UNIVERSITÀ DI SIENA
1240

Presidio della Qualità di Ateneo

Documento di progettazione del Corso di Dottorato di Ricerca

Denominazione del dottorato: **Ingegneria e Scienza dell'Informazione (Information Engineering and Science)**

Dipartimento di riferimento: **Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione e Scienze Matematiche – DIISM**

1 – Progettazione

Riconoscendo l'importanza crescente della formazione di terzo livello, e del ruolo sempre più centrale svolto dalla ricerca nello sviluppo della nazione, il piano strategico triennale dell'Università di Siena dedica un'attenzione particolare alla necessità di rafforzare i corsi di dottorato, sia attraverso l'aumento del numero di borse offerte ogni anno, sia mediante la progettazione di un'esperienza altamente formativa sotto il profilo della didattica e della ricerca, arricchendo il percorso formativo dei dottorandi con l'acquisizione di soft skills, e incentivandoli a perseguire esperienze in campo internazionale e a contatto con le imprese (cfr. il PST 2022-2024, pag. 14).

Allo stesso tempo, nel suo piano di sviluppo triennale, il Dipartimento di Ingegneria Informatica e Scienze Matematiche si propone di destinare al Dottorato le risorse necessarie a farne una scuola di eccellenza per la formazione di nuovi ricercatori e per promuovere il dottorato come strumento strategico per la crescita culturale e scientifica della società. In quest'ottica, il Dipartimento intende stimolare le collaborazioni con le imprese e gli enti che vedono nei dottori di ricerca una risorsa fondamentale per lo sviluppo dell'innovazione scientifica e tecnologica (cfr. il PST 2022-2024, sezione dedicata ai dipartimenti).

Nella cornice definita dal Piano Strategico Triennale dell'Ateneo e del Dipartimento, il progetto formativo del corso di dottorato in Ingegneria e Scienza dell'Informazione nasce dalla consapevolezza di vivere un'epoca in cui le tecnologie dell'informazione sono alla base di una profonda trasformazione della nostra società e del mondo stesso in cui viviamo. Dalla crescente dipendenza dalla connettività globale, alla necessità di affrontare le sfide poste dal cambiamento climatico, dalla necessità di preservare la salute pubblica, alla digitalizzazione dell'economia, passando attraverso la rivoluzione tecnologica e sociale associata alla diffusione delle tecniche di intelligenza artificiale, tutto richiede la formazione di un numero crescente di ricercatori con le competenze necessarie a gestire e promuovere l'innovazione nel campo dell'acquisizione, l'analisi e la trasmissione dell'informazione, nonché a sfruttare tale innovazione in scenari applicativi concreti.

Risulta altresì sempre più evidente, come la formazione di figure quali quelle delineate in precedenza richieda un approccio squisitamente **interdisciplinare**, con radici che affondano in discipline classiche del settore dell'Ingegneria e la Scienza dell'Informazione, quali: l'automatica e l'identificazione di sistemi dinamici, la robotica, l'informatica, i sistemi informatici, l'elaborazione dei segnali, i sistemi di supporto alle decisioni, l'ingegneria gestionale, la logica matematica, l'ingegneria dei campi elettromagnetici, l'elettronica, le misure elettroniche, l'ingegneria elettrica, le telecomunicazioni, nonché in aree di più recente sviluppo quali: la bioinformatica, lo studio dei sistemi complessi, l'intelligenza artificiale, la cybersecurity, i big data, le tecniche di apprendimento automatico, lo studio di architetture per high performance computing.

In quest'ottica, il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione e Scienze Matematiche dell'Università di Siena, offre un ambiente formativo ideale data la presenza al suo interno di molteplici competenze scientifiche, attività di ricerca, laboratori tecnologici e sperimentali, che abbracciano i più svariati campi dell'Ingegneria dell'Informazione e della Matematica Applicata. In particolare, viste le competenze disponibili all'interno del dipartimento, gli studenti possono scegliere di svolgere la loro attività di ricerca in numerosi settori, tra cui:

- Bioinformatica
- Computer vision
- Controlli automatici
- Elaborazione dei segnali e delle immagini
- Elettromagnetismo
- Elettronica ed elettrotecnica
- High performance computing
- Ingegneria gestionale
- Intelligenza artificiale
- Logica matematica
- Matematica applicata
- Reti di sensori
- Robotica
- Sistemi complessi
- Sistemi di supporto alle decisioni
- Telecomunicazioni

Oltre che dalla varietà delle discipline coperte dal dottorato, il carattere interdisciplinare del dottorato risulta evidente anche dalla composizione del collegio dei docenti, formato da 19 docenti tutti di comprovata qualificazione scientifica (secondo i requisiti stabiliti dal nuovo regolamento nazionale), appartenenti ad aree culturali diverse e complementari. Più nello specifico il collegio dei docenti comprende 6 docenti facenti capo all'area matematica, 1 docente dell'area informatica, 3 docenti dell'area dell'Ingegneria Industriale e 10 docenti dell'area dell'Ingegneria dell'Informazione, per un totale di 14 SSD, suddivisi come segue:

