

Documento di progettazione dottorato 'ICT' ciclo XXXIX

1. DESCRIZIONE

Il Dottorato di Ricerca in "Information and Communication Technologies" (ICT) è un programma strategico per lo sviluppo delle competenze necessarie alla trasformazione digitale e alla preparazione di una ripresa verde, digitale, e resiliente dell'economia.

In particolare, il corso si pone l'obiettivo specifico di istituire un percorso idoneo alla formazione di professionisti capaci di sviluppare le tecnologie abilitanti e i sistemi distribuiti complessi che caratterizzano la moderna società dell'informazione. Ha inoltre il fine di istituire un percorso che valorizzi le capacità imprenditoriali dei dottorandi fornendo formazione specifica e opportunità per intraprendere esperienze professionali nella creazione di nuove aziende.

In linea con i documenti programmatici del programma Horizon Europe, ulteriori obiettivi del Dottorato sono le analisi di sostenibilità delle tecnologie e la valutazione dell'impatto sociale delle stesse, nonché l'analisi della capacità delle società di acquisire utilmente l'innovazione tecnologica.

Per quanto riguarda gli **sbocchi occupazionali e professionali**, il Corso di Dottorato in ICT è finalizzato a formare figure professionali con le competenze necessarie per esercitare presso Università, Enti pubblici o soggetti privati attività di ricerca di alta qualificazione, mirata allo sviluppo del progresso scientifico e tecnologico nell'ambito dell'ICT e alla creazione di una classe dirigente con una cultura professionale di alto livello e una corrispondente apertura internazionale.

In linea con il Programma Nazionale per la Ricerca e i "Principles for Innovative Doctoral Training" formulati a livello europeo, il corso di Dottorato in ICT cerca di formare profili internazionali, interdisciplinari, e spendibili su diversi settori, pubblici o privati.

Dottori di ricerca nel settore ICT sono richiesti in misura crescente sia nell'industria dell'ICT tradizionale, per i sistemi informatici, le reti di telecomunicazioni, la cyber-security, la blockchain, i sistemi elettronici, la fotonica, la nanoelettronica, lo sviluppo di dispositivi a semiconduttore, etc., sia in altri ambiti industriali per il monitoraggio, il controllo, l'ottimizzazione, le applicazioni biomedicali e di intelligenza artificiale e robotiche in tutti i processi produttivi. E' inoltre sempre più importante la figura del data-analyst, capace di estrarre informazioni e significati nuovi dalla crescente mole di dati disponibile, e la figura dell'innovation manager, capace di immaginare applicazioni innovative delle tecnologie per la riorganizzazione delle aziende. Infine, gli strumenti ICT sono oggi anche alla base dello sviluppo di tecnologie sostenibili per la chimica verde e per l'implementazione di concetti di economia circolare volti alla produzione di energia e materie prime critiche (Critical Raw Materials, CRM) da fonti rinnovabili classiche e non convenzionali, realtà industriali di grande rilevanza per la Sicilia.

L'adozione di paradigmi di Smart Communities sicure e inclusive, tecnologie digitali nell'agroalimentare e manifatturiero, e di un'agenda digitale ad ampio spettro (che coinvolge Pubblica Amministrazione, Sanità), richiede in misura crescente figure come quelle formate dal Dottorato proposto, anche tenendo conto della grave e cronica situazione di deficit che caratterizza tutta l'area STEM.

Gli **stakeholder di riferimento** per il corso di dottorato in ICT sono le aziende, gli enti pubblici e gli enti di ricerca. Esempi di aziende dove i nostri dottorandi hanno trovato occupazione

sono: STMicroelectronics, Leonardo Company, Alenia Space, Telespazio, Engineering, Italtel, Expleo, Telecom, Open Fiber, oltre a varie start-up.

L'inserimento nel mondo del lavoro non è limitato all'ambito industriale, ma comprende le pubbliche amministrazioni e quello di consulenza in ruoli tecnici specialistici, oltre che di gestione di progetti di ricerca e risorse umane. L'uso di laboratori di università e industrie, che sostengono il dottorato, offre allo studente una prospettiva concreta per l'inserimento nel mondo del lavoro.

In particolare, in coerenza con l'obiettivo O.2.1. del Piano Strategico di Ateneo 2021/23, si ritiene fondamentale promuovere la mobilità e l'internazionalizzazione anche attraverso la pianificazione e organizzazione delle attività formative e di ricerca dei dottorandi/dottorande. Inoltre, il Dottorato risponde ad alcuni target richiesti dal PNRR. La Missione su Digitalizzazione, innovazione, competitività, cultura e turismo trova un allineamento con gli obiettivi del dottorato per quanto riguarda lo sviluppo di sistemi digitali a servizio di pubbliche amministrazioni e sistema produttivo.

