



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI UDINE**
hic sunt futura

**DECRETO
RETTORALE**



Numero, data e protocollo della registrazione

OGGETTO: **Bando di concorso per l'attribuzione di posti aggiuntivi di dottorato di ricerca con borsa di studio per l'ammissione ai corsi di dottorato di ricerca dell'Università degli Studi di Udine a.a. 2023/2024 (39° ciclo), finanziati a valere su risorse del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza con riferimento alle seguenti misure: Decreto Ministeriale n. 117/2023, Decreto Ministeriale n. 118/2023.**
Rettifica Scheda 3 INFORMATICA E INTELLIGENZA ARTIFICIALE

IL RETTORE

VISTA la Legge n. 210 del 3 luglio 1998, in particolare l'art. 4, in materia di dottorato di ricerca;
VISTA la Legge n. 240 del 30 dicembre 2010, in particolare l'art. 19, in materia di dottorato di ricerca;
VISTO il Decreto Ministeriale del 14 dicembre 2021, n. 226 "Regolamento recante modalità di accreditamento delle sedi e dei corsi di dottorato e criteri per la istituzione dei corsi di dottorato da parte degli enti accreditati";
VISTO il Decreto Ministeriale 8 febbraio 2013, n. 45 "Regolamento recante modalità di accreditamento delle sedi e dei corsi di dottorato e criteri per la istituzione dei corsi di dottorato da parte degli enti accreditati";
VISTO il Regolamento interno per i Corsi di Dottorato di ricerca dell'Università degli Studi di Udine emanato con Decreto Rettorale n. 265 dell'11 marzo 2022;
VISTO il decreto rettorale 570 del 27 luglio 2023 "Bando di concorso per l'attribuzione di posti aggiuntivi di dottorato di ricerca con borsa di studio per l'ammissione ai corsi di dottorato di ricerca dell'Università degli Studi di Udine a.a. 2023/2024 (39° ciclo), finanziati a valere su risorse del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza con riferimento alle seguenti misure: Decreto Ministeriale n. 117/2023, Decreto Ministeriale n. 118/2023";
CONSIDERATO che la Scheda 3 allegata al bando di concorso riporta, per un mero errore materiale, indicazioni errate per quanto concerne la redazione del progetto di ricerca e la data di pubblicazione della graduatoria generale degli ammessi al corso;
RAVVISATA la necessità di correggere la scheda 3 relativa al concorso di ammissione al corso di dottorato in Informatica e intelligenza artificiale;

DECRETA

1) che l'indicazione corretta per la redazione del progetto di ricerca è: "Un progetto di ricerca, datato e firmato, elaborato in coerenza con la tematica d'interesse, che evidenzi l'apporto che il candidato può offrire allo sviluppo della tematica stessa (limite indicativo 10.000 caratteri, spazi inclusi, in lingua inglese)" e non "Un progetto di ricerca, datato e firmato, elaborato in coerenza con una delle tematiche di ricerca del corso e con le aree e le traiettorie S4 (limite indicativo 10.000 caratteri, spazi inclusi, in lingua inglese)";

AREA SERVIZI PER LA RICERCA

Ufficio Formazione per la Ricerca

Responsabile dell'area: Sandra Salvador

Responsabile del procedimento: Raffaella Medeot

Compilatore del procedimento: Sabrina Di Santolo



DOCUMENTI E TITOLI DA ALLEGARE ALLA DOMANDA DI AMMISSIONE AL CONCORSO

| | |
|---|--|
| Documenti e titoli <u>obbligatori</u> (art. 5 bando) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Certificazione emessa dall'Ateneo o, se il candidato è cittadino dell'Unione Europea (vedasi art. 5 c. 5 del bando), autocertificazione del titolo accademico (conseguito o da conseguire entro il 31 ottobre 2023) per l'ammissione al dottorato con relativa valutazione e valutazione massima raggiungibile; 2. Curriculum vitae et studiorum, datato e firmato; 3. Copia di un documento d'identità personale in corso di validità (per i cittadini di paesi non appartenenti all'Unione Europea copia del passaporto, in particolare le pagine con numero del documento, fotografia, dati anagrafici, luogo e data di rilascio, data di scadenza); 4. Un progetto di ricerca, datato e firmato, elaborato in coerenza con la tematica d'interesse, che evidenzia l'apporto che il candidato può offrire allo sviluppo della tematica stessa (limite indicativo 10.000 caratteri, spazi inclusi, in lingua inglese). |
|---|--|

2) La pubblicazione della graduatoria generale dei candidati ammessi al corso è prevista entro il 26 settembre 2023 e non entro il 22 settembre 2023.

Modalità di svolgimento del concorso e calendario prove

Valutazione titoli e prova orale.
Per la valutazione, tesa ad accertare l'attitudine del candidato alla ricerca scientifica e la sua preparazione di base ai fini dello svolgimento del programma del corso, la Commissione dispone di 100 punti, di cui 30 punti per la valutazione dei titoli e 70 punti per la prova orale.
Sono ammessi alla prova orale i candidati che conseguono almeno 18 punti nella valutazione dei titoli. Il superamento della prova orale prevede il conseguimento di almeno 49 punti. L'idoneità al corso di dottorato si consegue superando la prova orale. Ai soli candidati idonei, il punteggio della valutazione dei titoli verrà sommato al punteggio ottenuto nella prova orale.
DATA PUBBLICAZIONE LISTA AMMESSI ALLA PROVA ORALE: entro il 12 settembre 2023.
DATA PUBBLICAZIONE GRADUATORIA GENERALE AMMESSI AL CORSO: entro il 26 settembre 2023.

3) La scheda 3 "Informatica e intelligenza artificiale" con le correzioni citate costituisce parte integrante del presente decreto.

Il Rettore
prof. Roberto Pinton

Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs 82/2005 s.m.i. e norme collegate, il quale sostituisce il documento cartaceo e la firma autografa.



