possibili alternative per la sua risoluzione;</li> <li>- comunicare le conoscenze acquisite attraverso un linguaggio tecnico-scientifico adeguato a interlocutori specialisti e non specialisti;</li> <li>- operare attivamente in gruppi di lavoro per affrontare problemi, progettare soluzioni, produrre risultati collettivi.</li> </ul> <p>Upon passing the exam, the student is able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- critically examine the results obtained in solving problems by identifying the type of problem and independently evaluating possible alternatives for its resolution.</li> <li>- communicate the knowledge acquired through a technical-scientific language suitable for specialist and non-specialist interlocutors;</li> <li>- actively work in working groups to tackle problems, design solutions, produce collective results.</li> </ul> |

|                             |         |
|-----------------------------|---------|
| Propedeuticità/prerequisiti | NESSUNA |
|-----------------------------|---------|

|   |  |
|---|--|
| Attività formativa                                      | DIGITAL ECONOMICS  |
| SSD   | SECS-P/03  |
| CFU   | 6  |
| Obiettivi formativi<br>(in termini di risultati attesi) | <p>Il modulo si propone di introdurre l'economia digitale, ovvero la branca dell'economia che studia beni e servizi digitali. Le innovazioni e gli sviluppi nelle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT) hanno gettato le basi per questo ramo dell'economia. Esso include tecnologie come social media, app, cloud computing, archiviazione di massa, data mining, criptovalute e servizi di condivisione. Sia le imprese private che il settore pubblico adottano le ICT per ottenere vantaggi in termini di costi, efficienza e vantaggi competitivi. Inoltre, il modulo fornisce una base teorica per l'economia digitale e mostra come queste teorie possono essere applicate allo studio dell'economia del mondo reale e dei fenomeni aziendali. Il modulo è altamente interdisciplinare e attinge alla conoscenza di diverse discipline accademiche come telecomunicazioni, informatica, scienze gestionali, modellazione aziendale, economia e matematica per spiegare l'economia digitale. L'ultima parte del modulo, invece, esamina la gestione dei progetti nella teoria e nella pratica e il ruolo e le responsabilità del project manager. Essa offre un approccio pratico alla gestione dei progetti, concentrandosi sull'organizzazione, la pianificazione e il controllo dei progetti.</p> <p>The module aims at introducing digital economics that is the branch of economics studying digital goods and services. Innovations and developments in information and communication technology (ICT) have laid the foundations for this branch of the economy. This includes technologies such as social media, apps, cloud computing, mass storage, data mining, cryptocurrencies, and sharing services. Both private businesses and the public sector embrace ICT to achieve cost benefits, efficiency, and competitive advantages. Moreover, the module provides a theoretical basis for digital economics and shows how these theories can be applied to the study of real-world economics and business phenomena. The module is highly cross-disciplinary and draws upon knowledge from several academic disciplines such as telecommunications, computer science, management science, business modelling, economics, and mathematics to explain the digital economy. The last part of the module examines project management in theory and practice and the role and responsibilities of the project manager. It offers a hands-on approach to project management, focusing on project organization, planning and control.</p> <p><b>1. Competenze specifiche</b></p> <p>Le competenze specifiche acquisite dagli studenti durante la prima parte del corso (digital economics) riguardano:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- approfondimento delle basi teoriche ed empiriche necessarie allo studio delle dinamiche competitive dei mercati dell'economia digitale;</li> </ul> |

- comprensione delle principali problematiche concorrenziali nei mercati digitali e delle logiche di intervento delle autorità antitrust;
- capacità di definire le strategie di discriminazione di prezzo attraverso l'utilizzo dei big data.

Obiettivo primario della seconda parte del corso è quello di fornire un'adeguata conoscenza dei concetti fondamentali della gestione dei progetti.

In particolare, gli studenti acquisiranno conoscenze su:

- aspetti e problematiche che caratterizzano i progetti;
- legame tra progetti e aspetti di natura organizzativa;
- concetti di Project Life Cycle e Project Management Cycle;
- pianificazione e controllo di progetto;
- strumenti per la rilevazione dello stato di avanzamento e per il controllo di un progetto;

Al termine del corso, gli studenti saranno in grado di affrontare tutte le fasi e gli aspetti della gestione di un progetto.

The specific skills acquired by students during the first part of the course (*digital economics*) concern:

- deepening of the theoretical and empirical foundations necessary for the study of the competitive dynamics of the digital economy markets;
- understanding of the main competitive issues in digital markets and the intervention of the antitrust authorities;
- ability to define price discrimination strategies through the use of big data.