Il corso di dottorato in ICT ha mantenuto, sin dalla sua costituzione, le stesse caratteristiche tematiche che sono state descritte nella presente sezione. Il corso di dottorato in ICT si è dotato un suo delegato alla didattica che progetta, a valle degli input del collegio e degli stakeholders industriali e del mondo della ricerca, un calendario di eventi di formazione che prevede anche la partecipazione di studiosi ed esperti italiani e stranieri di elevato profilo provenienti dal mondo accademico, dagli Enti di ricerca, dalle aziende, dalle istituzioni culturali e sociali. Il delegato segnala inoltre a tutti i dottorandi le occasioni di formazione ed i congressi più rilevanti esortando la partecipazione a tali eventi.

Tuttavia, per tenere in massima considerazione la continua evoluzione dell'ICT si ritiene fondamentale migliorare il processo di formazione attraverso il riesame e l'aggiornamento periodico dei percorsi formativi e di ricerca dei dottorandi e delle dottorande. Ciò per consentire l'allineamento degli obiettivi del dottorato con l'evoluzione culturale e scientifica delle aree disciplinari di riferimento.

Il Dottorato, grazie alla molteplicità di rapporti dei docenti del collegio con stakeholders nazionali ed internazionali afferenti ad industrie, università ed enti di ricerca ha una notevole visibilità. Il sito del dottorato "ICT" si trova all'interno della pagina del Dipartimento di Ingegneria dedicata proprio al dottorato, raggiungibile mediante il link:

<https://www.unipa.it/dipartimenti/ingegneria/dottorati/informationandcommunicationtechnologies/>

Il sito riporta la composizione del collegio (con link alle pagine istituzionali personali), l'organizzazione del corso, i servizi a disposizione dei dottorandi.

Inoltre, annualmente il coordinatore e i componenti del collegio pubblicano il bando sulla propria pagina LinkedIn personale, garantendo visibilità a diverse migliaia di utenti.

In coerenza con l'obiettivo strategico di Ateneo O.2.2. (Migliorare la qualità e la produttività della ricerca), il Collegio ha disposto per il Corso di Dottorato di Ricerca un sistema di monitoraggio dei processi e dei risultati relativi alle attività di ricerca, didattica e terza missione/impatto sociale e di ascolto dei dottorandi, anche attraverso la rilevazione e l'analisi delle loro opinioni, di cui vengono analizzati sistematicamente gli esiti.

2. ISTITUZIONE DEL CICLO XXXIX

Per la costituzione del collegio di dottorato di Ricerca in 'ICT' XXXIX ciclo, è stata inviata una email a tutti i componenti dei Dipartimenti di Ingegneria e di Matematica e Informatica, oltre

che ai componenti stranieri del collegio che hanno aderito ai cicli precedenti ed altri che hanno espresso interesse all'adesione. Sono state ricevute 48 adesioni corredate di autocertificazione del possesso dei requisiti ai sensi del DM 226 del 14 dicembre 2021 di cui 8 da docenti stranieri, e 1 da soggetto altro.

Il Collegio del ciclo XXXIX si è riunito formalmente per la prima volta in data 19/12/2023 principalmente per designare i tutor degli studenti iscritti e in quell'occasione il Coordinatore ha anticipato il contenuto del documento di progettazione da discutere e approvare alla successiva riunione del Collegio.

Il Collegio, per la progettazione del Corso di Dottorato, la pianificazione delle attività didattiche e di ricerca e il Monitoraggio e miglioramento delle attività, si è avvalso delle Linee Guida e della documentazione a supporto dei processi di autovalutazione, valutazione e riesame predisposti da Anvur (MODELLO DI ACCREDITAMENTO PERIODICO DELLE SEDI E DEI CORSI DI STUDIO UNIVERSITARI, Approvato con Delibera del Consiglio Direttivo n. 183 dell'8 settembre 2022).

In particolare, con riferimento all'Assicurazione della Qualità nei Corsi di Dottorato di Ricerca (D.PhD.) sono stati considerati e discussi i Punti di Attenzione (PdA):

- D.PHD.1: Progettazione del Corso di Dottorato di Ricerca.
- D.PHD.2: Pianificazione e organizzazione delle attività formative e di ricerca per la crescita dei dottorandi.
- D.PHD.3: Monitoraggio e miglioramento delle attività

2.1 Modifiche attuate dal collegio dei docenti rispetto alla proposta iniziale

Riguardo il progetto formativo del Corso di dottorato in ICT, questo si è sostanziato di attività che hanno compreso materie già erogate nei corsi di laurea magistrale e di corsi tematici specialistici organizzati all'interno del dipartimento e dall'Ateneo. Per l'erogazione dei corsi ci si avvarrà di docenti esperti anche afferenti al collegio.