SCHEMA 3 - Dottorato di ricerca in INFORMATICA E INTELLIGENZA ARTIFICIALE

| IL CORSO DI DOTTORATO | |
|---|--|
| Sede amministrativa | Università degli Studi di Udine, Dipartimento di Scienze Matematiche, Informatiche e Fisiche (DMIF) – via delle Scienze 206, 33100 Udine (tel. +39 0432 558400). |
| Sede convenzionata | Fondazione Bruno Kessler – via Santa Croce, n. 77 – 38122 Trento (TN). |
| Sede dell'attività formativa, didattica e di ricerca | L'attività formativa e didattica si svolgerà prevalentemente presso la sede amministrativa del corso o altre sedi dell'Università degli Studi di Udine. Il programma di ricerca sarà sviluppato prevalentemente, con riferimento alla borsa (v. art. 11 del bando) e/o al supervisore assegnato, presso una delle seguenti sedi: amministrativa, convenzionata, del finanziatore della borsa (qualora soggetto esterno). |
| Coordinatore | Prof. Federico Fontana (coordinatore.iai@liste.uniud.it) |
| Durata del corso | 3 anni |
| Curriculum | - |
| Tematiche di ricerca | <ul style="list-style-type: none"> - Algoritmica - Analisi della scena acustica - Biologia computazionale e Bioinformatica - Blockchain e Digital ledger technologies - Crowdsourcing e IA Human-in-the-loop - Digital humanities - Digitalizzazione 3D basata sull'intelligenza artificiale - Elaborazione del linguaggio naturale - Informatica medica, Telemedicina ed e-Sanità - Information retrieval - Ingegneria del software - Intelligenza artificiale per l'agroalimentare - Intelligenza computazionale e ottimizzazione - Interazione uomo-macchina, Interfacce multimodali - Internet of things: piattaforme e tecnologie - Logica per l'informatica - Machine learning e Deep learning - Metodi formali e Verifica automatica - Metodologie, linguaggi e tecniche per la risoluzione di problemi in intelligenza artificiale - Modelli e applicazioni dei sistemi distribuiti - Monitoraggio, diagnostica e manutenzione predittiva - Pianificazione automatica e scheduling - Rappresentazione della conoscenza e Ragionamento automatico - Realtà virtuale, Serious games - Scienza dei dati e Big data analytics - Sicurezza informatica - Sistemi autonomi - Social systems e Sistemi di raccomandazione - Visione artificiale. |
| Sito corso | https://www.uniud.it/it/ricerca/lavorare-nella-ricerca/dottorato-ricerca/inostoricorsi/area-physical-science-and-engineering/informatica-e-intelligenza-artificiale/il-dottorato https://www.dmif.uniud.it/dottorato/iai/ https://phd.fbk.eu/ |

| REQUISITI DI PARTECIPAZIONE | |
|---|--|
| Titolo di studio | Laurea (ante D.M. 509/99) o Laurea Specialistica/Magistrale (ex D.M. 509/99 e D.M. 270/04). Per i titoli di studio conseguiti all'estero vedi art. 3 e 4 del bando. |
| Conoscenza della seguente lingua straniera | Inglese |

| DOCUMENTI E TITOLI DA ALLEGARE ALLA DOMANDA DI AMMISSIONE AL CONCORSO | |
|---|---|
| Documenti e titoli obbligatori (art. 5 bando) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Certificazione emessa dall'Ateneo o, se il candidato è cittadino dell'Unione Europea (vedasi art. 5 c. 5 del bando), autocertificazione del titolo accademico (conseguito o da conseguire entro il 31 ottobre 2023) per l'ammissione al dottorato con relativa valutazione e valutazione massima raggiungibile; 2. Curriculum vitae et studiorum, datato e firmato; 3. Copia di un documento d'identità personale in corso di validità (per i cittadini di paesi non appartenenti all'Unione Europea copia del passaporto, in particolare le pagine con numero del documento, fotografia, dati anagrafici, luogo e data di rilascio, data di |



SCHEMA 3 - Dottorato di ricerca in INFORMATICA E INTELLIGENZA ARTIFICIALE

| | |
|--|---|
| | <p>scadenza);</p> <p>4. Un progetto di ricerca, datato e firmato, elaborato in coerenza con la tematica d'interesse, che evidenzia l'apporto che il candidato può offrire allo sviluppo della tematica stessa (limite indicativo 10.000 caratteri, spazi inclusi, in lingua inglese).</p> |
| Documenti e titoli facoltativi che verranno utilizzati per la valutazione qualora presentati (art. 5 bando) | <p>1. Pubblicazioni (max 3);</p> <p>2. Lettere di referenza (max 2), da parte di docenti universitari, ricercatori scientifici o esperti nelle tematiche di ricerca del Dottorato (art. 6 del bando);</p> <p>3. Certificazione emessa dall'Ateneo o, se il candidato è cittadino dell'Unione Europea (vedasi art. 5 c. 5 del bando), autocertificazione degli esami (lista esami con: valutazioni singole; valutazione media; valutazione massima raggiungibile) sostenuti durante i corsi di Laurea Specialistica/Magistrale oppure durante i corsi di laurea ante D.M. 509/99 oppure durante i percorsi accademici svolti all'estero equivalenti ai corsi di Laurea Specialistica/Magistrale;</p> <p>4. Certificazione emessa dall'Ateneo o, se il candidato è cittadino dell'Unione Europea (vedasi art. 5 c. 5 del bando), autocertificazione del titolo accademico e degli esami (lista esami con: valutazioni singole; valutazione media; valutazione massima raggiungibile) sostenuti durante i corsi di laurea triennale oppure durante i percorsi accademici svolti all'estero equivalenti ai corsi di Laurea triennale;</p> <p>5. Abstract in lingua italiana o inglese (tra 15.000 e 25.000 caratteri, spazi inclusi) della tesi di laurea sottoscritto dal proprio relatore oppure autocertificato. L'abstract dev'essere presentato anche dai candidati che, alla data di scadenza del bando, non hanno ancora conseguito il titolo che garantisce l'accesso al corso.</p> |
| Tutti i titoli devono essere presentati esclusivamente in formato PDF, datati e firmati dal candidato. | |

COMMISSIONE GIUDICATRICE

| | |
|-------------------------|---|
| Membri effettivi | Vincenzo Della Mea – professore associato – Università di Udine Federico Fontana – professore associato – Università di Udine Giuseppe Serra – professore associato – Università di Udine |
| Membri supplenti | Christian Micheloni – professore ordinario – Università di Udine Carlo Drioli – professore associato – Università di Udine |

MODALITÀ DI AMMISSIONE

CONCORSO GENERALE (art. 8 del bando)