Area CUN	SSD	No di membri del collegio
Area 01 - Scienze matematiche e informatiche	MAT/01	1
	MAT/03	2
	MAT/05	1
	MAT/09	1
	INF/01	1
Area 09 - Ingegneria industriale e dell'informazione	ING-IND/13	1
	ING-IND/31	1
	ING-IND/35	1
	ING-INF/01	1
	ING-INF/02	2
	ING-INF/03	2
	ING-INF/04	3

	ING-INF/05	1
	ING-INF/07	1

Per la definizione del progetto formativo, oltre che all'esperienza pluridecennale dei membri del collegio e agli input provenienti dalla vasta rete di conoscenze sia nazionale che internazionale a cui possono fare riferimento i membri del collegio, si è tenuto conto della necessità di raccogliere le opinioni dei soggetti interessati al prodotto del progetto formativo. Come punto di partenza sono stati contattati i referenti delle aziende ed enti che nel corso degli anni hanno mostrato interesse verso il dottorato in Ingegneria e Scienza dell'Informazione, finanziando delle borse di dottorato e accogliendo i dottorandi per dei periodi di studio. Ai referenti è stato chiesto di rispondere a un questionario riguardanti le motivazioni che li hanno spinti a finanziare delle borse di dottorato, i risultati attesi della collaborazione, nonché quali siano gli aspetti che ritengono più importanti nel percorso di formazione dei futuri dottori di ricerca.

Il questionario è stato sottoposto a 8 dirigenti di imprese che hanno finanziato in passato una borsa di dottorato in "Information Engineering and Science". Sono state ottenute 7 risposte, con un tasso di risposta pari all'87,5%.

Tra i fattori che hanno inciso nella decisione di finanziare una borsa di dottorato in "Information Engineering and Science", il più rilevante è risultato la "presenza di un gruppo di ricerca con conoscenze scientifiche molto avanzate", seguita dalla "presenza di un gruppo di ricerca con cui si ha collaborato in passato" e la "disponibilità di candidati validi". Anche i fattori meno rilevanti, ossia "precedenti esperienze con laureati e/o dottorati provenienti dallo stesso Dipartimento" e "possibilità di sfruttare finanziamenti e/o agevolazioni fiscali" sono stati comunque giudicati più che sufficientemente importanti.

Tra i vantaggi attesi attraverso il finanziamento di una borsa di dottorato in "Information Engineering and Science", i più rilevanti sono risultati la possibilità di "scoprire e/o validare nuove opportunità legate a una tecnologia di interesse per la sua impresa" e "avere una persona capace di applicare conoscenze scientifiche avanzate ai problemi tecnologici affrontati dalla sua impresa". Anche i vantaggi meno rilevanti, ossia "risolvere un problema tecnologico rilevante per la sua impresa", "avere una persona capace di mantenere una relazione con l'università nel lungo periodo" e "avere una persona capace di attivare relazioni con ricercatori internazionali" sono stati comunque giudicati più che sufficientemente importanti.

Tra le abilità che gli studenti di dottorato dovrebbero acquisire al termine della loro percorso di studio, la più rilevante è risultata di gran lunga la "capacità di problem solving", seguita dalla "capacità di portare a termine un progetto con tempi e risultati soddisfacenti" e dal "rigore scientifico". Le meno rilevanti sono risultate la "gestione efficiente del proprio tempo" e, in ultimo, le "capacità comunicative".

Le capacità delle persone vincitrici della borsa di dottorato in "Information Engineering and Science" sono state giudicate in maniera positiva da tutte le imprese, anche se tre risponditori su sette non hanno espresso un giudizio, probabilmente perché lo ritengono prematuro rispetto alla loro esperienza. La capacità su cui si sono riscontrati i risultati migliori è stata la "capacità di affrontare nuove problematiche tecnologiche", mentre i risultati peggiori, comunque ampiamente più che

sufficienti, si sono riscontrati sulla “capacità di comunicare in maniera efficace”.

In futuro si prevede di ripetere la consultazione ogni anno allargando la platea degli enti coinvolti e di usare i risultati dei questionari per migliorare il percorso formativo del dottorato in base alle opinioni delle parti interessate. Si prevede anche di utilizzare la rete di contatti usata per il questionario, allargata ad altre parti interessate sia a livello locale che nazionale e a un gruppo ristretto di alumni, per formare un comitato di indirizzo che aiuti il collegio a modulare l’offerta formativa in base alle esigenze del mondo produttivo e degli enti di ricerca dove i futuri dottori di ricerca si troveranno ad operare.

Il corso di dottorato in Ingegneria e Scienza dell'Informazione offre opportunità occupazionali sia in termini di posizioni di ricerca nell'accademia che in industrie o aziende di servizi. La solida formazione di base acquisita permette agli studenti di trovare collocazione in ambiti molto avanzati sia tecnici che manageriali. Allo stesso tempo, la formazione non trascura gli aspetti più applicativi della ricerca, facilitando così l’occupabilità dei dottori di ricerca anche in ambienti più orientati al trasferimento tecnologico che alla ricerca di base.