- Per il ciclo XXXIX, si porrà l'obbligo di frequenza soltanto per i corsi interni di Ateneo, mentre si lascerà ai singoli tutor la scelta di una integrazione formativa rivolta alla frequenza di materie da corsi universitari di Laurea magistrale o triennale ovvero di scuole di dottorato esterne a UNIPA.
- Il calendario di attività formative (corsi, seminari, eventi scientifici...) programmato per il ciclo XXXIX adeguato in termini quantitativi e qualitativi, che prevede anche la partecipazione di studiosi ed esperti italiani e stranieri di elevato profilo provenienti dal mondo accademico, dagli Enti di ricerca, dalle aziende, dalle istituzioni culturali e sociali, dettagliato in Allegato 1.
- Per il ciclo XXXIX l'elenco degli eventi di formazione progettato dal delegato alla didattica del Corso di Dottorato in ICT è riportato in calce al presente documento in Allegato 1.

Con riferimento alla mobilità e alla internazionalizzazione, sulla scorta delle esperienze dei cicli precedenti e sulla base delle esigenze apparse nell'interazione con gli stakeholders industriali, nel ciclo XXXIX, il collegio valuterà caso per caso l'opportunità di far trascorrere ai dottorandi mediamente 3 mesi all'estero, fatto salvo il soddisfacimento degli obblighi normativi o contrattuali.

Il sistema di monitoraggio dei processi e dei risultati relativi alle attività di ricerca, didattica e terza missione/impatto sociale, di cui il corso di Dottorato dispone, si sostanzia nell'esecuzione delle seguenti azioni:

- Raccolta dei dati sui partecipanti ai bandi di accesso, risultati in graduatoria, e degli iscritti al corso di Dottorato per il calcolo delle:
 - percentuali studenti che hanno conseguito il titolo di studio di accesso all'estero o in altro Ateneo.
 - percentuali di borse di studio finanziate da Enti esterni.
- Colloqui individuali tra tutor/dottorandi e tra coordinatore/dottorandi per monitorare lo stato di soddisfazione a vari livelli (attività di ricerca, didattica, interrelazioni docente/studente).
- Raccolta delle relazioni annuali presentate dagli studenti e stima di:
 - periodi di studio e ricerca trascorsi in istituzioni pubbliche o private, diverse dalla sede dei Corsi di Dottorato di Ricerca
 - periodi trascorsi all'estero;
 - numero e tipologia di prodotti della ricerca pubblicati.

I risultati dell'analisi dei dati saranno oggetto di discussione in sede delle riunioni di Collegio dei Docenti in occasione della valutazione dell'ammissione degli studenti al Corso di Dottorato e dell'ammissione degli studenti agli anni di corso successivi.

- A partire dal ciclo XXXIX il processo di monitoraggio migliorerà la procedura sopra descritta con l'integrazione dell'ascolto dei dottorandi attraverso la rilevazione e l'analisi delle loro opinioni tramite form da erogare alla conclusione di ciascun anno accademico con riferimento ai questionari in itinere e alla fine del ciclo di dottorato per i questionari dei dottorandi al terzo anno. La procedura di ascolto, definita di seguito, sarà oggetto di valutazione e controllo da parte del Gruppo di Assicurazione della Qualità (GAQ) che avrà la responsabilità di redigere:
 - Il Rapporto Annuale di Autovalutazione (conclusione dell'anno).
 - Il Rapporto Ciclico di Riesame (terzo anno del ciclo di dottorato).
 - La relazione di autovalutazione del dottorato da sottoporre all'approvazione del Collegio di Dottorato (conclusione dell'anno).
 - Le attività di monitoraggio e di proposte di miglioramento delle attività.

Nelle sezioni che seguono, sono riportati gli obiettivi perseguiti, le azioni che si intende mettere in atto, gli indicatori qualitativi/quantitativi che saranno monitorati e utilizzati per la autovalutazione del raggiungimento dei requisiti di qualità per le varie azione intraprese nell'ambito dei singoli aspetti considerati.

3. OBIETTIVI PER LA PROGETTAZIONE DEL CORSO DI DOTTORATO DI RICERCA

Gli aspetti di seguito trattati sono ritenuti fondamentali per il processo di autovalutazione per il D.PHD.1 ed eventuale riprogettazione del corso. Pertanto, ad essi sono correlati degli indicatori che saranno oggetto del processo di monitoraggio.