Posti disponibili: 6

| Descrizione posti | N. | Finanziatore | Importo lordo annuo | Programmi di ricerca |
|---------------------------|----|--|---------------------|--|
| Posti CON BORSA: 6 | 1 | D.M. 117 del 2 marzo 2023 (PNRR Missione 4 Componente 2 Investimento/Subinvestimento 3.3) e BeanTech S.R.L. CUP G23C23001180005 | € 16.243,00 | Tematica 1.1 - Integrazione di sistemi di intelligenza artificiale basati su large language model, code interpreter e generative AI a soluzioni di analisi di dati |
| | 1 | D.M. 117 del 2 marzo 2023 (PNRR Missione 4 Componente 2 Investimento/Subinvestimento 3.3) e BeanTech S.R.L. CUP G23C23001180005 | € 16.243,00 | Tematica 1.2 - Applicazione industriale di "copilot" ai fini di parametrizzazione ricette di sistemi industriali (es. tuning algoritmi su nuove produzioni) |
| | 1 | D.M. 117 del 2 marzo 2023 (PNRR Missione 4 Componente 2 Investimento/Subinvestimento 3.3) e EYE-TECH | € 16.243,00 | Tematica 1.3 - Studio e progettazione di algoritmi di intelligenza artificiale per il controllo qualità dei processi produttivi |



SCHEMA 3 - Dottorato di ricerca in INFORMATICA E INTELLIGENZA ARTIFICIALE

| | | | | |
|--|---|---|-------------|---|
| | | S.R.L. CUP G23C23001180005 | | |
| | 1 | D.M. 117 del 2 marzo 2023 (PNRR Missione 4 Componente 2 Investimento/Subinvestimento 3.3) e TeSi ELETTRONICA E SISTEMI INFORMATIVI S.p.A. CUP G23C23001180005 | € 16.243,00 | Tematica 1.4 - Intelligenza artificiale per il supporto alla decisione in anatomia patologica |
| | 1 | D.M. 118 del 2 marzo 2023 (PNRR Missione 4 Componente 1 Investimento/Subinvestimento 4.1) e Università degli Studi di Udine CUP G23C23001240003 | € 16.243,00 | Tematica 1.5 - Visione Artificiale per il tracciamento della fauna selvatica in ambienti non controllati |
| | 1 | D.M. 118 del 2 marzo 2023 (PNRR Missione 4 Componente 1 Investimento/Subinvestimento 4.1) e Università degli Studi di Udine CUP G23C23001350003 | € 16,243.00 | Tematica 1.6 - Machine learning per il supporto alla decisione nell'interpretazione delle immagini di anatomia patologica |

Modalità di svolgimento del concorso e calendario prove

Valutazione titoli e prova orale.

Per la valutazione, tesa ad accertare l'attitudine del candidato alla ricerca scientifica e la sua preparazione di base ai fini dello svolgimento del programma del corso, la Commissione dispone di 100 punti, di cui 30 punti per la valutazione dei titoli e 70 punti per la prova orale.

Sono ammessi alla prova orale i candidati che conseguono almeno 18 punti nella valutazione dei titoli. Il superamento della prova orale prevede il conseguimento di almeno 49 punti. L'idoneità al corso di dottorato si consegue superando la prova orale. Ai soli candidati idonei, il punteggio della valutazione dei titoli verrà sommato al punteggio ottenuto nella prova orale.

DATA PUBBLICAZIONE LISTA AMMESSI ALLA PROVA ORALE: entro il 12 settembre 2023.

DATA PUBBLICAZIONE GRADUATORIA GENERALE AMMESSI AL CORSO: entro il 26 settembre 2023.

| | | |
|--|---|--|
| Lingue in cui possono essere sostenute le prove d'esame | Italiano o Inglese | |
| Valutazione titoli | Curriculum vitae et studiorum, titolo accademico, esami e abstract tesi di laurea | Max 18 punti |
| | Progetto di ricerca, pubblicazioni scientifiche e lettere di referenza | Max 12 punti |
| Prova orale | Bonus iniziale | Fino a 2/3 dei punti ottenuti alla valutazione titoli |
| | Colloquio sui titoli presentati finalizzato anche a valutare la preparazione del candidato su argomenti fondamentali di informatica e intelligenza artificiale, nonché la piena idoneità a fruire, se opzionate, di una borsa finanziata da enti esterni. Lettura e comprensione di un breve testo scientifico in lingua inglese. | Max 50 punti |
| Calendario prova orale | Data | 21 settembre 2023 |
| | Ora | 09:30 |
| | Luogo | Dipartimento di Scienze Matematiche, Informatiche e Fisiche (DMIF) - Sala Riunioni – via delle Scienze 206, 33100 Udine https://www.dmif.uniud.it/il-dipartimento/sedi/ |



SCHEDA 3 - Dottorato di ricerca in INFORMATICA E INTELLIGENZA ARTIFICIALE

Modalità di svolgimento del concorso e calendario prove

La prova orale potrà essere svolta in più giorni. La prova può essere sostenuta a distanza dietro motivata richiesta ed entro i limiti previsti da bando (art. 8 comma 4).
Per sostenere le prove i candidati devono esibire un documento di riconoscimento.

Descrizione tematiche di ricerca

Tematica di ricerca 1.1 - Integrazione di sistemi di intelligenza artificiale basati su large language model, code interpreter e generative AI a soluzioni di analisi di dati

D.M. 117 del 2 marzo 2023 (PNRR Missione 4 Componente 2 Investimento/Subinvestimento 3.3)

Coerenza della ricerca proposta con gli ambiti di interesse PNRR:

Il programma è coerente con il tema Digitalizzazione e Innovazione Tecnologica.

Obiettivi e risultati attesi, attività di ricerca proposta, metodologie e contenuti:

La ricerca si focalizzerà sullo studio e analisi di tecniche e metodi di Intelligenza Artificiale con particolare riferimento alle tecniche di AI generative e alle tecniche che fanno uso di large language model e di code interpreter applicati a soluzioni di analisi di dati. In particolare, saranno studiate tecniche di AI generative per la creazione di nuovi modelli di apprendimento in grado di generare nuovi contenuti, come testi, immagini, musica o video. Saranno studiati inoltre large language model (come ad esempio CHAT-GPT) che addestrati su grandi quantità di dati testuali riescono a comprendere e generare un linguaggio simile a quello umano. Il processo di addestramento dei large language model prevede l'esposizione del modello a un vasto corpus di dati. Il modello impara a prevedere la parola successiva in una frase in base al contesto fornito dalle parole precedenti. Questo processo consente al modello di comprendere la grammatica, la sintassi e persino le relazioni semantiche tra le parole.

