

CORSO DI DOTTORATO IN INGEGNERIA INDUSTRIALE E DELL'INFORMAZIONE

Insegnamenti previsti (distinti da quelli impartiti in insegnamenti relativi ai corsi di studio di primo e secondo livello)

n.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Eventuale curriculum di riferimento	Per i dottorati nazionali: percorso formativo di elevata qualificazione	Verifica finale
1.	<i>Electronic noise: theory and practice</i>	20	<i>primo anno</i>	<i>Electronic noise theory is an important topic in sensors and telecommunication systems. Noise measurements are often tricky and require application specific set-up and techniques. In the first part of the course, starting from physical principles, we will review the fundamentals of electronic noise with a particular focus to microwave noise. In parallel, important system parameters will be recalled such as the equivalent noise temperature, the noise figure, the minimum noise figure and the optimum impedance for noise. The second part of the course will be devoted to noise measurements and, as a case of study, we will</i>	INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE		SI

n.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Eventuale curriculum di riferimento	Per i dottorati nazionali: percorso formativo di elevata qualificazione	Verifica finale
				<p>consider a radio receiver. Finally, in the third part, we will explore the application of microwave noise measurements to radioastronomy and the potential of these technologies for the realization of a new class of sensors: when a radio-telescope looks at the universe it simply measure the faint microwave noise produced by the stars.</p> <p>Syllabus.</p> <p>Electronic noise fundamentals.</p> <p>Studying a circuit with noise. System and circuit noise parameters.</p> <p>Measuring the electronic noise.</p> <p>Electronic noise as an opportunity: radioastronomy and sensors.</p>			
2.	<p><i>Multiphase models for the dynamics of fluids</i></p>	20	<p><i>primo anno</i></p>	<p><i>Multiphase flows are widely used in a large variety of practical applications, such as spray, atomization, coatings, cavitation, phase change problems,</i></p>	<p>INGEGNERIA INDUSTRIALE</p>		SI

n.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Eventuale curriculum di riferimento	Per i dottorati nazionali: percorso formativo di elevata qualificazione	Verifica finale
				<p><i>cooling, microfluidics, in industrial and medical Engineering. The course aims at the introduction of mathematical methods for studying some classes of multiphase flows of both incompressible and compressible fluids. Applications will be discussed and numerical algorithms for the solution of the governing equations will be presented.</i></p> <p><i>Syllabus. Basics of kinematics of fluid flows: Lagrangian and Eulerian descriptions of motion. Balance equations for mass, momentum, and energy. Constitutive theory of fluids. Cauchy stress tensor. Derivation of the governing equations for multiphase flows in fluids. Classifications: separate vs. dispersed flows. Dispersed flows: two-fluid and single-fluid Eulerian</i></p>			

n.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Eventuale curriculum di riferimento	Per i dottorati nazionali: percorso formativo di elevata qualificazione	Verifica finale
				<p><i>formulations, Lagrangian formulation. Models for unclosed terms. Separate flows: Eulerian formulation, models for unclosed terms. Numerical methods for computational fluid dynamics (brief overview). Case studies on both Eulerian and Lagrangian models using open-source CFD software (openFoam).</i></p>			
3.	<p><i>Data-mining techniques for machines performance monitoring and early fault diagnosis.</i></p>	20	<i>primo anno</i>	<p><i>Modern machines are nowadays equipped with developed control and monitoring systems (SCADA - System Control and Data Acquisition) able to record a vast amount of information on actual operation. The resulting database includes a full knowledge on machine's health and performance but it is often underused in normal industrial practice. The main goal of the</i></p>	INGEGNERIA INDUSTRIALE		SI

n.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Eventuale curriculum di riferimento	Per i dottorati nazionali: percorso formativo di elevata qualificazione	Verifica finale
				<p><i>module is to fully investigate the real potential of new data-mining methods in monitoring the performance and detecting incoming faults especially for rotating machines. The topic is at the crossroads between mechanical, industrial and information engineering. Syllabus: SCADA infrastructures and database management. Data filtering and pre-processing. Analyzing the actual operational performance on a short- and long-term time horizon. Supporting maintenance and the fault diagnosis through machine learning. Real test case analysis and practical assignment.</i></p>			
4.	<p><i>Deep Learning: Principles, Methodologies and Applications</i></p>	20	<p><i>primo anno</i></p>	<p><i>In the last decade, we experienced an immense spread of digital information and autonomous</i></p>	<p>INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE</p>		<p>SI</p>