3.1. Progettazione iniziale

OBIETTIVO 1	PdA	Indicatore di valutazione	TARGET	Azioni da intraprendere
-------------	-----	---------------------------	--------	-------------------------

Valorizzazione del corso di dottorato con particolare riferimento alla Missione 1 del Piano Nazionale di ripresa e resilienza (digitalizzazione, innovazione, competitività, cultura e turismo)	PdA - D.PHD.1.1 - In fase di progettazione (iniziale e in itinere) vengono approfondite le motivazioni e le potenzialità di sviluppo e aggiornamento del progetto formativo e di Dottorato di Ricerca, con riferimento all'evoluzione culturale e scientifica delle aree di riferimento, anche attraverso consultazioni con le parti interessate (interne ed esterne) ai profili culturali e professionali in uscita.	I1. Compilazione di questionari da parte dei portatori di interesse, tramite un form inviato per e-mail	T1. Somministrazione di almeno 1 questionario per ciclo	A1. Avviare una consultazione delle parti interessate.
--	--	---	---	--

OBIETTIVO 2	PdA	Indicatore di valutazione	TARGET	Azioni da intraprendere
Promuovere/ Sostenere obiettivi di mobilità e Internazionalizzazione e per il Corso di Dottorato.	PdA - D.PHD.1.6 - Il Corso di Dottorato di Ricerca persegue obiettivi di mobilità e internazionalizzazione anche attraverso lo scambio di docenti e dottorandi con altre sedi italiane o straniere, e il rilascio di titoli doppi, multipli o congiunti in convenzione con altri Atenei. PSA - O.2.1 Qualificare e valorizzare il dottorato in una prospettiva internazionale all'evoluzione culturale e scientifica delle aree di riferimento, anche attraverso consultazioni con le parti interessate (interne ed esterne) ai profili culturali e professionali in uscita.	I1. Percentuale di dottori e dottoresse di ricerca che hanno trascorso almeno tre mesi all'estero. I2. Percentuale di dottori e dottoresse di ricerca che hanno trascorso almeno sei mesi del percorso formativo in Istituzioni pubbliche o private, diverse dalla sede dei Corsi di Dottorato di Ricerca (include mesi trascorsi all'estero).	T1. 100% (la percentuale è calcolata fra tutti i dottorandi afferenti allo stesso ciclo nell'arco del triennio) T2. 30%	A1. Istituzione/ mantenimento dell'obbligo per dottorandi e le dottorande, salvo per gravi motivi o salvo il caso di dottorati industriali in cui le aziende non avessero espresso parere favorevole, di passare un periodo di tempo della durata media convenuta in una istituzione straniera/italiana. A2. Proseguire il monitoraggio della mobilità internazionale e nazionale.

OBIETTIVO 3	Obiettivi strategici di Ateneo/Punti di Attenzione correlati	Indicatore di valutazione	TARGET	Azioni da intraprendere
--------------------	---	----------------------------------	---------------	--------------------------------

Potenziamento dell'attrattività del Corso di Dottorato di Ricerca	PSA - O.2.1 Qualificare e valorizzare il dottorato in una prospettiva internazionale.	11. percentuale di iscritti e iscritte al primo anno di Dottorato che hanno conseguito il titolo di accesso in altro Ateneo 12. percentuale di iscritti e iscritte al primo anno di Dottorato che hanno conseguito il titolo di studio di accesso all'estero; 13. percentuale di borse di dottorato finanziate con fondi esterni..	T1. 5% T2. 20% T3. 15%	A1. Proseguire il monitoraggio della mobilità internazionale degli studenti. A2. Effettuare con continuità il popolamento e l'aggiornamento delle pagine web del sito di dottorato con le attività di ricerca dei dottorandi.
--	--	--	---	--

3.2. Pianificazione delle attività di formazione

OBIETTIVO 1	Punti di Attenzione correlati	Indicatore di valutazione	TARGET	Azioni da intraprendere
Promuovere gli obiettivi di innovazione della didattica universitaria del percorso formativo per il dottorato	PdA - D.PHD.1.3 - Le modalità, di selezione e le attività di formazione (collegiali e individuali) proposte ai dottorandi sono coerenti con gli obiettivi formativi del Corso di Dottorato di Ricerca e con i profili culturali e professionali in uscita e si differenziano dalla didattica di I e II livello, anche per il ricorso a metodologie innovative per la didattica e per la ricerca. PdA - D.PHD.1.4 Il progetto formativo include elementi di interdisciplinarietà, multidisciplinarietà e transdisciplinarietà, pur nel rispetto della specificità del Corso di Dottorato di Ricerca.	11. Nr. percorsi di sperimentazione di didattica innovativa 12. Presenza del delegato alla innovazione	T1. 1 Percorso tra sperimentazione didattica e didattica condivisa T2. Si	A1. Erogazione di questionari (o altre forme di interlocazione) per identificare ulteriori esigenze di formazione. A2. Nel perimetro delle azioni attuate dall'Ateneo (ad esempio attraverso il progetto Mentore ed il Centro per l'innovazione e il miglioramento della didattica universitaria CIMDU), promuovere percorsi di sperimentazione di didattica innovativa per il livello dottorale.