Periodo all'estero (obbligatorio): 6 mesi

Dati soggetto estero ospitante: da definire

Periodo in impresa (obbligatorio): 18 mesi, anche non continuativi

Dati impresa:

beanTech s.r.l.
sede legale Via Ivrea, 5 - 33100 Udine UD

Attività di ricerca da svolgere in impresa:

Durante il periodo di permanenza in impresa saranno svolti i test e gli esperimenti su dati reali. Sarà svolta la fase di validazione dei prototipi sui dati già reperiti in relazione a parametri di valutazione riconosciuti nella Comunità Scientifica Internazionale e verifica finale degli algoritmi sviluppati.

Coerenza del programma dottorale con i principi e gli obblighi specifici del PNRR:

- priorità trasversali: Il programma dottorale ha piena coerenza con i principi e gli obblighi specifici del PNRR, ed in particolare con le sue priorità trasversali.
- transizioni gemelle (green e digitale): Il programma dottorale terrà conto, per quanto possibile, delle transizioni gemelle (green e digitale)
- non arrecare un danno significativo – DNSH: La realizzazione delle attività progettuali prevede di non arrecare un danno significativo agli obiettivi ambientali (c.d. principio del “Do No Significant Harm” (DNSH)), ai sensi dell'articolo 17 del Regolamento (UE) 2020/852.
- open science e FAIR Data: i risultati ottenuti saranno trattati in accordo con i principi di Open science e FAIR Data.

Professore/ricercatore di riferimento:

prof. Gianluca Foresti

Tematica di ricerca 1.2 - Applicazione industriale di “copilot” ai fini di parametrizzazione ricette di sistemi industriali (es. tuning algoritmi su nuove produzioni)

D.M. 117 del 2 marzo 2023 (PNRR Missione 4 Componente 2 Investimento/Subinvestimento 3.3)

Coerenza della ricerca proposta con gli ambiti di interesse PNRR:

Il programma è coerente con il tema Digitalizzazione e Innovazione Tecnologica.

Obiettivi e risultati attesi, attività di ricerca proposta, metodologie e contenuti:

Il progetto di ricerca si propone di studiare e realizzare un co-pilot basato su algoritmi di AI in grado di guidare un operatore nel progetto e sviluppo di soluzioni industriali per analisi ed elaborazione di immagini complesse. L'obiettivo è di sviluppare un metodo che permetta di adattare una rete neurale, addestrata sui dati di un particolare processo industriale, a un nuovo processo, modificando in automatico i parametri della rete in base alle caratteristiche e alle prestazioni del nuovo processo. Il sistema sviluppato potrà essere testato per lo studio e l'analisi di nuovi approcci a



SCHEDA 3 - Dottorato di ricerca in INFORMATICA E INTELLIGENZA ARTIFICIALE

problemi esistenti, per la definizione e scelta di parametri in nuovi contesti applicativi, per la possibile estensione di funzionalità in sistemi applicativi esistenti. Il progetto prevede una fase di raccolta e analisi dei dati relativi a diversi processi industriali, una fase di analisi dello stato dell'arte sui principali algoritmi per il transfer learning e per il tuning automatico dei parametri intrinseci di una rete neurale, lo sviluppo di un modello di rete neurale in grado di apprendere da diversi tipi di dati e di processi partendo da una struttura e da un set di parametri iniziali fissati a priori e lo sviluppo di un algoritmo di training che effettui il tuning della rete neurale sviluppata adattandosi al processo da modellare.

Periodo all'estero (obbligatorio): 6 mesi

Dati soggetto estero ospitante: da definire

Periodo in impresa (obbligatorio): 18 mesi, anche non continuativi

Dati impresa:

beanTech s.r.l.

sede legale Via Ivrea, 5 - 33100 Udine UD

Attività di ricerca da svolgere in impresa:

Durante il periodo di permanenza in impresa saranno svolti i test e gli esperimenti su dati reali. In particolare, sarà svolta la fase di validazione dei prototipi sui dati già reperiti in relazione a parametri di valutazione riconosciuti nella Comunità Scientifica Internazionale e verifica finale degli algoritmi sviluppati.

Coerenza del programma dottorale con i principi e gli obblighi specifici del PNRR:

- priorità trasversali: Il programma dottorale ha piena coerenza con i principi e gli obblighi specifici del PNRR, ed in particolare con le sue priorità trasversali.
- transizioni gemelle (green e digitale): Il programma dottorale terrà conto, per quanto possibile, delle transizioni gemelle (green e digitale)
- non arrecare un danno significativo – DNSH: La realizzazione delle attività progettuali prevede di non arrecare un danno significativo agli obiettivi ambientali (c.d. principio del “Do No Significant Harm” (DNSH)), ai sensi dell'articolo 17 del Regolamento (UE) 2020/852.
- open science e FAIR Data: i risultati ottenuti saranno trattati in accordo con i principi di Open science e FAIR Data.

Professore/ricercatore di riferimento:

prof. Gian Luca Foresti

Tematica di ricerca 1.3 - Studio e progettazione di algoritmi di intelligenza artificiale per il controllo qualità dei processi produttivi

D.M. 117 del 2 marzo 2023 (PNRR Missione 4 Componente 2 Investimento/Subinvestimento 3.3)

Coerenza della ricerca proposta con gli ambiti di interesse PNRR:

Lo studio e la progettazione di algoritmi di intelligenza artificiale per il controllo qualità dei processi produttivi rappresenta una coerenza con il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) sotto diversi aspetti. Innanzitutto, il PNRR promuove la digitalizzazione e l'innovazione tecnologica come pilastri fondamentali per la modernizzazione dell'economia italiana. Lo sviluppo di algoritmi di intelligenza artificiale per il controllo qualità dei processi produttivi rappresenta un'applicazione diretta di queste tecnologie all'ambito industriale, consentendo un miglioramento significativo nell'efficienza e nella precisione dei controlli qualitativi. Inoltre, il PNRR sottolinea l'importanza dello sviluppo delle competenze digitali e della formazione per garantire la prontezza della forza lavoro italiana ad affrontare le sfide dell'economia digitale. Lo studio e la progettazione di algoritmi di intelligenza artificiale richiedono competenze specializzate nel campo dell'IA e della data science, e il loro sviluppo e applicazione favoriscono la crescita delle competenze digitali e l'innovazione tecnologica nel settore produttivo. In conclusione, lo studio e la progettazione di algoritmi di intelligenza artificiale per il controllo qualità dei processi produttivi si allineano con le priorità e gli obiettivi del PNRR, promuovendo la digitalizzazione, l'innovazione tecnologica, la competitività delle imprese e lo sviluppo delle competenze digitali nell'ambito industriale italiano.