Per i ricercatori interessati a prolungare la loro esperienza di ricerca all’interno del dipartimento o a intraprendere la carriera accademica, il DIISM offre ogni anno un certo numero di assegni di ricerca post dottorali, spesso collegati alle attività di ricerca relative a progetti finanziati dalla comunità europea o da altri enti sia nazionali che internazionali. Attualmente nel DIISM sono attivi 16 assegni di ricerca e 16 posti di ricercatori a tempo determinato di tipo A, più della metà dei quali assegnati ad ex studenti del corso di dottorato.

A testimonianza della forte sinergia tra il dottorato e il mondo industriale, ogni anno una frazione significativa delle borse di dottorato è finanziata da enti esterni. A fine corso, le posizioni finanziate da aziende esterne si traducono quasi sempre in posizioni di lavoro presso le aziende stesse. Altra opportunità importante per i neo-dottori di ricerca è costituita da aziende spin-off. Il DIISM ha concorso dal 2004 alla nascita di 13 aziende spin-off, quasi sempre costituite da ex studenti del dottorato (https://www.diism.unisi.it/it/spin-off).

Per finire, ricordiamo i bandi emessi periodicamente dalla Regione Toscana, con i quali vengono co-finanziati degli assegni di ricerca dedicati a dottori di ricerca da svolgersi in collaborazione con le aziende del territorio al fine di favorire l’inserimento dei neo-dottori di ricerca in aziende fortemente orientate alla ricerca, al trasferimento tecnologico o comunque ad alto contenuto innovativo.

Per quanto riguarda il bacino di studenti potenzialmente interessati a intraprendere il percorso di dottorato, per la sua stessa natura e per la natura spiccatamente internazionale di tutta l’offerta didattica del dipartimento, il dottorato si rivolge a studenti che hanno completato un ciclo quinquennale di studi in qualsiasi ateneo italiano o mondiale. Per questo motivo il corso di dottorato è pubblicizzato in vari modi e a vari livelli. A livello locale, gli studenti che si laureano all’Università di Siena vengono informati attraverso i canali ufficiali dell’ateneo. Inoltre, gli studenti degli ultimi anni sono informati regolarmente dell’attività di ricerca che si svolge in dipartimento, sia all’interno degli insegnamenti delle lauree magistrali, sia durante la tesi di laurea. Inoltre, gli studenti degli ultimi anni sono invitati regolarmente a partecipare alle iniziative pubbliche di presentazione della ricerca dei dottorandi, quali la notte dei ricercatori (https://www.unisi.it/brightnight2023), il poster day e la presentazione dell’argomento di tesi alla fine del terzo anno di dottorato. A livello italiano, i

bandi del dottorato sono pubblicati sulle pagine di riferimento del relativo corso di dottorato sul sito internet dell'Università di Siena (per il 39-mo ciclo: https://www.unisi.it/ricerca/dottorati-di-ricerca/dottorati-di-ricerca-39-ciclo). Il presente bando e le graduatorie sono inoltre pubblicati nell'albo ufficiale dell'Ateneo http://albo.unisi.it. e pubblicizzato in via telematica sul sito dell'Università di Siena, sul sito europeo Euraxess e su quello del Ministero dell'Università e della Ricerca. 2. Il presente bando e le graduatorie saranno inoltre pubblicati nell'albo ufficiale dell'Ateneo http://albo.unisi.it.

La pubblicizzazione dei bandi di dottorato a livello internazionale è indubbiamente più complessa e segue due strade complementari. Da una parte i bandi sono pubblicati sul sito europeo Euraxess. D'altra parte, la disponibilità di posti di dottorato viene pubblicizzata attraverso la vasta rete di conoscenze cui fanno capo i docenti del dipartimento. Una menzione particolare la meritano gli studenti selezionati tramite le reti europee Marie Curie, il cui prestigio e notorietà a livello internazionale è sufficiente ad attrarre studenti da ogni parte del mondo. Negli ultimi due cicli sono stati attratti quattro studenti tramite questo canale (1 nel XXXVIII ciclo e 3 nel XXXIX ciclo).

Per favorire la partecipazione del maggior numero possibile di candidati la selezione si svolge in due fasi, con un primo bando pubblicato in primavera e uno durante l'estate. In ogni caso i lavori della commissione selezionatrice si concludono entro la fine di settembre per permettere agli studenti selezionati di svolgere le pratiche necessarie per iniziare il dottorato il 1° novembre.

I candidati vengono selezionati da una commissione nominata dal rettore su suggerimento del collegio dei docenti. La commissione è composta da docenti del dipartimento appartenenti a diverse aree scientifiche così da garantire un'adeguata copertura di tutte le discipline interessate dal dottorato. La selezione avviene sulla base del curriculum vitae dei candidati, di un breve progetto di ricerca in cui i candidati illustrano le ricerche che intendono svolgere e di un colloquio online riservato ai candidati il cui curriculum e progetto di ricerca sono giudicati sufficienti da parte della commissione. Durante il colloquio, la commissione verifica anche che i candidati abbiano una conoscenza adeguata della lingua inglese.

2 – Descrizione del progetto formativo e di ricerca

Come già descritto nella sezione precedente, l'obiettivo del corso di dottorato in Ingegneria e Scienza dell'Informazione è la formazione di figure di ricercatori con le competenze necessarie a gestire e promuovere l'innovazione nel campo dell'acquisizione, l'analisi e la trasmissione dell'informazione, nonché capaci di applicare le innovazioni prodotte in scenari pratici di carattere scientifico, tecnologico e industriale, con particolare riferimento, ma non solo, alle tematiche tipiche di industria 4.0, i big-data, la digitalizzazione, la transizione ecologica, l'ottimizzazione delle risorse energetiche.