4. OBIETTIVI PER LA PIANIFICAZIONE E ORGANIZZAZIONE DELLE ATTIVITA' FORMATIVE E DI RICERCA PER LA CRESCITA DEI DOTTORANDI

Gli aspetti di seguito trattati sono ritenuti fondamentali per il processo di autovalutazione per il D.PHD.2 ed eventuale riprogettazione del corso. Pertanto, ad essi sono correlati degli indicatori che saranno oggetto del processo di monitoraggio.

OBIETTIVO 1	Obiettivi strategici di Ateneo/Punti di Attenzione correlati	Indicatore di valutazione	TARGET	Azioni da intraprendere
Incentivazione della produttività scientifica degli studenti di Dottorato	<p>PdA - D.PHD.2.2 - Viene garantita e stimolata la crescita dei dottorandi come membri della comunità scientifica, sia all'interno del corso attraverso il confronto tra dottorandi, sia attraverso la partecipazione dei dottorandi (anche in qualità di relatori) a congressi e/o workshop e/o scuole di formazione dedicate nazionali e internazionali.</p> <p>PdA - D.PHD.2.3 - L'organizzazione del Corso di Dottorato di Ricerca crea i presupposti per l'autonomia del dottorando nel concepire, progettare, realizzare e divulgare programmi di ricerca e/o di innovazione e prevede guida e sostegno adeguati da parte dei tutor, del Collegio dei Docenti e, auspicabilmente, da eventuali tutor esterni di caratura nazionale/internazionale e/o professionale con particolare riferimento ai dottorati industriali.</p> <p>PdA - D.PHD.2.7 - Il Corso di Dottorato di Ricerca garantisce che la ricerca svolta dai dottorandi generi prodotti direttamente riconducibili al dottorando (individualmente o in collaborazione) e che tali prodotti vengano adeguatamente resi accessibili nel rispetto dei meccanismi di protezione intellettuale dei prodotti della ricerca, ove applicabili.</p> <p>PSA - O.2.2 – Migliorare la qualità e la produttività della ricerca.</p>	<p>11. Nr. di articoli scientifici indicizzati dei Dottori/Dottorandi di Ricerca al termine del percorso</p> <p>12. Organizzazione di eventi PhD ICT_Day</p> <p>13. Percentuale degli studenti di ciascun ciclo che partecipano alla notte europea dei ricercatori e ad attività di Terza Missione</p> <p>14. Percentuale di studenti per ciclo partecipanti in qualità di relatori e relatrici, a congressi e/o workshop e/o scuole di formazione nazionali o internazionali.</p> <p>15. Percentuale degli studenti che partecipano ad attività didattiche</p>	<p>T1. 1 articolo scientifico Indicizzato per studente nel triennio per il 90% degli studenti</p> <p>T2. 1 evento PhD_Day Annuo</p> <p>T3. 20%</p> <p>T4. 25%</p> <p>T5. 20%</p>	<p>A1. Proseguire il monitoraggio e l'incentivazione della produttività scientifica degli studenti di Dottorato durante il percorso di formazione.</p> <p>A2. Organizzare incontri nei quali viene presentata e discussa l'attività di ricerca di ciascun candidato che potrà esporre al collegio i risultati ottenuti e discuterli (PhD ICT_Day), come azioni a supporto dello sviluppo delle abilità di comunicazione delle conoscenze acquisite dei dottorandi</p> <p>A3. Proseguire l'azione di supporto ai dottorandi a progettare, realizzare e divulgare autonomamente programmi di ricerca e/o innovazione, invitandoli a partecipare alla notte europea dei ricercatori e ad attività di Terza Missione.</p>

5. OBIETTIVI PER IL MONITORAGGIO E MIGLIORAMENTO DELLE ATTIVITA'

Tenendo in considerazione le azioni di monitoraggio per le azioni già messe in campo dal collegio dei docenti, verranno implementate le azioni descritte di seguito per il processo di monitoraggio e autovalutazione D.PHD.3.