Obiettivi e risultati attesi, attività di ricerca proposta, metodologie e contenuti (comprensiva dell'attività di ricerca da svolgere in impresa):

Gli obiettivi che ci si propone di ottenere mediante il progetto di ricerca, riguardano lo studio e la progettazione di un sistema di intelligenza artificiale basato su algoritmi di machine vision, che sia in grado di riconoscere anomalie e difetti su specifici componenti realizzati da industrie che operano nei settori del mobile e dell'automotive dove, attualmente, l'individuazione di prodotti “difettati”, anche in piccole percentuali, comporta lo scarto dell'intero lotto di produzione con ricadute economiche molto elevate per l'azienda che le ha prodotte. Le attività di ricerca in questo ambito dovranno seguire un percorso suddiviso su più fasi a partire dallo studio e l'analisi dello stato dell'arte per la ricerca dei migliori algoritmi di intelligenza artificiale in ambito vision da utilizzare o adattare per gli scopi prefissati, allo sviluppo prototipale di algoritmi in grado di elaborare il dato acquisito mediante sensori eterogenei (telecamere tradizionali, sensori di profondità, scanner 3D, ecc.) supportati anche da sistemi di automazione robotici. I risultati attesi dovranno dimostrare l'efficacia e la robustezza degli algoritmi realizzati per una loro successiva introduzione ed utilizzo in ambienti operativi industriali dove il controllo qualità ha sempre più la necessità di un supporto da parte di sistemi innovativi di intelligenza artificiale.

Il progetto di ricerca si focalizza sullo studio e lo sviluppo di algoritmi e sistemi di intelligenza artificiale nel campo della computer vision, con l'obiettivo di affrontare il problema del rilevamento di anomalie e difetti attraverso sistemi di sensori visivi. Oltre a quanto precedentemente delineato, gli obiettivi generali del progetto includono l'analisi dello stato dell'arte delle tecniche di intelligenza artificiale e computer vision



SCHEMA 3 - Dottorato di ricerca in INFORMATICA E INTELLIGENZA ARTIFICIALE

applicare al rilevamento di anomalie, nonché lo sviluppo di nuovi metodi e approcci per migliorare l'accuratezza e l'efficienza del rilevamento di difetti nei componenti industriali.

Gli obiettivi specifici del progetto sono i seguenti:

1. Analizzare lo stato dell'arte degli algoritmi di intelligenza artificiale e computer vision per il rilevamento di anomalie visive, al fine di identificare le tecniche più promettenti e le aree di ricerca che richiedono ulteriori sviluppi.
2. Sviluppare prototipi di algoritmi di machine vision in grado di elaborare immagini catturate da diversi tipi di sensori, come telecamere tradizionali, sensori di profondità e scanner 3D, per identificare anomalie e difetti nei componenti industriali.
3. Integrare gli algoritmi sviluppati con eventuali sistemi di automazione robotici, al fine di migliorare l'efficienza del processo di ispezione e ridurre il tempo necessario per il rilevamento di difetti.
4. Testare e valutare le prestazioni e la robustezza degli algoritmi sviluppati su diversi casi di studio e scenari realistici, al fine di determinare l'efficacia delle soluzioni proposte e identificare eventuali aree di miglioramento.
5. Studiare l'impatto economico e ambientale dell'implementazione dei sistemi di intelligenza artificiale per il rilevamento di anomalie nei settori identificati in accordo con l'azienda coinvolta nel progetto formativo, valutando i potenziali benefici in termini di riduzione degli scarti di produzione e dei costi associati.
6. Diffondere i risultati della ricerca attraverso pubblicazioni scientifiche, presentazioni a conferenze e workshop, e collaborazioni con partner industriali e accademici, al fine di promuovere lo sviluppo e l'adozione di soluzioni innovative nel campo del rilevamento di anomalie basate su intelligenza artificiale e computer vision.

Le attività principali di ricerca che si dovranno svolgere in azienda saranno le seguenti: 1) Studio e analisi dello stato dell'arte per la ricerca di algoritmi di intelligenza artificiale da poter utilizzare per il raggiungimento degli obiettivi prefissati. 2) Analisi concettuale dei requisiti di sistema hardware e software e definizione dell'architettura logica di sistema. 3) Progettazione di algoritmi e procedure per la ricerca e la verifica di anomalie/difetti. 4) Integrazione dei moduli per la validazione del sistema e verifica dei risultati.

Nei settori industriali come quelli riguardanti la produzione di accessori per l'industria del mobile e dell'automotive richiede, in un'ottica di Lean Manufacturing, un controllo qualità preciso e accurato che tuttora viene svolto dal personale incaricato con dei bassi livelli di accuratezza, dovuti alla difficoltà di rilevare in modo costante le anomalie che definiscono il prodotto come scarto. La ricerca, in questo ambito, di soluzioni tecnologiche di intelligenza artificiale per il controllo automatizzato a supporto dei processi produttivi, consentirebbe il raggiungimento di un alto livello di innovazione garantendo standard di qualità elevati. Inoltre, il raggiungimento degli obiettivi prefissati permetterebbe una migliore gestione degli sprechi oltre ad un miglioramento dell'intero processo produttivo dove le percentuali di scarto, soprattutto nella produzione di queste tipologie di prodotti, raggiungono valori ancora molto elevati.

Valore aggiunto derivante all'azienda dalla realizzazione del progetto (es. prospettive di crescita aziendale, occupazionale, del settore, etc): Il controllo qualità dei processi produttivi è un tema sensibile in diversi settori industriali, soprattutto in quelli dove la ricerca delle anomalie viene ancora effettuata "a mano" dal personale incaricato. Al giorno d'oggi, le criticità che le aziende di questi settori produttivi stanno riscontrando e che considerano come un tema importante sul quale porre la massima attenzione anche nei prossimi anni, riguarda soprattutto le difficoltà nel trovare personale competente che sia disposto a supportare l'azienda in mansioni di questo genere. Non solo, su linee produttive di ultima generazione dove la capacità di realizzazione di ogni prodotto ha raggiunto livelli di velocità elevati, richiede al tempo stesso dei sistemi di controllo automatizzati, affidabili, in grado di garantire elevati livelli di qualità e ridurre, di conseguenza, gli scarti. La ricerca in questo ambito consentirebbe di individuare soluzioni innovative e concrete riguardo a problemi reali che si stanno verificando in diversi settori industriali, permettendo ad Eye-Tech di crescere in tempi brevi sia per quanto riguarda il know-out e le competenze su come poter al meglio sfruttare l'intelligenza artificiale nell'ambito del Lean Manufacturing, sia per la capacità di poter assumere e formare nuovi collaboratori tecnici con specifiche competenze per attività come quelle di ricerca e sviluppo.

