



UNIMORE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI
MODENA E REGGIO EMILIA

Scheda Annuale del Progetto Formativo e Scientifico del Corso di Dottorato In Information and Communication Technologies

Contenuti approvati dal Collegio dei Docenti il 08/03/24

Documento approvato dal Collegio dei Docenti il 04/07/24

1. Presentazione generale del Corso di dottorato di ricerca

Il Corso di Dottorato in **Information and Communication Technologies (ICT)** ha come scopo la formazione di personale di alto profilo capace di integrare ricerca di base e applicata, con un forte focus sul trasferimento tecnologico e industriale.

Gli ambiti di ricerca degli studenti di dottorato comprendono aspetti teorici e applicativi, con l'obiettivo di fornire competenze avanzate nel campo dell'elaborazione dei dati, dell'intelligenza artificiale (AI), dei big data, e delle tecnologie per la digitalizzazione.

I dottorandi avranno la possibilità di sviluppare I dottori di ricerca che si andranno a formare dovranno essere in grado di portare avanti in prima persona, nonché di indirizzare e gestire, attività di ricerca e sviluppo in ambito sia industriale che della ricerca scientifica istituzionale.

Il corso si articola in tre curricula principali:

- **Computer Engineering and Science**, che copre aree avanzate dell'informatica;
- **Electronics and Telecommunications** che si focalizza sui fondamenti e gli sviluppi applicativi d'avanguardia dell'elettronica e delle misure elettroniche, delle telecomunicazioni;
- **Industrial Applications of ICT** che risponde alle esigenze di innovazione del tessuto industriale.

Ogni dottorando svilupperà un progetto di ricerca, in alcuni casi industriale, potendo usufruire di ampie risorse tecnologiche e collaborazioni internazionali, sia accademiche che industriali.

Nel Collegio dei Docenti (di seguito Collegio) sono presenti le competenze necessarie per esercitare attività didattiche e di ricerca di alta qualità, nonché per sviluppare soluzioni innovative, nei diversi settori scientifico-disciplinari su cui vertono i curricula.

Finalità primaria è conferire ai dottori di ricerca le competenze ed esperienze necessarie all'indagine scientifica, all'innovazione, alla progettazione e allo sviluppo di nuove tecnologie, capacità critiche e innovative in un ambiente multidisciplinare, anche grazie all'interazione con aziende e centri di ricerca, per contribuire all'evoluzione del settore ICT.

Sono proposti moduli formativi specifici per i curricula, tra i quali il dottorando seleziona quelli che costituiranno il suo percorso formativo e supporteranno la sua specializzazione.

Sono altresì fornite le competenze trasversali e interdisciplinari necessarie a esporre, relazionare e pubblicare con efficacia i prodotti della ricerca, ovvero ad avviare e portare avanti collaborazioni scientifiche e tecnologiche con altri attori della ricerca istituzionale e della ricerca e sviluppo di ambito tecnologico, in Italia e all'estero.

2. Temi di ricerca del Dottorato distinti per aree di ricerca

Gli ambiti di ricerca che il Corso abbraccia riguardano molteplici aree tecnologiche proprie dell'ingegneria informatica e elettronica e di settori della ricerca a questi complementari, con connotazioni sia teoriche che sperimentali e applicative in vari settori scientifico-disciplinari:

- **Intelligenza Artificiale e Machine Learning**, con applicazioni che spaziano dall'industria alla medicina;
- **Big Data e Data Analytics**, focalizzati su tecniche di gestione e analisi di grandi volumi di dati eterogenei;
- **Telecomunicazioni e Internet of Things (IoT)**, con ricerche su tecnologie di comunicazione innovative e sistemi distribuiti;

- **Ingegneria del Software e Sistemi Informatici**, con lo sviluppo di nuovi paradigmi di programmazione e architetture cloud;
- **Elettronica e Sensoristica**, orientati allo sviluppo di nuovi dispositivi elettronici a basso consumo per l'industria e la sanità;
- **Industria 4.0**, con particolare attenzione alla digitalizzazione dei processi produttivi, automazione industriale, e robotica.