OBIETTIVO 1	Punti di Attenzione correlati	Azioni
Perfezionamento del sistema di monitoraggio del Corso di Dottorato <i>Sensibilizzare/promuovere l'interesse per la compilazione dei questionari</i>	PdA - D.PHD.1.1 - In fase di progettazione (iniziale e in itinere) vengono approfondite le motivazioni e le potenzialità di sviluppo e aggiornamento del progetto formativo e di ricerca del Corso di Dottorato di Ricerca, con riferimento all'evoluzione culturale e scientifica delle aree di riferimento, anche attraverso consultazioni con le parti interessate (interne ed esterne) ai profili culturali e professionali in uscita.	A1. Organizzazione di giornate di sensibilizzazione a cura del GAQ per informare gli studenti sullo scopo del questionario e sull'importanza della valutazione della soddisfazione, fornendo istruzioni chiare su come rispondere alle domande e sul significato delle scale di valutazione

ALLEGATO 1
Attività didattiche

<i>Denominazione</i>	<i>Durata [ore]</i>	<i>Anno</i>	<i>Descrizione</i>
Mathematical tools for signal representation and optimization: Beyond Fourier transforms	15	primo anno	This course on advanced mathematical tools for signal representation will cover the following aspects: - Hilbert spaces: the space of signals - Frame - Coherent states - Gabor transform Wavelet transforms
Mathematical tools for signal representation and optimization: Variational analysis and optimization	12	primo anno	This course will cover the following aspects: 1. Introduction to calculus of variations. Integral functionals. 2. Energy functionals. Optimization problems. Eulero-Lagrange equations. 3. Direct methods of the calculus of variations. 4. Critical point theory. Compactness conditions and Mountain Pass Theorem. 5. Examples and open problem
Biomedical signal analysis: heart rate variability assessment	10	primo anno	This course aims to introduce the most widely employed heart rate variability indexes in time, frequency and information-theoretic domain and show how they can be exploited for assessing the cardiac autonomic function. The course includes both lectures and practical sessions using MATLAB software.
Biomedical signal analysis: Reconstructing Complex System Dynamics from Time Series Analysis	10	primo anno	The aim of this course is to provide an overview of different advanced time series methods that are at the basis of the approaches currently available to study the dynamics of very different complex systems. Different methodologies will be reviewed, ranging from model-free to model-based data-driven, to artificial neural networks inspired models, describing the basic concepts and the advantages and limitations of different methods when applied to the study of physiological and non-physiological complex systems. The effectiveness of the approaches presented will be demonstrated with applications on: (i) physiological systems; (ii) electronic chaotic oscillators; (iii) climate dynamics. The course includes both lectures and practical sessions using MATLAB software.

Fundamentals of Big Data	6	primo anno	This course will present problems, technologies and solutions for big data and data warehousing design. It will cover the following topics. Introduction to Big Data and Data Mining, Problems and solutions on data warehousing. Technologies and practical implementation (one out of: MapReduce, Resilient Distributed Datasets, Data Frames, Design of Data Warehouse).
Numerical simulations and applications: Finite element analysis	20	primo anno	This course is an introduction to the finite element method as applicable to a range of problems in physics and engineering sciences. The emphasis is on coding up the formulations in a modern, open-source environment that can be expanded to different applications, with a special attention to the problem of signal propagation.
Numerical simulations and applications: Labview	15	primo anno	The course introduces to LabVIEW programming.
Electronics for the Space: Mm-wave and THz technology	10	secondo anno	This course aims to introduce students to the problems of generating, guiding and detecting electromagnetic radiation in the millimeter wave (mm-waves) and at Terahertz (THz) frequency bands. Recent techniques about signal-processing functionalities in the THz range will be also addressed. In particular, the course will cover: <ul style="list-style-type: none"> -Fields of application of mm-waves and THz-waves -Generation techniques -Receiver types THz time-domain spectroscopy and waveguides for broadband THz signal processing
Emerging network technologies	20	secondo anno	This course will present some emerging trends in network technologies, and in particular open architectures for beyond-5G cellular systems and solutions for massive IoT applications. It will also present some frontier topics, such as methodologies for zero-touch beyond-5g networks and quantum information.