Tra i risultati attesi del progetto di ricerca in termini di pubblicazioni e attività di disseminazione, si prevede la produzione di almeno tre contributi scientifici di rilievo, pubblicati in riviste e conferenze di settore. Di seguito sono riportate alcune affermazioni specifiche riguardanti questi risultati attesi:

1. Si prevede la pubblicazione di almeno un articolo in una rivista scientifica internazionale con revisori, in cui verranno presentati i risultati ottenuti nello sviluppo degli algoritmi di intelligenza artificiale e computer vision per il rilevamento di anomalie e difetti nei componenti industriali.
2. Si prevede la presentazione di almeno due contributi in conferenze internazionali di alto livello nel campo dell'intelligenza artificiale e della computer vision, con l'obiettivo di condividere i risultati della ricerca con la comunità scientifica e ricevere feedback per ulteriori miglioramenti e sviluppi futuri.
3. Le attività di disseminazione includeranno anche la partecipazione a workshop e seminari, sia a livello nazionale che internazionale, per discutere i risultati ottenuti e promuovere la collaborazione con altri ricercatori e gruppi di ricerca nel campo dell'intelligenza artificiale e della computer vision applicata al rilevamento di anomalie.

Periodo all'estero (obbligatorio): 6 mesi

Dati soggetto estero ospitante: da definire

Periodo in impresa (obbligatorio): 18 mesi

Dati impresa:

Eye-Tech SRL
Via Prasecco 3/A
33170 Pordenone

Coerenza del programma dottorale con i principi e gli obblighi specifici del PNRR:



SCHEDA 3 - Dottorato di ricerca in INFORMATICA E INTELLIGENZA ARTIFICIALE

- priorità trasversali: Un programma di dottorato in visione artificiale e intelligenza artificiale (AI) che si concentra specificamente sulla rilevazione di anomalie e difetti tramite la visione artificiale sta incoraggiando STEM per alcuni gruppi sottorappresentati, costruendo diversità e migliorando la sostenibilità. Questo programma offre opportunità di ricerca e formazione avanzata nel campo della visione artificiale e dell'AI, con un focus specifico sulla rilevazione di anomalie e difetti utilizzando tecniche di visione artificiale. Attraverso l'inclusione di gruppi sottorappresentati, come donne e minoranze, il programma mira a promuovere la diversità nel campo STEM. Inoltre, l'applicazione di tecniche di visione artificiale per la rilevazione di anomalie e difetti può contribuire a migliorare la sostenibilità in vari settori, come l'industria manifatturiera e l'automazione dei processi, riducendo gli sprechi e migliorando l'efficienza complessiva.

- transizioni gemelle (green e digitale): Un programma di dottorato come quello descritto, incentrato sulla visione artificiale e sull'IA per la rilevazione di anomalie e difetti, avrebbe un impatto significativo sull'innovazione digitale e sulla transizione verso un'economia più verde. Attraverso la ricerca e lo sviluppo di nuove tecniche e algoritmi per la visione artificiale, il programma stimolerebbe l'innovazione digitale nel campo della rilevazione di anomalie e difetti, consentendo alle imprese di identificare e risolvere problemi in modo più efficiente e accurato. Ciò potrebbe portare a una maggiore produttività, riduzione degli sprechi e miglioramento della qualità dei prodotti. Inoltre, l'applicazione di queste tecnologie all'interno di settori chiave dell'economia, come l'industria manifatturiera e l'automazione dei processi, favorirebbe una transizione verso un'economia più verde, in quanto consentirebbe una gestione più efficiente delle risorse, una riduzione degli impatti ambientali e una maggiore sostenibilità complessiva.

- non arrecare un danno significativo - DNSH: gli studenti del dottorato hanno accesso agli strumenti per ridurre i danni significativi all'ambiente, promuovendo un uso responsabile delle risorse e incorporando l'etica nella ricerca. Molti progetti si concentrano sulla risoluzione di sfide ambientali reali allineate con gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile delle Nazioni Unite, posizionando i laureati per promuovere soluzioni sostenibili attraverso l'innovazione dell'IA.

- Open science e FAIR Data: il programma incoraggia gli studenti ad adottare i principi di Open Science e FAIR Data, garantendo trasparenza, riproducibilità e riutilizzo delle conoscenze. I programmi incoraggiano la condivisione di modelli, codice, set di dati e risultati sperimentali attraverso piattaforme come GitHub, Zenodo, Kaggle e altre. Gli studenti pubblicano documenti aperti consentendo ai futuri collaboratori di basarsi sulle intuizioni esistenti e di accelerare i progressi verso obiettivi comuni. Sottolineare i principi dei dati FAIR aiuta a combattere le distorsioni dei dati, a prevenire i silos informativi, a consentire l'analisi interdisciplinare e a promuovere la raccolta di intelligenza collettiva per migliorare i risultati dell'AI.

Professore/ricercatore di riferimento:
prof. Niki Martinel

Tematica di ricerca 1.4 - Intelligenza Artificiale per il supporto alla decisione in Anatomia Patologica

D.M. 117 del 2 marzo 2023 (PNRR Missione 4 Componente 2 Investimento/Subinvestimento 3.3)

Coerenza della ricerca proposta con gli ambiti di interesse PNRR:

Il progetto si fonda sui pilastri PNRR "Trasformazione digitale" e "Salute e resilienza", con risultati attesi pertinenti alla tematica PNRR "M6C2: Innovazione, ricerca e digitalizzazione del Servizio Sanitario Nazionale".

Obiettivi e risultati attesi, attività di ricerca proposta, metodologie e contenuti:

L'obiettivo principale riguarda lo studio di metodologie e tecniche per il supporto alla decisione in Anatomia Patologica, con particolare ma non esclusivo riferimento all'utilizzo di tecniche di machine learning che concorrano a semplificare il lavoro dei patologi, per esempio prioritizzando le liste di lavoro, identificando aree sospette nei tessuti, semplificando la quantificazione dei marker immunoistochimici, ma anche supportandola tracciabilità dei campioni nel workflow del laboratorio.