3. Obiettivi formativi

Gli obiettivi formativi del Corso di Dottorato sono focalizzati sulla creazione di competenze avanzate e interdisciplinari, con un forte orientamento al trasferimento tecnologico. In particolare, il corso mira a:

- Fornire una preparazione avanzata nelle discipline dell'ICT, con particolare attenzione alla ricerca applicata e al trasferimento tecnologico;
- Promuovere la cooperazione internazionale attraverso l'interazione con università, aziende o centri di ricerca stranieri;
- Stimolare collaborazione tra università e industria, incoraggiando i dottorandi a lavorare su progetti industriali con aziende dei settori tecnologici;
- Favorire la mobilità internazionale dei dottorandi, con opportunità di studio e ricerca presso centri accademici e industriali all'estero;
- Preparare i dottorandi a carriere nel mondo accademico, nella ricerca industriale e nell'imprenditoria tecnologica

La formazione avanzata viene attuata definendo un piano di studio personalizzato, con cui ciascun dottorando acquisisce le competenze necessarie all'approfondimento del tema di ricerca assegnato, individuate anche sulla base delle esperienze pregresse, seguendo un percorso che va dall'analisi della letteratura, alla frequenza di corsi di formazione specialistica, alla frequentazione di strutture di ricerca con elevata qualificazione e, eventualmente, alla permanenza del dottorando presso università estere o centri di ricerca.

Nel percorso si concretizza l'educazione alla ricerca scientifica e tecnologica, anche attraverso l'incentivazione ad elaborare prodotti della ricerca di qualità (pubblicazioni, brevetti, ecc.), avvalendosi delle opportunità di sfruttamento economico e di stimolo all'innovazione offerte dai sistemi nazionali ed internazionali di protezione della proprietà intellettuale.

Viene attuato un continuo monitoraggio dello stato di avanzamento del processo formativo.

4. Programma della formazione

Il programma formativo del corso di dottorato si sviluppa su un arco di tre anni e include una combinazione di insegnamenti avanzati, seminari, workshop e attività di ricerca in collaborazione con aziende.

Ogni dottorando è tenuto a seguire almeno **60 ore di didattica frontale**, suddivise in:

- Corsi avanzati sulle tecnologie ICT, con particolare attenzione agli ultimi sviluppi nella ricerca in intelligenza artificiale, reti, telecomunicazioni e sicurezza informatica;
- Corsi che mirano a sviluppare competenze trasversali come la scrittura scientifica, la presentazione di progetti di ricerca e la gestione dei progetti.

Inoltre, il corso prevede attività seminariali e periodi di mobilità all'estero, che consentono ai dottorandi di confrontarsi con le realtà di ricerca internazionale. Gli studenti possono personalizzare il loro piano di studi in base alle esigenze del loro progetto di ricerca, e i docenti

sono tenuti a proporre tematiche aggiornate in linea con i più recenti sviluppi tecnologici.

La didattica, in linea con i principi dei descrittori di Dublino, viene proposta con metodologie tradizionali in presenza e telematiche, ovvero adottando approcci innovativi quali project works, discussione di casi e problem solving in team, specificati nella descrizione dei singoli corsi. Inoltre, permette ai dottorandi di acquisire competenze multidisciplinari, favorendo lo sviluppo della loro capacità di comunicazione e lavoro in team.

I dottorandi possono scegliere tra corsi specialistici tenuti da docenti di alto profilo, sia interni che esterni, per approfondire le loro conoscenze in aree specifiche. I contenuti didattici si basano sugli ambiti scientifici rappresentati dai docenti e sono distinti dai corsi di laurea di primo e secondo livello.

I settori scientifico-disciplinari (SSD) rappresentati nel dottorato includono:

- **INF/01** – Informatica
- **ING-INF/01** – Elettronica
- **ING-INF/02** – Campi elettromagnetici
- **ING-INF/03** – Telecomunicazioni
- **ING-INF/04** – Automatica
- **ING-INF/05** – Sistemi di elaborazione delle informazioni
- **ING-INF/06** – Bioingegneria elettronica e informatica
- **MAT/09** – Ricerca operativa
- **FIS/01** – Fisica sperimentale

Inoltre, il Corso propone ai dottorandi insegnamenti di composizione ed esposizione scientifica in lingua inglese e ulteriori insegnamenti di ambito soft skills.