Gli obiettivi formativi del percorso di dottorato si possono riassumere come segue:

1. Acquisizione di competenze teoriche e metodologiche avanzate nelle discipline che costituiscono le basi dell'Ingegneria e Scienza dell'Informazione
2. Acquisizione di una buona padronanza del metodo scientifico con particolare riferimento alla sua particolare applicazione alle discipline interessate dal dottorato
3. Sviluppo di un progetto di ricerca originale che ponga lo studente all'avanguardia su uno specifico tema di ricerca
4. Acquisizione delle soft skills tipiche del mondo della ricerca, quali la capacità di comunicare efficacemente i risultati della ricerca sia oralmente che tramite pubblicazioni scientifiche, attitudine al pensiero critico, capacità di lavorare in gruppo, capacità di ideare e scrivere progetti di ricerca di complessità limitata, etica della ricerca
5. Formazione di una prima rete di contatti nazionali e internazionali che aiutino i futuri dottori a compiere autonomamente i primi passi nel mondo della ricerca una volta finito il dottorato

Per quanto riguarda l'acquisizione delle competenze necessarie alla ricerca nelle discipline di base, sia ingegneristiche che matematiche, la formazione avviene tramite l'organizzazione di corsi di base specificatamente rivolti agli studenti di dottorato. I corsi, tenuti sia da ricercatori di chiara fama esterni all'ateneo, che dai docenti del dipartimento, seguono una programmazione triennale, così che nel corso dei tre anni del dottorato gli studenti vengano a contatto con una varietà di argomenti il più ampia possibile.

Per quanto riguarda la formazione nel campo di ricerca specifico di cui si occupano i singoli studenti, questa avviene sia attraverso l'erogazione di corsi specialistici miranti ad approfondire i dettagli di uno specifico tema di ricerca, che mediante il contatto quotidiano con il proprio supervisore, gli altri docenti del dipartimento e il gruppo di ricerca all'interno del quale gli studenti sono inseriti.

L'acquisizione delle soft skills avviene secondo due modalità complementari: 1) l'organizzazione da parte dell'Ateneo di corsi dedicati e 2) l'esperienza sul campo ottenuta tramite la scrittura di articoli scientifici, la partecipazione in qualità di relatori a congressi internazionali, la collaborazione coi propri supervisori alla scrittura di proposte progettuali e la partecipazione a progetti di ricerca e/o programmi di ricerca finanziati da enti pubblici o da aziende.

Per una descrizione più dettagliata delle attività formative messe in campo per il raggiungimento

dei precedenti obiettivi, si rimanda alle sezioni successive.

Nel complesso l'attività formativa dei dottorandi si può distinguere in due grandi categorie, acquisizione di competenze di base e soft skills da una parte e attività di ricerca sul campo. La ripartizione del carico di lavoro dei dottorandi in queste due macrocategorie di attività varia nel corso dei tre anni del dottorato, con l'attività di ricerca che assume un'importanza via via col passare degli anni. In particolare, assumendo come unità di misura del carico di lavoro un Credito Formativo Universitario (CFU), corrispondente approssimativamente a 25 ore di lavoro, e un carico di lavoro annuo di 60 CFU, l'attività formativa si distribuisce nel corso degli anni come segue:

I anno: 25 CFU per la formazione di base e l'acquisizione di competenze trasversali e 35 CFU per l'attività di ricerca

II anno: 15 CFU per la formazione di base e l'acquisizione di competenze trasversali e 45 CFU per l'attività di ricerca

III anno: 10 CFU per la formazione di base e l'acquisizione di competenze trasversali e 50 CFU per l'attività di ricerca

Il corretto svolgimento del percorso formativo e il suo esito finale, viene valutato anno per anno dal collegio dei docenti e, soprattutto, mediante la stesura e la discussione della tesi di dottorato. In particolare, la valutazione dell'attività dei dottorandi si svolge secondo la seguente tempistica:

1. Al termine del I anno gli studenti redigono una relazione tecnica nella quale descrivono l'attività svolta nel primo anno. La relazione descrive sia i corsi formativi seguiti e superati dallo studente durante l'anno, sia l'attività di ricerca svolta. La relazione comprende anche altri tipi di attività quali i corsi miranti all'acquisizione delle soft skills e alle eventuali attività di didattica integrativa effettuate dallo studente. La relazione tecnica, che deve essere approvata dal supervisore assegnato allo studente dal collegio dei docenti, costituisce la base sulla quale il collegio dei docenti delibera l'ammissione degli studenti al secondo anno di corso. A questo scopo, il collegio dei docenti dà particolare rilievo a corretto svolgimento delle attività formative, dato che nel corso del primo anno è plausibile che l'attività di ricerca vera e propria sia appena iniziata e non abbia ancora prodotto risultati significativi.
2. Al termine del II anno, gli studenti oltre alla relazione tecnica con la descrizione dei corsi seguiti, e dell'attività di ricerca, illustrano al collegio dei docenti uno o più risultati selezionati della loro ricerca. La presentazione avviene durante il cosiddetto poster day, quando i dottorandi espongono le loro ricerche con l'ausilio di un poster e rimangono a disposizione per rispondere alle domande dei membri del collegio e di tutti i docenti e ricercatori del Dipartimento (i poster day, infatti, è un evento aperto a tutta la comunità di ricerca del dipartimento, inclusi docenti, ricercatori, assegnisti, e dottorandi). Il passaggio all'anno successivo viene deciso dal collegio dei docenti sulla base della relazione tecnica, ancora una volta approvata dal supervisore, e della presentazione dell'attività di ricerca effettuata durante il poster day.
3. Al termine del III anno, gli studenti redigono una relazione tecnica complessiva con la descrizione dell'attività, sia didattica che di ricerca, svolta nei tre anni del dottorato. La relazione comprende anche altri tipi di attività quali i corsi miranti all'acquisizione delle soft skills ed eventuali attività di didattica svolte dallo studente. Una parte fondamentale della relazione riguarda l'elenco dei risultati della ricerca svolta nei tre anni, tipicamente l'elenco delle pubblicazioni, ma anche

eventuali brevetti e altri risultati tangibili. Agli studenti è anche chiesto di presentare al collegio dei docenti le ricerche che costituiranno la base della tesi di dottorato. Infine, al supervisore del dottorando viene chiesto di redigere un giudizio sintetico sull'attività svolta dal dottorando nei tre anni e sull'adeguatezza della sua preparazione in vista della discussione della tesi. Il collegio dei docenti ammette il dottorando a presentare e discutere la tesi, sulla base della relazione triennale, della presentazione fatta dallo studente e del giudizio del supervisore. Di norma è richiesto che lo studente abbia ottenuto almeno una pubblicazione su una rivista di prestigio internazionale, o tre pubblicazioni a congresso. In questa occasione viene anche verificato se lo studente ha passato un periodo di almeno tre mesi all'estero. Deroghe alla regola per cui agli studenti è richiesto di passare un periodo di almeno tre mesi all'estero sono possibili in presenza di cause di forza maggiore o per altri motivi gravi opportunamente certificati.

4. La discussione e il rilascio del titolo avvengono in seguito al giudizio positivo di almeno due revisori esterni nominati dal collegio dei docenti e al giudizio positivo della commissione che partecipa alla difesa della tesi. A questo proposito, di norma, la discussione della tesi di dottorato prevede la formazione di una commissione ad hoc, comprendente almeno due esperti di adeguato valore scientifico esterni all'Università di Siena, così da esporre i candidati dottori all'opinione dei migliori esperti nel settore oggetto della tesi.

3 – Formazione alla ricerca

La visione adottata dal collegio dei docenti nella definizione del percorso formativo dei dottorandi segue un tipico approccio *hands on* secondo il quale il modo migliore per avviare gli studenti alla ricerca scientifica e tecnologica consiste nell'assegnare loro (e in accordo con loro) un progetto di ricerca da svolgere in collaborazione con il supervisor e con un gruppo di ricerca che già opera nel settore interessato dalla ricerca. In questo modo, gli studenti hanno la possibilità di acquisire in modo diretto e coinvolgente le competenze e conoscenze necessarie ad affrontare il progetto di ricerca loro assegnato, e nel futuro, ad operare in contesti di ricerca sia accademici che professionali.

Accanto all'attività di ricerca vera e propria e all'acquisizione di conoscenze verticali, il percorso formativo dei dottorandi prevede l'acquisizione di una serie di abilità, le cosiddette *soft skills,* il cui possesso è altrettanto importante delle competenze tecniche o *hard skills*. In quest'ottica, il dottorato in Ingegneria e Scienza dell'Informazione, ritiene di particolare importanza l'acquisizione delle seguenti abilità:

1. **Abilità nella comunicazione**: La capacità di comunicare chiaramente e in modo persuasivo sia in forma scritta che orale è essenziale. In particolare, saper presentare il proprio lavoro in modo efficace davanti a un pubblico è fondamentale per condividere i risultati della ricerca sia con i propri pari che a un pubblico non esperto.
2. **Attitudine al lavoro di gruppo**: La maggior parte della ricerca nel settore dell'Informazione (ma non solo) avviene in un contesto di team. La capacità di lavorare in modo collaborativo, ascoltando e rispettando le opinioni degli altri, è importante per il successo in progetti di ricerca interdisciplinari.
3. **Capacità di gestione del proprio tempo e organizzazione**: La ricerca può essere complessa e impegnativa. Saper gestire il proprio tempo, fissare obiettivi e mantenere una buona organizzazione è cruciale per mantenere la produttività e raggiungere i risultati che ci si propone di ottenere nei tempi fissati.
4. **Capacità di valorizzare anche in un contesto non-accademico i risultati della ricerca:** la capacità di trasferire alla società civile i risultati della ricerca, valorizzandola sia economicamente che socialmente, è una qualità sempre più apprezzata che assume un ruolo fondamentale nella formazione dei ricercatori moderni.
5. **Etica e Integrità**: La ricerca richiede un alto standard di etica e integrità. Saper identificare e affrontare questioni etiche è un'attitudine che ogni ricercatore dovrebbe possedere.