Deep learning applications for the analysis of biomedical data	12	primo anno	The proposed PhD course will deal with the use of technologies based on Deep Learning (DL) and Machine Learning (ML) on biomedical data. Specifically, it will deal with Machine Learning and Deep Learning algorithms used at the state of the art, with particular interest in the different types of chemicals, biological and medical data. The course will be structured in 12 hours, divided as follows: 1) Lecture 1 (3h). Perspective on Machine Learning and Deep Learning. Classification, Clustering and Semantic Segmentation. 2) Lecture 2 (3h). Biomedical data (structured and unstructured data). Pre-processing algorithms for data optimisation. 3) Lecture 3 (3h). DL and ML applications in chemistry and biology (Classification and Clustering). 4) Lecture 4 (3h). DL and ML applications for image analysis (Classification and Semantic Segmentation).
Privacy-Preserving Techniques for Data Analysis	12	primo anno	This course will present techniques for designing privacy-preserving systems and applications, and discuss the possibilities and limitations of their use. Topics covered in the course include secure multi-party computation techniques and related cryptographic algorithms, and in-depth discussion of specialized tools and libraries for building secure systems for analyzing user data in a privacy preserving manner.
Machine Learning Techniques based on FPGA	12	secondo anno	The course aims to provide the state of the art on the implementation of Machine Learning (ML) and Deep Learning (DL) techniques in FPGA-type devices. This course aims to illustrate how ML techniques can be implemented in FPGA devices from a dual point of view. First, the course will focus on the technological aspect: the software and hardware tools available on the market will be presented and development methodologies will be illustrated, discussing practical cases. Secondly, the course will show the state of the art of ML applications on FPGAs through the analysis of concrete cases and examples of applications (of varying complexity).

Introduction to embedded system design based on SoC	15	secondo anno	<p>The course aims to introduce the design of embedded systems using Xilinx SoC and the tool Vivado. After a general description of the Xilinx SoC architecture, the functionalities offered by the Vivavdo will be analysed. The following lessons will deal with the main design and integration techniques of the main functions necessary for the design of embedded systems. There will be practical exercises on development boards based on Xilinx Zynq®-7000 All Programmable SoC.</p>
Microwave Sensors for Health Applications	6	secondo anno	<p>Recent advances and future challenges in the design of microwave sensors for health applications will be discussed.</p> <p>The adoption of microwave sensors in medicine has been recently assessed as a convenient approach to non-invasive sensing, diagnostics, and therapy, mainly due to the relatively innocuous nature of microwave radiation and its penetration ability through biological media. Nevertheless, technological advancements are still required to fully exploit the promising advantages of microwaves by properly facing their complex interactions which are accurately modeled in terms of its electromagnetic properties when considering the design of microwave sensors.</p>
Ultra-Low-Power CMOS Design and Application techniques for energy autonomous devices	12	secondo anno	<p>This course will present strategies and techniques for designing Ultra-Low-Power CMOS for energy autonomous devices. The operating and limitations of their use will be discussed.</p> <p>Topics covered in the course include energy harvesting techniques for developing battery-less sensors based on CMOS processes.</p>

<p>Navigation and Control of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs): a comprehensive approach.</p>	<p>30</p>	<p>secondo anno</p>	<p>The course objective is twofold: i.) Provide a comprehensive study of unmanned fixed-wing and rotorcraft navigation and control techniques, including a review of kinematics, dynamics and equations of motion, sensors, identification, controller design and implementation, as well as advances in unmanned aviation technology. When focusing on multi-rotor UAVs, a detailed modeling approach based on Lagrange formulation is followed, which also accounts for rotor dynamics, gyroscopic effects, all types of drag, disturbances, and abrupt changes of mass. A comprehensive presentation of linear, linearized, nonlinear and soft-computing based controller designs are discussed, the focus being on helicopter, rotorcraft, and fixed-wing navigation and control designs. A comparison of advantages and limitations of implemented techniques follows, subsequently introducing a generalized 'one-fits-all' flight control system (FCS) in which the specific controller design approach is a plug-in-plug-out module. Implementation details and how to guarantee task execution given strict timing requirements is detailed. Case studies include simulation and experimental results for several prototype UAVs. ii.) Present a detailed methodology for designing and navigating/controlling a new type of fixed-wing aircraft with enhanced aerodynamic performance based on the concept of Circulation Control, which allows for lift enhancement, reduced takeoff and landing distance, delayed stall and increased effective payload. CC based aircraft design is followed by controller design that also includes identification of stability and control derivatives. Simulation results, experimental/wind-tunnel and flight tests validate and verify the proposed methodology. Consequently, a general framework for controller design of a class of nonlinear systems with unstructured, time-varying uncertainties (aerodynamic uncertainties) is proposed, supported by obtained results.</p> <p>Prerequisites: Knowledge of feedback control systems is required. Knowledge</p>
---	-----------	---------------------	---