Le attività di formazione sono promosse attraverso la pagina web dedicata, creata per scelta solo in lingua inglese, in cui si riportano l'elenco degli insegnamenti erogati per ogni ciclo e informazioni sugli ambiti di ricerca.

Annualmente il dottorando viene sottoposto a monitoraggio delle attività didattiche complessive svolte.

5. Sbocchi professionali e mercato del lavoro

I dottori di ricerca del corso di dottorato in ICT possono trovare occupazione in una vasta gamma di settori:

- **Ricerca e Sviluppo (R&D):** Opportunità di lavoro presso aziende tecnologiche e centri di ricerca che sviluppano nuove tecnologie ICT;
- **Insegnamento Universitario e Ricerca Accademica:** I dottorandi che desiderano proseguire una carriera accademica possono accedere a posizioni di docenza e ricerca presso università e istituti di ricerca di tutto il mondo;
- **Industria e Impresa:** Il corso forma professionisti in grado di lavorare in aziende leader nei settori tecnologici, con ruoli di progettazione e sviluppo di soluzioni ICT; oppure come manager di riferimento nel settore IT anche in aziende non direttamente appartenenti al settore ICT
- **Imprenditoria:** Grazie all'enfasi posta sull'innovazione tecnologica e la collaborazione con l'industria, i dottorandi sono incoraggiati a sviluppare competenze imprenditoriali per avviare startup tecnologiche

6. Iscrizioni

6.1 *Requisiti di ammissione*

È richiesto il possesso di una laurea di secondo livello: una laurea (ante DM 509/99) o una laurea magistrale (DM 270/04) o specialistica (DM 509/99) in Italia; un titolo accademico all'estero analogo alla laurea magistrale italiana.

Nel caso di studenti stranieri, è richiesta una buona conoscenza della lingua inglese.

Possono essere ammessi anche coloro (italiani e stranieri) che conseguano una laurea di secondo livello entro il termine previsto dal bando, di norma il 31 ottobre, giorno precedente la presa di servizio.

La modalità di ammissione prevista è per titoli sia per studenti italiani che per stranieri.

6.2 *Scadenze e numero di posti disponibili*

Il bando di ammissione viene generalmente pubblicato in estate tramite il sito web di ateneo, in italiano e in inglese, e rimane aperto 30 giorni. La comunicazione degli esiti avviene generalmente un mese dopo la chiusura del bando, in modo da consentire l'espletamento delle pratiche di immatricolazione e consentire eventuali scorrimenti nella graduatoria entro il giorno della presa di servizio, che di norma è il 1° novembre.

Ogni anno vengono messi a disposizione numerosi posti con borsa di studio, finanziati attraverso:

- Borse MUR e Fondi PNRR;
- Borse industriali finanziate da aziende che collaborano con il dipartimento
- Borse e assegni di ricerca triennali finanziati con fondi interni del Dipartimento o specifici programmi di finanziamento e cofinanziamento di posizioni di dottorato.

La copertura di un congruo numero di Dottorati Industriali e di borse di studio da finanziamenti di aziende è in linea con lo storico del Corso.

La selezione avviene esclusivamente tramite analisi dei titoli (curriculum, pubblicazioni, lettere di referenza, ecc.).

7. Calendario delle attività formative

Il calendario delle attività formative viene pubblicato annualmente sul sito web del corso. Oltre ad attività altamente specifiche vengono proposti anche corsi trasversali che forniscono competenze utili a tutti i dottorandi.

Gli eventi formativi comprendono:

- Seminari con esperti nazionali e internazionali;
- Corsi di formazione specialistica organizzati da docenti di alto profilo;
- PhD Day, un evento annuale in cui i dottorandi presentano i loro progetti di ricerca
- ICT Summer Camp: Enhance your Soft Skills

8. Laboratori e Servizi per i Dottorandi

Il **Corso di Dottorato in Information and Communication Technologies (ICT)** mette a disposizione dei dottorandi numerosi laboratori e servizi all'avanguardia, grazie alla collaborazione con il **Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari"** e altre strutture dell'Ateneo. I dottorandi possono accedere a risorse tecnologiche di alto livello, che includono:

- **Laboratori di Elettronica e Optoelettronica:** Questi laboratori sono dotati di

strumentazione avanzata per la prototipazione di circuiti elettronici, sistemi optoelettronici e dispositivi di telecomunicazione.