Il percorso formativo del dottorato in Ingegneria e Scienza dell'Informazione prevede diverse iniziative, complementari tra di loro, volte all'acquisizione delle competenze suddette. Un elenco dei principali strumenti messi in campo per l'acquisizione delle soft skills è riportato di seguito:

1. **Organizzazione di corsi specifici**: l'ateneo di Siena organizza ogni anno una serie di corsi specifici rivolti all'acquisizione delle soft skills. L'argomento dei corsi copre una vasta gamma di soft skills, e gli studenti sono liberi di scegliere i corsi che più si adattano alla loro area di ricerca e a

loro percorso formativo. Da un punto di vista formale agli studenti è richiesto di seguire almeno un corso di soft skills all'anno, con l'invito di non limitarsi al minimo ma di seguire più corsi compatibilmente con il resto delle attività formative e di ricerca previste dottorato. L'elenco dei corsi offerti viene pubblicato sul sito dell'ateneo (https://www.unisi.it/ricerca/dottorati-di-ricerca/corsi-trasversali-soft-skills) all'inizio di ogni anno così da permettere agli studenti di programmare le loro attività con congruo anticipo.

2. **Mentorato e inserimento all'interno di gruppi ricerca consolidati:** la formazione dei futuri ricercatori avviene innanzitutto attraverso il contatto assiduo con il proprio (o i propri) supervisor, a cui spetta il compito di fornire una guida personalizzata dello studente con la definizione di precisi obiettivi di ricerca, la pianificazione e l'analisi critica. La presenza dl supervisor favorisce l'attività di networking, il feedback scientifico e, non di rado, un adeguato supporto emotivo, accelerando il progresso professionale dei giovani ricercatori. Per le discipline dove l'esistenza di gruppi di ricerca è la norma, gli studenti sono inseriti all'interno del gruppo di ricerca del supervisore, in questo modo gli studenti hanno la possibilità di confrontarsi con colleghi e ricercatori esperti, condividere le loro idee e allargare l'orizzonte della loro ricerca venendo a conoscenza delle ricerche svolte all'interno del gruppo. Viene anche raccomandato agli studenti di presentare lo stato di avanzamento della loro ricerca in incontri periodici. Per le discipline in cui l'esistenza di gruppi di ricerca è più rara (come, ad esempio, in alcuni ambiti della matematica), le attività suddette sono sostituite con un rapporto ancora più stretto col supervisor.

3. **Partecipazione a Conferenze e Workshop**: presentare la propria ricerca in conferenze o workshop è fondamentale per condividere risultati, ricevere feedback e stabilire collaborazioni con altri ricercatori. La presentazione dei propri risultati in consessi internazionali è anche una palestra essenziale per affinare la capacità di comunicare efficacemente le proprie idee e rispondere a eventuali obiezioni sollevate da esperti del settore. Per questo motivo, gli studenti sono incoraggiati a partecipare a conferenze e workshop, e a iscriversi a società scientifiche di riferimento per i settori interessati dalla loro ricerca, anche mettendo a loro disposizione un budget specifico per coprire le spese di iscrizione e di viaggio.

4. **Pubblicazioni Scientifiche:** Scrivere articoli scientifici basati sulla propria ricerca e sottoporli a riviste peer-reviewed è una parte cruciale del processo di ricerca. Oltre a contribuire alla diffusione della conoscenza, la preparazione di una pubblicazione scientifica, nonché l'intero processo che porta alla pubblicazione di un articolo compresa la capacità di comprendere e rispondere ai commenti forniti dai revisori, aiuta i dottorandi a chiarire formalizzare la propria ricerca in modo rigoroso e scientificamente corretto, a chiarire tutti punti della ricerca e ad esporli in maniera chiara a una platea di esperti. Per questo motivo, la pubblicazione di articoli scientifici è uno degli elementi principali del percorso di formazione dei dottorandi e costituisce anche uno dei criteri per la valutazione dell'attività svolta dagli studenti, ai quali, di norma, è richiesto di ottenere almeno una pubblicazione su una rivista di prestigio internazionale, o tre pubblicazioni a congresso.

5. **Partecipazione a progetti di ricerca.** I dottorandi sono incoraggiati a partecipare ai progetti di ricerca che coinvolgono il loro tutor e il gruppo di ricerca all'interno del quale sono inseriti. Oltre a favorire l'interazione con colleghi di altri istituti e allargare l'orizzonte della loro formazione, Il coinvolgimento dei dottorandi in progetti di ricerca li aiuta anche ad apprendere a progettare

e condurre ricerche in modo autonomo, acquisendo esperienza pratica nella gestione di progetti di ricerca, inclusa la definizione degli obiettivi, la raccolta dati, l'analisi e la presentazione dei risultati.