Obiettivi più specifici includono:

- l'analisi di immagini istologiche tramite sistemi di deep learning anche in un'ottica multimodale che comprenda l'utilizzo di dati quali quelli anagrafici o di laboratorio. In questo caso, il supporto alla decisione potrà avere scopo diagnostico o prognostico. L'obiettivo delle analisi potrà riguardare i principali ambiti in cui in questo momento la ricerca si sta focalizzando, quali segmentazione, classificazione, quantificazione.
- Anche grazie al periodo di ricerca in azienda, lo studio del workflow supportato dai sistemi informativi di laboratorio permetterà di identificare modelli per l'integrazione tra sistemi informativi di Anatomia Patologica e i sistemi di AI, nell'ottica della digitalizzazione completa del flusso di lavoro, e di individuare situazioni in cui l'applicazione di tecniche di machine learning potrà consentire di ottimizzare il flusso di lavoro.

Attività

Per raggiungere l'obiettivo verranno poste in atto le seguenti attività:

- A) revisione della letteratura e identificazione dello stato dell'arte riguardo l'analisi di immagini da microscopio;
- B) selezione di uno o più case studies per i quali siano disponibili delle baseline significative, su cui focalizzare l'attenzione per la sperimentazione di alcune tecniche innovative;
- C) predisposizione di una metodologia per la raccolta e selezione di vetrini digitali in un ambito applicativo concreto, da utilizzare per una validazione clinica dei risultati ottenuti, anche al fine di verificare la loro generalizzabilità. In questa fase si studieranno anche le tecniche di annotazione assistita dal computer più adeguate per ridurre l'impatto sul carico di lavoro dell'esperto;
- D) Studio sistematico del workflow supportato dai sistemi informativi di laboratorio in un caso di studio concreto;
- E) Una volta affrontate le tematiche più prettamente scientifiche, verrà anche progettata un'ipotesi tecnologica per lo sfruttamento dei modelli sviluppati, integrandoli nel flusso di lavoro tipicamente supportato dai sistemi informativi di Anatomia Patologica, nell'ottica della digitalizzazione completa degli stessi.



SCHEDA 3 - Dottorato di ricerca in INFORMATICA E INTELLIGENZA ARTIFICIALE

Risultati attesi

1. lo sviluppo di uno o più modelli di classificazione e/o segmentazione dei tessuti istologici nei case studies identificati, ottenuti sperimentando diverse tecniche di deep learning da CNN a Visual Transformers, con e senza l'integrazione di dati esterni;
2. costituzione di un dataset di vetrini digitali pertinenti, che possa fungere da riferimento per ulteriori sperimentazioni; se possibile, il dataset sarà reso disponibile secondo i principi FAIR;
3. valutazione dell'efficacia dei modelli in un setting reale, costituito da vetrini acquisiti in più laboratori di Anatomia Patologica, per comprenderne la reale utilizzabilità clinica;
4. modellazione di una metodologia di integrazione di modelli di analisi di immagine all'interno di sistemi informativi di Anatomia Patologica che consenta l'utilizzo degli stessi e di eventuali modelli sviluppati nel futuro ai fini clinici;
5. identificazione di aree nel flusso di lavoro di laboratorio in cui applicare ulteriori tecniche di machine learning;
6. pubblicazione di almeno 3 articoli su riviste internazionali indicizzate e di almeno 4 articoli su atti di conferenze.

Periodo all'estero (obbligatorio): 6 mesi

Dati soggetto estero ospitante: da identificare

Periodo in impresa (obbligatorio): 15 mesi

Dati impresa:

TeSi ELETTRONICA E SISTEMI INFORMATIVI S.p.A.
Sede legale: Milano – CAP 20145 – Via Mascheroni, 14
Sede operativa: Pianiga (VE) – Via Friuli Venezia Giulia, 77

Attività di ricerca da svolgere in impresa:

Con riferimento alle attività precedentemente descritte, quelle da effettuare in impresa sono:

- B) selezione di uno o più case studies per i quali siano disponibili delle baseline significative, su cui focalizzare l'attenzione per la sperimentazione di alcune tecniche innovative, con acquisizione dei casi necessari alle sperimentazioni.
- D) Studio sistematico del workflow supportato dai sistemi informativi di laboratorio in un caso di studio concreto con identificazione dei nodi migliorabili tramite machine learning;
- E) Una volta affrontate le tematiche più prettamente scientifiche, verrà anche progettata un'ipotesi tecnologica per lo sfruttamento dei modelli sviluppati, integrandoli nel flusso di lavoro tipicamente supportato dai sistemi informativi di Anatomia Patologica, nell'ottica della digitalizzazione completa degli stessi.

Coerenza del programma dottorale con i principi e gli obblighi specifici del PNRR:

Il programma di dottorato in Informatica & Intelligenza Artificiale nel suo complesso è organizzato per rispettare le priorità trasversali del PNRR, in particolare la partecipazione delle donne e dei gruppi sottorappresentati nei settori STEM, e favorire diversità ed inclusione. In particolare, a tutti i dottorandi dell'Ateneo è offerto un corso trasversale di "Diversità e inclusione nel Team di lavoro". In generale, il programma di dottorato contribuisce direttamente al raggiungimento degli SDG 4 e 5, e può contribuire a diversi altri SDG dipendentemente dalle tecnologie ideate, sperimentate e valutate nei singoli progetti di dottorato. I dottorandi hanno anche modo di pubblicare i loro risultati secondo i principi FAIR, e gli accordi integrativi con i principali editori di editoria scientifica rendono relativamente facile pubblicare gli articoli scientifici in modalità open access.

Il presente progetto è inoltre coerente con principi ed obblighi PNRR nei seguenti modi:

- L'implementazione delle tecnologie di machine learning proposte contribuisce al raggiungimento di SDG 3 "Salute e benessere", con possibili ricadute anche su SDG 9 "Imprese Innovazione e Infrastrutture".
- Le transizioni gemelle: la transizione digitale della Sanità è parte integrante degli obiettivi del presente progetto.
- DNSH: il rilascio dei modelli sviluppati ne permetterà il riuso sia diretto che come base per il transfer learning, riducendo così l'impatto energetico del training.
- Open science e principi FAIR: I dati raccolti durante la ricerca saranno oggetto di un piano di gestione dei dati (Data Management Plan) allo scopo di renderli disponibili per il loro riuso in un'ottica di Open Data. Di conseguenza, i modelli sviluppati saranno rilasciati pubblicamente; se possibile, anche il dataset per l'addestramento, anonimizzato opportunamente, diventerà una risorsa pubblicamente disponibile, il tutto sfruttando risorse come Zenodo affinché siano tracciabili e manutenibili; il codice sviluppato, fornito in accompagnamento a modelli e articoli, sarà pubblicato su Github; infine, le pubblicazioni derivanti dal progetto saranno sottomesse a riviste open access.