			of fundamentals of robotics is desirable, but not necessary. All required background information will be presented in class.
Advanced material investigations by Electron Microscopy: theoretical and experimental hints	8	secondo anno	<p>Electron Microscopy has emerged has a crucial characterization technique in material science, providing highly resolved evidence of chemical, optical and morphological structure of matter from micron to atomic scale. In this course I will give an overview of physical fundamentals and electro-optical alignment lying at the basis of both Scanning Electron Microscope (SEM) and (Scanning)-Transmission Electron Microscope (S-TEM), equipped with spectroscopic tools such as Energy Dispersive X-ray Spectroscopy and Electron Energy Loss Spectroscopy. Analogies and differences between these two techniques will be emphasized. The morphology and chemical mapping of nanomaterials (nanowires, metal-oxides and metallic nanoalloys, nanobelts) and thin films (Si, Ge, SiC) will be presented pointing at their specific practical applications, spanning from microelectronics to power devices. Moreover, we will remote connect with the the Beyond nano Electron Microscopy Lab located at IMM-CNR in Catania, to follow live a S-TEM session to investigate the crystallographic atomic arrangement at the nanoscale and beyond.</p> <p>The tentative program is:</p> <p>1st lesson: EM to overcome the resolution limit of light</p> <p>2nd lesson: Conventional S-TEM techniques for defects characterization</p> <p>3rd lesson: Spectroscopic analyses form chemical mapping</p> <p>4th lesson: Remote controlled STEM analysis</p>

Computer-Aided Design of electronic circuits and systems	12	secondo anno	il corso propone di fornire le competenze di base sulla progettazione e analisi di circuiti e sistemi elettronici tramite l'ausilio di software gratuiti di simulazione basati su SPICE (es. Microcap, LTSpice). Nel corso verranno trattati gli algoritmi e i metodi numerici usati dai software di simulazione circuitale sia nel dominio del tempo che della frequenza, i modelli dei dispositivi a stato solido più comunemente usati e l'applicazione di metodi statistici e di ottimizzazione alla progettazione di circuiti elettronici. Le lezioni frontali saranno integrate da esercitazioni sull'applicazione dei concetti visti a lezione sul software di simulazione. Al termine del corso gli allievi dottorandi avranno acquisito le conoscenze operative per utilizzare adeguatamente ed in modo accurato più comuni software di simulazione SPICE.
Machine learning techniques for cyber threat detection in distributed systems	12	primo anno	This 12-hour course will focus on the use of machine learning to detect attacks in relevant cybersecurity domains. Topics covered in the course will include intelligent data analysis techniques for discovering critical events traced by the spread of false information, as well as the detection of malicious activities performed by humans in the internal perimeters of data centers.

Altre attività didattiche (seminari, attività di laboratorio e di ricerca, formazione interdisciplinare, multidisciplinare e transdisciplinare)

n.	Tipo di attività	Descrizione dell'attività (e delle modalità di accesso alle infrastrutture per i dottorati nazionali)
1.	Perfezionamento linguistico	Corsi in lingua inglese per gli studenti a vari livelli e per lo sviluppo delle diverse abilità linguistiche (forma scritta, forma orale, comprensione dell'ascolto, comprensione della lettura) Formazione organizzata a livello di Ateneo (Corsi del Centro Linguistico di Ateneo).
2.	Gestione della ricerca e della conoscenza dei sistemi di ricerca europei e internazionali	Corsi preferibilmente per gli studenti di secondo e terzo anno relativi alla gestione della ricerca e ai sistemi di ricerca europei e internazionali. Formazione organizzata a livello di Ateneo ogni primo lunedì dei mesi pari (Scuola di Dottorato dell'Ateneo di Palermo).

3.	Valorizzazione e disseminazione dei risultati, della proprietà intellettuale e dell'accesso aperto ai dati e ai prodotti della ricerca	Corso preferibilmente per gli studenti di secondo e terzo anno relativi alla valorizzazione e disseminazione dei risultati, della proprietà intellettuale e dell'accesso aperto ai dati e ai prodotti della ricerca. Formazione organizzata a livello di Ateneo ogni primo lunedì dei mesi pari (Scuola di Dottorato dell'Ateneo di Palermo).
4.	Seminari	Seminari su argomenti di frontiera proposti da docenti del Collegio dei Docenti, anche con l'intervento di colleghi e ospiti internazionali. I seminari vengono approvati dal Collegio dei Docenti e pubblicizzati sulla pagina web del dottorato.
5.	Seminari	Corso preferibilmente per gli studenti di primo e secondo anno su come scrivere efficacemente un articolo scientifico. Formazione organizzata a livello di Ateneo ogni primo lunedì dei mesi pari (Scuola di Dottorato dell'Ateneo di Palermo).
6.	Seminari	Corso preferibilmente per gli studenti di secondo e terzo anno su come scrivere efficacemente un progetto di ricerca. Formazione organizzata a livello di Ateneo ogni primo lunedì dei mesi pari (Scuola di Dottorato dell'Ateneo di Palermo).