6. **Soggiorno all'estero.** Di norma ai dottorandi è richiesto di passare un periodo di almeno 3 mesi (anche non consecutivi) all'estero, presso uno o più centri di ricerca qualificati sia in ambito accademico che industriale. Il periodo di soggiorno all'estero, infatti, può favorire notevolmente la crescita dei dottorandi. Esporsi a nuove prospettive culturali e lavorare con ricercatori stranieri arricchisce la loro formazione. Questo tipo di esperienza favorisce anche la crescita personale degli studenti, migliorando le loro competenze linguistiche e consentendo di stabilire importanti contatti internazionali, preparando così i dottorandi per una carriera di successo nella ricerca o in altri campi professionali. In presenza di cause di forza maggiore o per esigenze opportunamente motivate, gli studenti possono chiedere una deroga al requisito di passare un periodo all'estero, che deve essere condivisa dal supervisor e accettata dal collegio dei docenti.
7. **Attività di insegnamento.** Il coinvolgimento degli studenti di dottorato in attività didattiche di specifiche e di breve durata, come lo svolgimento di esercitazioni e il tutoring può contribuire in modo sostanziale alla loro formazione. In questo modo gli studenti possono sviluppare competenze di insegnamento, migliorare la comunicazione scientifica e applicare in pratica le conoscenze acquisite, preparandosi a una possibile futura carriera accademica. In particolare, ogni anno l'ateneo di Siena pubblica un bando di tutorato (si veda https://www.unisi.it/didattica/orientamento-e-tutorato/diventare-studente-tutor) al quale possono partecipare tutti gli studenti di dottorato dell'ateneo. Inoltre i supervisori dei dottorandi sono invitati a incoraggiare gli studenti a partecipare al bando.

Per facilitare lo svolgimento delle attività suddette, con particolare riferimento alla partecipazione di workshop e congressi, ma anche per quanto riguarda la partecipazione a scuole estive, seminari o corsi offerti da altri enti, visite brevi presso altri enti di ricerca italiani o esteri, spese di pubblicazioni, iscrizione a società scientifiche, o qualsiasi altra spesa per attività che contribuiscano alla formazione dei dottorandi o siano necessarie per le loro ricerche, la scuola mette a disposizione di ogni dottorando un fondo pari al 10% del costo della borsa che ogni dottorando può utilizzare in completa autonomia.

4 – Attività di formazione

Accanto alla formazione alla ricerca e alle attività volte all'acquisizione delle soft skills necessarie per una proficua carriera nell'ambito della ricerca (già descritte nella sezione precedente), il corso di dottorato prevede un'attività di formazione, per così dire, più classica, che mira a fornire ai dottorandi le conoscenze tecniche e scientifiche necessarie per lo svolgimento della ricerca loro assegnata. Lo spazio dedicato a tale formazione è chiaramente maggiore nel primo anno e decresce via via col passare degli anni così da dare più spazio all'attività di ricerca vera e propria.

Tenendo conto delle specificità scientifiche del corso di dottorato, ogni anno vengono offerti dei corsi su temi appartenenti alle seguenti categorie:

1. Corsi di matematica applicata
2. Corsi trasversali su tematiche di tipo tecnologico
3. Corsi avanzati su specifici temi di ricerca
4. Corsi trasversali

Per quanto riguarda i corsi di **matematica applicata**, questi includono tematiche di matematica applicata di interesse trasversale, tra cui: metodi avanzati di ottimizzazione, algebra dei tensori, calcolo numerico, analisi funzionale. Ogni corso corrisponde a un carico di 5 CFU per un totale di 16-20 ore di lezioni frontali. I corsi terminano con una prova di esame consistente in un colloquio, la preparazione di un elaborato, la discussione di un articolo di ricerca o altre modalità scelte autonomamente dal docente del corso. Ogni anno vengono offerti almeno 3 corsi appartenenti a questa categoria, tra cui gli studenti possono scegliere in base ai loro interessi di ricerca. Agli studenti è richiesto di seguire almeno due corsi (per un totale di 40 ore) durante il primo anno del dottorato. Il contenuto esatto dei corsi varia negli anni per evitare ripetizioni dell'offerta didattica.

I **corsi trasversali di tipo tecnologico** vertono su materie ingegneristiche o comunque di tipo tecnologico, di interesse trasversale. I temi trattati includono: intelligenza artificiale, tecniche avanzate di programmazione, tecniche di controllo di sistemi dinamici, sistemi complessi, fisica moderna, teoria dell'informazione. Ogni anno vengono offerti almeno 3 corsi di questo tipo (spesso molti di più), tra cui gli studenti possono scegliere in base ai loro interessi di ricerca. Il contenuto esatto dei corsi varia negli anni per evitare ripetizioni dell'offerta didattica.

Per quanto riguarda i **corsi avanzati su temi di ricerca specifici**, gli argomenti trattati vengono scelti, anche su suggerimento dei tutor, in base alle ricerche svolte di anno in anno dagli studenti. Questi corsi possono vertere sia su argomenti di tipo matematico (area CUN 01) che di tipo Ingegneristico (area CUN 09) con particolare riferimento alle discipline tipiche dell'Ingegneria dell'Informazione. Ogni anno vengono offerti diversi corsi focalizzati su temi di ricerca scelti in maniera da massimizzare l'interesse degli studenti in relazione alle ricerche svolte, prestando attenzione a non replicare gli stessi corsi in anni successivi.