- **Laboratori di Informatica e Calcolo:** Comprendono cluster di calcolo ad alte prestazioni, server multiprocessore e piattaforme di deep learning per lo sviluppo di applicazioni complesse di intelligenza artificiale e machine learning.
- **Laboratori di Telecomunicazioni:** Spazi dedicati allo sviluppo e alla simulazione di reti di telecomunicazione, sia cablate che wireless, con particolare attenzione alla sicurezza delle comunicazioni e all'efficienza energetica.
- **Laboratorio di Automatica:** In esso sono presenti dispositivi robotici di varie tipologie, da bracci articolati a piattaforme mobili.
- **Accesso a software specifici:** I dottorandi possono usufruire di strumenti software di alto livello per la simulazione e progettazione, tra cui piattaforme offerte da Google, IBM e Microsoft, per facilitare lo sviluppo di progetti di ricerca nel campo dell'elaborazione dati e dell'intelligenza artificiale, Matlab/Simulink per la simulazione di sistemi dinamici e di controllo e la soluzione numerica di molti problemi ingegneristici
- **Risorse Bibliotecarie:** Oltre 12.500 volumi nella Biblioteca di Ingegneria "Enzo Ferrari", biblioteca di riferimento della Scuola di dottorato, accesso a migliaia di e-journals delle collezioni digitali di Ateneo ricercabili e consultabili online a partire dal portale BiblioMore e da Oneclick e accesso a banche dati specializzate come IEEE Xplore, ACM Digital Library, ScienceDirect, e molte altre

Sia presso il DIF che (in compartecipazione con altre strutture) presso il SIA di Ateneo sono operativi supercalcolatori e reti di calcolatori in grado di eseguire routine di calcolo avanzato e supercalcolo parallelo. Sono altresì accessibili strutture esterne con dotazioni allo stato dell'arte quali il CINECA.

9. Internazionalizzazione

L'internazionalizzazione è un pilastro centrale del **Corso di Dottorato in ICT**, che promuove attivamente la collaborazione con università, enti di ricerca e aziende di rilievo a livello globale. Le iniziative volte a garantire un ambiente internazionale e multiculturale comprendono:

- **Collaborazioni internazionali:** Il corso di dottorato ha stabilito una fitta rete di collaborazioni con università e centri di ricerca in Europa, Nord America e Asia, attraverso progetti congiunti, co-tutela di tesi e programmi di scambio.
- **Mobilità internazionale:** I dottorandi sono fortemente incoraggiati a trascorrere periodi all'estero presso istituzioni accademiche o aziende di rilievo, con la possibilità di partecipare a soggiorni di ricerca da fino a 1 anno. Il programma offre ampie opportunità di finanziamento per la mobilità internazionale tramite borse di studio Erasmus+, MSCA (Marie Skłodowska-Curie Actions) e altri programmi di finanziamento europeo. Inoltre, per incentivare i periodi di ricerca all'estero, **l'Ateneo prevede una maggiorazione della borsa di studio fino al 50%** durante i periodi di mobilità internazionale. Questo sostegno finanziario permette ai dottorandi di coprire spese aggiuntive legate alla permanenza all'estero, facilitando così la partecipazione a progetti di ricerca internazionali e lo sviluppo di competenze globali. Secondo i dati raccolti, oltre il 75% dei dottorandi del corso partecipa a programmi di mobilità internazionale durante il proprio percorso.
- **Seminari e docenze internazionali:** Il corso organizza regolarmente seminari, workshop e corsi intensivi tenuti da esperti di fama internazionale, provenienti da prestigiose università e centri di ricerca. Questi eventi offrono ai dottorandi la possibilità di interagire con ricercatori e docenti di alto profilo, arricchendo ulteriormente il loro bagaglio di competenze e

promuovendo la condivisione di conoscenze a livello globale.