n.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Eventuale curriculum di riferimento	Per i dottorati nazionali: percorso formativo di elevata qualificazione	Verifica finale
				<p><i>devices, and their rate of production and distribution is exponentially increasing as we speak. For this huge flood of heterogeneous and complex data and systems to become valuable and with a significant impact on our lives, more effective and efficient data analysis techniques need to be developed. The realization of intelligent systems with high-level reasoning skills has therefore become one of the most crucial elements to take a substantial step towards technological advancement in a countless number of contexts, ranging from computer science, medicine, industry, agriculture and robotics to marketing, finance, security and human assistance, to name a few. In this process, Deep Learning</i></p>			

n.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Eventuale curriculum di riferimento	Per i dottorati nazionali: percorso formativo di elevata qualificazione	Verifica finale
				<p><i>(DL) has emerged as one of the most important key technologies, capable of unlocking applications and solutions previously unthinkable. This has become possible thanks to the powerful set of algorithms, strategies and software frameworks that have been developed within the DL context. The first objective of this course is to introduce and discuss the principles of Deep Learning, focusing on its foundations and characteristics. Afterward, different DL paradigms will be covered, including Convolutional Neural Networks, Recurrent Neural Networks and Deep Reinforcement Learning. Finally, the course will provide practical advice and best practices to consider in a Deep Learning project. To this</i></p>			

n.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Eventuale curriculum di riferimento	Per i dottorati nazionali: percorso formativo di elevata qualificazione	Verifica finale
				end, a series of case studies will be examined, with code implementations developed using the Pytorch framework.			
5.	Measurement systems for localization	20	primo anno	Information about the position of users, structures, and systems is crucial in many engineering applications. This course presents an overview of the main characteristics and requirements of location-aware applications in several operating scenarios, together with the fundamental electronic measurement techniques. Methods and algorithms for static position estimation and dynamic tracking are also described. Syllabus. Characteristics and requirements of location-aware applications. Performance of available solutions: radio-frequency	INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE		SI

n.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Eventuale curriculum di riferimento	Per i dottorati nazionali: percorso formativo di elevata qualificazione	Verifica finale
				<p>systems (Ultra-wideband, wireless personal area network), ultrasound systems, magnetic-field-based systems, integration with satellite positioning and navigation systems. Time-of-flight measurement: Time of Arrival, Time Difference of Arrival, Round-Trip-Time. Power measurement: Received Signal Strength. Direction measurement: Angle of Arrival. Processing techniques: trilateration, triangulation, fingerprinting, dead reckoning. Tracking, sensor fusion, seamless indoor-outdoor positioning.</p>			
6.	Electromagnetic Compatibility	20	primo anno	<p>The objective of the module is to provide electromagnetic compatibility skills to students, regardless of their undergraduate education. These skills are of fundamental importance both</p>	INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE		SI

n.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Eventuale curriculum di riferimento	Per i dottorati nazionali: percorso formativo di elevata qualificazione	Verifica finale
				<p><i>in the electronic field and in the industrial and environmental fields since both the problems of interaction of the electromagnetic field with man-made devices and with organisms are addressed. In particular, the techniques for mitigating interference in systems and printed circuits and protecting against electromagnetic fields will be illustrated and applied by means numerical simulations. Syllabus. The electromagnetic compatibility problem. The transmission line model. Time domain propagation and signal integrity in lines and printed circuits. Multi-transmission line and crosstalk. Conducted emissions common mode differential mode. Radiated emissions. Radiated susceptibility. Conducted</i></p>			

n.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Eventuale curriculum di riferimento	Per i dottorati nazionali: percorso formativo di elevata qualificazione	Verifica finale
				<p>susceptibility. Shielding of systems and components. Electromagnetic safety and protection.</p>			
7.	<p>New energy sources and storage systems in the energy transition: natural gas hydrates.</p>	20	secondo anno	<p>Natural gas hydrates (NGH) represent one of the most promising alternative energy sources currently known; moreover, energy producible from hydrates world reserves is estimated to be more than twice the quantity associated to all conventional energy sources. Those compounds were initially studied for their tendency to form into gas pipe-lines and so cause gas blockage. Since the mid-1960, a growing number of researchers started exploring them for the possibility to perform a completely carbon neutral energy source, or an opportunity for a transition towards a near carbon neutral energy system.</p>	INGEGNERIA INDUSTRIALE		SI

n.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Eventuale curriculum di riferimento	Per i dottorati nazionali: percorso formativo di elevata qualificazione	Verifica finale
				<p><i>The first part of the course will lead with a detailed description of NGH and all their main applications; in particular: energy production, gas storage, cold energy storage, carbon capture and storage, water desalination, gas transportation, gaseous mixtures separation and others. Then, scientific results produced in the last years in our Department and with the collaboration of the City College of New York and the Chinese Academy of Science, will be discussed in depth and contextualized in the current energy scenario. Finally, based on results shown, future researches will be proposed, with particular attention to possible integrations with further areas of research. Syllabus. Natural gas hydrates and</i></p>			