The primary target of the second part of the module (*project management*) is to provide adequate knowledge of the fundamental concepts of project management.

In particular, students will acquire knowledge about:

- aspects and problems that characterize the projects;
- link between projects and organizational aspects;
- concepts of Project Life Cycle and Project Management Cycle;
- project planning and control;
- tools for detecting the progress and for controlling a project;

At the end of the second part of the module, students will be able to deal with all phases and aspects of project management.

## **2. Competenze trasversali**

Abilità critiche acquisite attraverso lo studio degli argomenti che vengono proposti durante il corso. In particolare verranno acquisite le seguenti competenze:

- capacità di analisi e problem solving;
- capacità di trovare soluzioni alternative o innovative;
- capacità di applicare i concetti e i metodi studiati a casi studio reali;
- capacità di comunicazione, condivisione di idee e conoscenze all'interno di gruppi di lavoro.

Critical skills achieved through the study of the topics that are proposed during the course. In particular, the following skills will be acquired:

|                       |  |
|-----------------------|--|
|                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- skills in analysis and problem solving;</li> <li>- ability to find alternative or innovative solutions;</li> <li>- ability to apply the concepts and methods studied to real case studies;</li> <li>- communication skills, sharing of ideas and knowledge within work groups.</li> </ul> |
| <b>Propedeuticità</b> | NESSUNA  |

|   |   |
|---|---|
| <b>Attività formativa</b>   | ELECTROMAGNETIC SENSORS AND IMAGE DIAGNOSTICS – <i>Module 1: Signals and Sensors for Image Diagnostics</i>  |
| <b>SSD</b>  | ING-INF/02  |
| <b>CFU</b>  | 6   |
| <b>Obiettivi formativi</b><br>(in termini di risultati di apprendimento attesi) | <p><b>1. competenze specifiche</b></p> <p>Conoscenza del principio di funzionamento e delle principali caratteristiche relative ai sistemi radar;<br/> capacità di progettazione di radar su piattaforma 'software-defined';<br/> acquisizione degli strumenti metodologici di base per lo studio e la progettazione di sistemi RFID;<br/> conoscenza delle tecniche di scattering inverso e di tomografia a microonde;<br/> conoscenza delle principali tecniche di diagnostica elettromagnetica;<br/> capacità di progettazione di sistemi di tomografia a microonde per la diagnostica non distruttiva in ambito biomedico e di 'security'.</p> <p>Knowledge of the operation and functional characteristics of radar systems;<br/> ability to design radar on a 'software-defined' platform;<br/> acquisition of basic methodological tools for the study and design of RFID systems;<br/> knowledge of inverse scattering and microwave tomography techniques;<br/> knowledge of the main electromagnetic diagnostic techniques;<br/> ability to design microwave tomography systems for non-destructive diagnostics in biomedical and 'security' fields.</p> <p><b>2. competenze trasversali</b></p> <p>Capacità di formulazione di moderne tecniche di modellazione matematica nel campo dell'ICT;<br/> capacità di utilizzo di sistemi informatici avanzati nella diagnostica per immagini.</p> <p>Ability to formulate modern mathematical modeling techniques in the field of ICT;<br/> ability to use advanced computer systems in diagnostic imaging.</p> |
| <b>Propedeuticità/prerequisiti</b>  | NESSUNA   |



|   |   |
|---|---|
| <b>Attività formativa</b>   | ELECTROMAGNETIC SENSORS AND IMAGE DIAGNOSTICS<br>– <i>Module 2: Laboratory of Electromagnetic Sensors for Image Diagnostics</i>   |
| <b>SSD</b>  | ING-INF/02  |
| <b>CFU</b>  | 3   |
| <b>Obiettivi formativi</b><br>(in termini di risultati di apprendimento attesi) | <p><b>1. competenze specifiche</b></p> <p>Capacità di progettazione di sensori elettromagnetici per applicazioni di sensing e di mitigazione dei disturbi.</p> <p>Conoscenza del principio di funzionamento delle strutture metamateriali a microonde.</p> <p>Abilità nella progettazione e simulazione di sensori a microonde basati sull'uso di superfici metamateriali (es. superfici metamateriali per applicazioni di sensing e mitigazione dei disturbi: energy harvesting, assorbitori, strutture schermanti).</p> <p>Ability in the design of electromagnetic sensor systems for sensing and noise mitigation applications.</p> <p>Knowledge of the functional principle of microwave metamaterial structures.</p> <p>Ability in the design and simulation of electromagnetic sensors based on the use of metamaterial surfaces (e.g. metamaterial surfaces for sensing and noise mitigation applications: energy-harvesting, absorbers, shielding structures).</p> <p><b>2. competenze trasversali</b></p> <p>Abilità nell'uso dell'ambiente di calcolo Matlab; capacità di lavorare in gruppo; abilità nella redazione di relazioni scritte</p> <p>Ability in the use of the Matlab computing environment; team-working abilities; report writing skills.</p> |
| <b>Propedeuticità/prerequisiti</b>  | NESSUNA   |