I **corsi trasversali** si propongono di aiutare gli studenti ad acquisire le soft skills necessarie all'attività di ricerca. I corsi sono organizzati dall'Università di Siena e riguardano diversi aspetti della formazione tra cui: perfezionamento linguistico e informatico, attività nel campo della didattica,

della gestione della ricerca e della conoscenza dei sistemi di ricerca europei e internazionali, della valorizzazione e disseminazione dei risultati, della proprietà intellettuale e dell'accesso aperto ai dati e ai prodotti della ricerca e dei principi fondamentali di etica e integrità. I dottorandi hanno la possibilità di seguire i corsi trasversali al primo anno oppure durante i tre anni di dottorato. Agli studenti viene raccomandato di seguire quanti più corsi di soft skills possibile e comunque almeno tre nel corso del ciclo di dottorato.

L'elenco dei corsi offerti viene pubblicato all'inizio di ogni anno, quando agli studenti viene chiesto di compilare un proprio piano di studi seguendo le regole generali della scuola (vedi https://www.diism.unisi.it/it/didattica/post-laurea/phdies/info/internal-rules/courses-and-study-plan). A titolo di esempio, l'offerta didattica per il 2023 è accessibile all'indirizzo: https://www.diism.unisi.it/it/didattica/post-laurea/phdies/info/internal-rules/courses-and-study-plan.

5 – Visibilità

Tutte le informazioni relative al dottorato sono disponibili su web a partire dall'indirizzo: https://www.diism.unisi.it/it/phdies

Il sito è interamente pubblicato in inglese e fornisce informazioni riguardo a:

1. Obiettivi generali del dottorato
2. Collegio dei docenti: https://www.diism.unisi.it/it/didattica/ies-phd/structure/phd-board. Da questa pagina è possibile scaricare il CV di tutti i docenti che fanno parte del collegio.
3. Modalità di applicazione con la pubblicazione di tutti i bandi sia in italiano che in inglese: https://www.unisi.it/ricerca/dottorati-di-ricerca/dottorati-di-ricerca-39-ciclo
4. Regole interne del dottorato con la descrizione degli adempimenti obbligatori per ogni anno
5. Offerta didattica: https://www.diism.unisi.it/it/didattica/ies-phd/courses
6. Elenco degli studenti e degli alumni: https://www.diism.unisi.it/it/didattica/ies-phd/phd-studentsalumni

6 – Mobilità e internazionalizzazione

Il corso di dottorato persegue obiettivi di mobilità internazionale attraverso una serie di misure complementari tra di loro, riguardanti sia la mobilità in ingresso che in uscita:

1. Il principale strumento attraverso il quale il dottorato persegue la mobilità in uscita dei dottorandi sono i periodi di soggiorno all'estero che tutti i dottorandi sono invitati a fare. Pur in assenza di un obbligo formale il collegio dei docenti invita caldamente tutti gli studenti ad arricchire il loro curriculum tramite un'esperienza all'estero

2. Per quanto riguarda la mobilità in ingresso, oltre ad attrarre un gran numero di immatricolati provenienti dall'estero, ogni anno il dottorato riserva un certo numero posti per studenti finanziati su specifici bandi di mobilità internazionale. In particolare, negli ultimi anni il dottorato ha accolto 4 studenti finanziati nell'ambito dei programmi europei Marie Skłodowska-Curie (MSCA) e 2 studenti cinesi finanziati su bandi competitivi dal China Scholarship Council.

3. Facendo leva sulla rete di contatti internazionali del collegio dei docenti e del corpo docente del dipartimento, nel corso degli anni sono stati attivati diversi accordi per la cotutela individuale di studenti di dottorato. Attualmente, è in corso un accordo di cotutela con la Scuola di Dottorato in 'Sciences mécaniques, acoustique, électronique et robotique de Paris (SMAER)' Sorbonne Universitè .

4. Il Dipartimento accoglie diversi studenti di dottorato in visita presso l'ateneo di Siena. A tale proposito, vale la pena menzionare i PhD visiting student cinesi finanziati dal China Scholarship Council (7 negli ultimi 5 anni) ognuno dei quali ha passato da uno a due anni presso il dipartimento.

5. Per quanto riguarda la mobilità (in ingresso) dei docenti, ogni anno vengono invitati diversi docenti stranieri a tenere dei corsi specialistici all'interno dell'offerta formativa del dottorato. Un invito simile è rivolto ai docenti stranieri in visita presso il dipartimento. L'esperienza mostra che non soltanto la presenza dei docenti stranieri arricchisce l'offerta formativa del dottorato, ma è spesso un punto di partenza per collaborazioni e scambi di studenti con gli enti di appartenenza dei docenti

6. Affidamento della revisione delle tesi di dottorato a docenti ed esperti stranieri e invito di docenti ed esperti stranieri a fare parte delle commissioni per la difesa della tesi di dottorato Come e più che nel caso dei corsi tenuti da docenti stranieri, la revisione e discussione della tesi di dottorato è spesso il punto di partenza per ulteriori collaborazioni e talvolta sfocia nell'offerta ai neo-dottori di ricerca di una posizione post-doc nei gruppi di ricerca dei docenti stranieri

7. Il collegio dei docenti incoraggia i suoi membri e tutto il corpo docente del dipartimento a tenere dei corsi di dottorato presso scuole altre scuole italiane e soprattutto straniere, favorendo così una sorta di mobilità in uscita dei docenti.