n.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Eventuale curriculum di riferimento	Per i dottorati nazionali: percorso formativo di elevata qualificazione	Verifica finale
				<p><i>main characteristics. Main perspectives and current applications, mainly about energy production and storage. Methane recovery via CO2 injection: CCS to optimize the production of energy. Use of hydrates for gas storage and transportation, gaseous mixtures separation and water desalination. Future expansion of the industry and research, with particular attention to the Mediterranean area.</i></p>			
8.	<p><i>Distributed Technologies for Big Data Processing and Blockchain</i></p>	20	<p><i>secondo anno</i></p>	<p><i>Both Big Data processing systems and blockchain technologies have a distributed nature. Big Data encompasses large volumes of complex and dynamic data, which are often characterized by a multimodal nature and by a high generation rate. As a consequence</i></p>	<p><i>INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE</i></p>		<p><i>SI</i></p>

n.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Eventuale curriculum di riferimento	Per i dottorati nazionali: percorso formativo di elevata qualificazione	Verifica finale
				<p><i>processing and managing Big Data pose challenges that go beyond the capabilities of conventional software and systems. This course presents some of the main distributed computing paradigms and technologies that can be exploited to process Big Data. Blockchain technologies also rely on distributed systems, but this is required to improve data security and to avoid trusted central entities, rather than to expand data processing capabilities. A blockchain is a chain of immutable transaction blocks that are memorized across multiple networked data stores - the blockchain network - each of which can be owned and handled by autonomous organizations with conflicting interests. Blockchains make strong use</i></p>			

n.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Eventuale curriculum di riferimento	Per i dottorati nazionali: percorso formativo di elevata qualificazione	Verifica finale
				<p><i>of cryptography and of (distributed) trustless consensus mechanisms to guarantee irreversibility, authenticity and integrity of their content. This module gives an overview of the main types of blockchain technologies, including programmable blockchains and smart contracts. Syllabus. Introduction to Big Data Processing. The MapReduce data processing model, the Apache Hadoop platform, and the Spark processing engine. Fundamental concepts of information security and cryptography. Introduction to blockchain technologies, blockchain components, and types of blockchains. From Bitcoin's blockchain to programmable blockchains, the Ethereum blockchain, and the Solidity language for</i></p>			

n.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Eventuale curriculum di riferimento	Per i dottorati nazionali: percorso formativo di elevata qualificazione	Verifica finale
				smart contracts.			
9.	<i>Energy Harvesting Techniques for the Internet of Things</i>	20	secondo anno	<i>As the use of IoT devices is rapidly increasing in a plethora of applications, ranging from industrial condition monitoring, to smart agriculture and wearable electronics, the problem of their power supply is emerging with increasing pressure. Most applications cannot afford that the battery of the wireless sensors is periodically recharged or replaced. Therefore, alternative energy sources are being investigated and the design of autonomous wireless transponders is becoming a hot research topic. This short course is aimed at providing young researchers with an overview of the current state of the art in energy harvesting technologies for Internet of</i>	INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE		SI

n.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Eventuale curriculum di riferimento	Per i dottorati nazionali: percorso formativo di elevata qualificazione	Verifica finale
				<p><i>Things applications. Starting from the analysis of the physics of the energy transduction mechanisms, the course will then focus on the technological aspects of the energy harvesters and on the most widespread design approaches. Finally, hybrid energy harvesting techniques will be also presented to realize reliable power sources for next generation IoT devices.</i></p> <p><i>Syllabus.</i></p> <p><i>Introduction to the problem of energy autonomy for Internet of Things devices and to the energy harvesting approach.</i></p> <p><i>Discussion of the main energy harvesting mechanisms.</i></p> <p><i>Solar energy harvesting: description of the photovoltaic effect and the solar cell, modeling, irradiance</i></p>			

n.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Eventuale curriculum di riferimento	Per i dottorati nazionali: percorso formativo di elevata qualificazione	Verifica finale
				<p>definition, combination of multiple solar cells, indoor and outdoor performance, SoA system performance. Radiofrequency energy harvesting: definition of near and far field, rectennas, modeling, SoA system performance. Vibration energy harvesting: mechanical transducers, piezoelectric effect, modeling, SoA system performance. Thermal energy harvesting: Seebeck effect, modeling, SoA system performance. Introduction to hybrid energy harvesting. CAD design of energy harvesters.</p>			
10	Discrete Event Simulation to Model Industrial Systems	20	secondo anno	<p>Computer modeling and simulation (M&S) allows engineers to study and analyze complex systems. Discrete-event system (DES)-M&S is used in modern management, industrial engineering, computer</p>	INGEGNERIA INDUSTRIALE		SI