|   |  |
|---|--|
| <b>Attività formativa</b>   | MOBILE RADIO NETWORKS  |
| <b>SSD</b>  | ING-INF/03   |
| <b>CFU</b>  | 6  |
| <b>Obiettivi formativi</b><br>(in termini di risultati di apprendimento attesi) | <p><b>1. competenze specifiche</b></p> <p>Conoscenza e comprensione delle caratteristiche delle principali reti radiomobili in termini di architettura di rete di accesso e di core network, protocolli ed interfacce. Conoscenza delle nozioni di base e le caratteristiche tecnologiche relative alle varie tecniche di accesso alle risorse radio, di allocazione e di riuso delle frequenze nelle celle e di pianificazione delle coperture radio.</p> <p>Knowledge and understanding of the characteristics of the main mobile radio networks in terms of access network and core network architectures, protocols and interfaces. Knowledge of the basic notions and technological characteristics relating to the various techniques for accessing radio resources, for allocating and reusing frequencies in the cells and for planning radio coverages.</p> |

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
|                                    | <p><b>2. competenze trasversali</b></p> <p>Capacità di applicare le conoscenze acquisite per la risoluzione di problemi relativi alla pianificazione delle coperture radio e alla scelta delle reti radiomobili cellulari più adeguate a supportare il traffico d'utente. Capacità di esaminare criticamente i risultati ottenuti nella risoluzione di problemi e di riconoscere situazioni in cui applicare le competenze acquisite, identificare il problema e valutare autonomamente possibili alternative per la sua risoluzione. Capacità di comunicare le conoscenze acquisite attraverso un linguaggio tecnico-scientifico adeguato a interlocutori specialisti e non specialisti</p> <p>Ability to apply the knowledge acquired to solve problems related to radio planning and to the choice of the most appropriate mobile radio networks to support user traffic. Ability to critically examine the results obtained in solving problems and to recognize situations in which to apply the acquired skills, identify the problem, and independently evaluate possible alternatives for its resolution. Ability to communicate the knowledge acquired through a technical-scientific language suitable for specialist and non-specialist interlocutors</p> |
| <b>Propedeuticità/prerequisiti</b> | NESSUNA  |

|   |  |
|---|--|
| <b>Attività formativa</b>   | IoT SYSTEMS FOR ENVIRONMENTAL MONITORING   |
| <b>SSD</b>  | ICAR/02  |
| <b>CFU</b>  | 6  |
| <p><b>Obiettivi formativi</b><br/>(in termini di risultati di apprendimento attesi)</p> | <p><b>1. competenze specifiche</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoscenza delle più importanti missioni spaziali per l'Osservazione della Terra e delle principali applicazioni del telerilevamento al monitoraggio e alla modellistica ambientale;</li> <li>• Capacità di accesso, elaborazione e mappatura dati da satellite e in situ con riferimento a variabili di interesse per problematiche ambientali;</li> <li>• Conoscenza delle tecnologie di monitoraggio di fenomeni ambientali a varie scale spaziali. Analisi di possibili strategie per l'acquisizione di dati multi-sensori in sistemi IoT.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Knowledge of the most important space missions for Earth Observation and of the main applications of remote sensing to environmental monitoring and modelling;</li> <li>• Skills in accessing, processing and mapping data from remote sensing with reference to variable of interest for environmental issues;</li> <li>• Knowledge of technologies for in situ monitoring of environmental phenomena at various spatial scales. Analysis of possible strategies for the acquisition of multi-sensor data in IoT systems.</li> </ul> <p><b>2. competenze trasversali</b></p> |

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
|                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abilità nell'utilizzo di software specifici per l'accesso ai dati satellitari e di strumenti GIS per l'analisi e il processamento di dati spaziali applicabile in diverse discipline.</li> <li>• Competenze in tecniche numeriche e grafiche per la calibrazione di alcuni sensori adoperati per il monitoraggio ambientale.</li> <br/> <li>• Ability to use specific software programs for accessing satellite data and GIS tools for spatial data analysis applicable in various disciplines</li> <li>• Skills in numerical and graphic techniques for the calibration of some sensors used for environmental monitoring.</li> </ul> |
| <b>Propedeuticità/prerequisiti</b> | NESSUNA   |