- **Dottorati congiunti e doppio titolo:** Il corso ha attivato programmi di doppio titolo (joint PhD) con Università europee e mondiali di primo piano, come parte degli sforzi per ampliare le opportunità di crescita dei dottorandi in contesti internazionali. Ciò permette agli studenti di ottenere un doppio diploma riconosciuto sia dall'Università di Modena e Reggio Emilia, sia dall'istituzione partner.
- **Partecipazione a progetti di ricerca europei e internazionali:** Il corso di dottorato partecipa a numerosi progetti di ricerca finanziati a livello europeo, tra cui i **progetti Horizon Europe** e le **Marie Skłodowska-Curie Actions**. Questi progetti offrono ai dottorandi opportunità uniche di condurre ricerca all'avanguardia e di costruire un network internazionale di collaborazioni scientifiche.

L'internazionalizzazione del corso non si limita alla mobilità dei dottorandi, ma include anche la partecipazione attiva dei membri del Collegio dei Docenti a progetti di ricerca internazionali e la presenza di docenti e tutor stranieri nel corso di dottorato. Questo contribuisce a creare un ambiente di ricerca aperto, dinamico e globalmente connesso, che prepara i dottorandi a operare in contesti scientifici e tecnologici internazionali

10. Sistema di Assicurazione della Qualità del Corso di Dottorato

Il **Sistema di Assicurazione della Qualità (AQ) del Corso di Dottorato in Information and Communication Technologies (ICT)** è progettato per garantire l'eccellenza accademica e il miglioramento continuo delle attività formative e di ricerca. Le procedure di AQ seguono le normative nazionali e i criteri stabiliti dall'**ANVUR** e sono finalizzate al monitoraggio e alla valutazione costante del percorso formativo.

Il responsabile della qualità del Corso è il Coordinatore. Sotto la sua responsabilità vengono redatte la presente Scheda annuale del progetto formativo e scientifico e la Relazione annuale di monitoraggio e riesame. Inoltre, sempre sotto la responsabilità del Coordinatore, viene predisposto il Rapporto di riesame ciclico, a cadenza triennale.

La gestione del sistema di AQ si avvale di:

- **Collegio dei Docenti:** È l'organo principale responsabile della pianificazione e della supervisione del progetto formativo e delle attività di ricerca. Il Collegio garantisce che il percorso di formazione dei dottorandi sia coerente con gli obiettivi scientifici e professionali del corso.
- **Comitato di Riesame Ciclico:** Svolge una revisione completa del corso ogni tre anni, elaborando un **Rapporto di Riesame Ciclico**. Questo rapporto analizza i risultati ottenuti, identifica le criticità e propone azioni correttive per migliorare le attività formative e di ricerca. Il Riesame include una valutazione della coerenza del progetto formativo con le esigenze del contesto scientifico e professionale.
- **Comitato Consultivo** è presieduto dal Coordinatore ed è composto da studiosi di alto profilo, associati a Università e a istituzioni sia italiane, sia internazionali. Inoltre, il Comitato include esponenti autorevoli del mondo del lavoro e della società. Il Comitato svolge un ruolo di consulenza e di indirizzo riguardo al progetto scientifico e formativo del dottorato e alla identificazione degli sbocchi occupazionali.

I dottorandi partecipano attivamente al processo di miglioramento continuo del corso:

- **Feedback dei dottorandi:** Sono regolarmente raccolti e analizzati attraverso questionari che valutano la qualità dell'insegnamento, delle attività formative e del supporto ricevuto.

Questi dati sono utilizzati dal Comitato di Riesame per identificare eventuali aree di miglioramento e per proporre modifiche al percorso formativo.

- **Interazioni con aziende e progetti industriali:** Il corso promuove l'interazione con il mondo industriale e professionale, con particolare enfasi sui dottorati industriali. I dottorandi che partecipano a progetti industriali ricevono un supporto specifico per lo sviluppo di competenze professionali in collaborazione con le aziende.

Il **Rapporto di Riesame Ciclico** rappresenta uno strumento chiave per il miglioramento continuo del corso di dottorato. Le azioni di miglioramento proposte vengono integrate nei piani triennali del corso, con obiettivi specifici relativi a:

- Potenziamento delle collaborazioni internazionali e industriali;
- Incremento della qualità e quantità delle pubblicazioni scientifiche prodotte dai dottorandi;
- Ottimizzazione dei servizi di supporto, come l'accesso a risorse tecnologiche e laboratori avanzati.