n.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Eventuale curriculum di riferimento	Per i dottorati nazionali: percorso formativo di elevata qualificazione	Verifica finale
				<p><i>science, and the military. As computer speeds and memory capacity increase, so DES-M&S tools become more powerful and more widely used in solving real-life problems. The course aims at the introduction of Basics of Discrete-Event System Modeling and Simulation, and at giving an overview of all the major DES modeling formalisms. The Event-Based Modeling and Simulation view will be used to exemplify the application of DES to model industrial systems. Latest advances in DES will be addressed by introducing the Object-Oriented Event Graph formalism, which is particular important for the Industry 4.0 paradigm, in which optimization via simulation, real-time simulation, automatic decisions</i></p>			

n.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Eventuale curriculum di riferimento	Per i dottorati nazionali: percorso formativo di elevata qualificazione	Verifica finale
				<p><i>systems based on simulation, on line scenario analysis play a relevant role.</i></p> <p><i>Syllabus.</i></p> <p><i>Overview of Computer Simulation.</i></p> <p><i>Basics of Discrete-Event System Modeling and Simulation.</i></p> <p><i>Framework of Discrete-Event System Modeling.</i></p> <p><i>Introduction to Event-Based Modeling and Simulation.</i></p> <p><i>Execution of Event Graph Models with SIGMA.</i></p> <p><i>Parameterized Event Graph Modeling and Simulation.</i></p> <p><i>Execution of Parameterized Event Graph Models Using SIGMA.</i></p> <p><i>Advances in discrete-event system modeling and simulation.</i></p> <p><i>The Object oriented Event Graph Formalism.</i></p> <p><i>Applications: Modeling and simulation of tandem production lines.</i></p> <p><i>The Assembly Line Simulator Project.</i></p>			

n.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Eventuale curriculum di riferimento	Per i dottorati nazionali: percorso formativo di elevata qualificazione	Verifica finale
11.	<i>Analysis of mechanisms and mechanical systems</i>	20	<i>secondo anno</i>	<p><i>The role of engineers is rapidly changing in the new industry 4.0 framework and requires cross-functional and multidisciplinary knowledge and skills.</i></p> <p><i>Mechanisms are used to transmit forces and torques and to move objects. In this scenario, mechanisms have been and continue to be essential components of mechanical systems for industrial applications. Since the knowledge of kinematics is crucial for the design and control of kinematic chains, the course aims at presenting kinematics and dynamics of mechanisms using example problems.</i></p> <p><i>Syllabus. Basics of kinematics. Degrees of Freedom and Motion Kinematics. Fundamental properties of closed and open kinematic chains, problems</i></p>	INGEGNERIA INDUSTRIALE		SI

n.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Eventuale curriculum di riferimento	Per i dottorati nazionali: percorso formativo di elevata qualificazione	Verifica finale
				<p><i>of motion, degrees of freedom, joints, kinematic pairs, chains, and mechanisms. Kinematic Analysis of mechanisms: Position Analysis, Velocity and Acceleration Analysis, Dynamic Force Analysis. Analysis and simulation methods to solve kinematic and dynamic problems of mechanical systems. Case studies.</i></p>			
12	<p><i>Finite Element Analysis for Structural Verification: from Macro to Micro Structures</i></p>	20	secondo anno	<p><i>Finite Element Analysis (FEA) plays, historically and for importance, a key role in the structural verification of components in any sector: from large steel structures to small electronic elements. The course aims to provide the basic concepts, theoretical and applicative, on the method of finite element analysis and on the simulation workflow. The focus is placed on the simplest</i></p>	INGEGNERIA INDUSTRIALE		SI

n.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Eventuale curriculum di riferimento	Per i dottorati nazionali: percorso formativo di elevata qualificazione	Verifica finale
				<p><i>types of analysis: static analysis, modal analysis, and dynamic analysis. The presentation is completed with practical examples.</i></p> <p><i>Syllabus. Finite element method: History and background. Theoretical bases of FE approach: definition of finite element, weak form, mass matrix, mass stiffness, methods of reducing system degrees of freedom (Guyan, Craig-Bampton). MATLAB implementation of Finite Element procedure for simple plan type problems. Presentation of the case studies: from automotive area to electronic components. The basic conceptual setting for the FE setting of the Software Ansys Workbench. (brief overview). Learn how to model your system using Design Modeler: starting from</i></p>			

n.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Eventuale curriculum di riferimento	Per i dottorati nazionali: percorso formativo di elevata qualificazione	Verifica finale
				<p><i>CAD to a correct FE model.</i></p> <p><i>Understand the different types of contacts and supports, choose the right type of simulation.</i></p> <p><i>Learn how to generate the mesh and obtain a mesh independent system. How to set the right pre-processing and post-processing setup.</i></p> <p><i>Interpretation and validation of FE-Solver results.</i></p>			