Professore/ricercatore di riferimento:

prof. Vincenzo Della Mea

Tematica di ricerca 1.5 - Visione artificiale per il tracciamento della fauna selvatica in ambienti non controllati

D.M. 118 del 2 marzo 2023 (PNRR Missione 4 Componente 1 Investimento/Subinvestimento 4.1) – Ricerca PNRR

Coerenza della ricerca proposta con gli ambiti di interesse PNRR e, per le aree scientifiche-tecnologiche, indicazioni di come la ricerca proposta possa promuovere l'interdisciplinarietà, l'adesione a reti internazionali e l'intersectorialità:



SCHEMA 3 - Dottorato di ricerca in INFORMATICA E INTELLIGENZA ARTIFICIALE

Questa proposta è estremamente coerente con gli ambiti di interesse PNRR per le aree scientifiche-tecnologiche. L'integrazione dell'intelligenza artificiale in progetti ambientali come il monitoraggio della fauna selvatica potrebbe offrire nuove possibilità per azioni di conservazione più accurate, veloci, efficienti ed economiche rispetto a quelle attuali. La collaborazione che si instaura tra diversi domini di conoscenza aiuta anche a creare team multidisciplinari in grado di lavorare insieme, apportando valore aggiunto e prospettive innovative. Queste partnership trasversali facilitano l'applicazione traslazionale di tecnologie all'avanguardia in benefici tangibili per l'ambiente e la biodiversità. Si tratta di un modo moderno e olistico di affrontare alcuni dei problemi più importanti per l'umanità di oggi.

Più precisamente, il progetto promuove l'interdisciplinarietà, l'adesione a reti internazionali e l'intersettorialità in diversi modi. In primo luogo, affronta un problema che richiede la collaborazione tra informatica e biologia: la necessità di metodi efficienti e accurati per l'identificazione della fauna selvatica in immagini e video catturati in habitat naturali. Entrambe le discipline apportano competenze uniche e il progetto proposto riconosce l'importanza di lavorare insieme per affrontare la sfida. In secondo luogo, il progetto prevede il collegamento con le reti di ricerca esistenti e le organizzazioni consolidate che si occupano di monitoraggio della biodiversità per sfruttare le risorse esistenti e promuovere la collaborazione. Mediante la collaborazione con un ente di ricerca estero particolarmente attento alla biodiversità il progetto trarrà grandi benefici dall'accesso a tali competenze e dai vasti archivi di letteratura scientifica e dati raccolti. Le partnership attualmente stabilite da tale centro apriranno quindi le porte a esperti disposti a contribuire al progresso delle tecnologie computazionali a supporto degli studi ecologici. Infine, il progetto promuove la creazione di nuove connessioni tra informatici e biologi, coinvolgendo comunità di ricerca che altrimenti non interagirebbero frequentemente. L'impollinazione incrociata di idee tra persone specializzate in aree diverse può portare a soluzioni innovative a problemi comuni e contribuire ad abbattere le barriere tra le discipline.

In sintesi, il progetto proposto porta l'attenzione sulla ricerca interdisciplinare come componente essenziale per trovare soluzioni efficaci ai problemi globali. Attraverso la sua portata internazionale (già a livello di proposta) e la sua attuazione, cerca di gettare ponti tra l'informatica e la biologia e vuole incoraggiare il dialogo tra accademici e responsabili politici che si occupano di conservazione ambientale e sviluppo tecnologico. Il suo obiettivo è quello di non limitarsi a produrre AI all'avanguardia, ma di tradurla in intuizioni attuabili per le parti interessate a proteggere gli animali, e di rimando gli ecosistemi del pianeta Terra. Concentrandosi sull'intersezione tra progressi tecnici e responsabilità sociale, questo progetto rappresenta uno sforzo concertato verso la tutela dell'ambiente, riflettendo un aspetto cruciale della leadership responsabile e del processo decisionale informato, oggi più critico che mai.

Obiettivi e risultati attesi, attività di ricerca proposta, metodologie e contenuti:

Il monitoraggio degli animali selvatici è diventato sempre più importante ai fini della conservazione, in particolare nelle aree remote o di difficile accesso dove i metodi tradizionali, come il conteggio manuale o le trappole con telecamera (camera-trap), non sono praticabili. Le tecniche di CV sono emerse come un potente strumento per automatizzare questo processo, identificando e tracciando gli animali attraverso le riprese video. Tuttavia, questi approcci devono ancora affrontare sfide significative a causa della variabilità delle condizioni di illuminazione, dei cambiamenti di posa e degli sfondi presenti in scenari realistici. Per superare queste limitazioni ci si è posti l'obiettivo primario di sviluppare nuove tecniche per identificare gli animali in immagini e video catturati in habitat naturali considerando una minima supervisione. Per raggiungere questo obiettivo, proponiamo un approccio in due fasi, in cui si procede introducendo inizialmente delle soluzioni di apprendimento auto-supervisionato su larga scala che utilizzano immagini "senza etichette" per apprendere caratteristiche generiche applicabili a diversi scenari, seguite da una eventuale fase di finalizzazione applicate utilizzando un numero limitato di set di dati etichettati adattati a specie o ambienti particolari. Il nostro obiettivo generale è quello di ridurre la dipendenza dalla costosa etichettatura manuale, consentendo al contempo un'efficiente distribuzione di modelli all'avanguardia per i casi d'uso reali. Ci aspettiamo che le soluzioni proposte forniscano prestazioni migliori rispetto agli approcci attuali che si basano esclusivamente sull'addestramento completamente supervisionato o sulla sola estrazione di caratteristiche unimodali. Inoltre, abbiamo in programma di valutare la robustezza rispetto alle comuni fonti di incertezza affrontate dagli operatori sul campo o dai sistemi autonomi che raccolgono risorse multimediali, come l'illuminazione variabile, l'occlusione, la sfocatura da movimento, ecc. Infine, condividendo le conoscenze acquisite nel corso di questa impresa con un pubblico più ampio che abbraccia diverse discipline (in particolar modo nel mondo della biologia), speriamo di stimolare un dialogo riflessivo sulle potenziali implicazioni etiche derivanti dall'adozione diffusa di apparecchiature di monitoraggio intelligenti in ambienti non regolamentati.

Obiettivi e risultati attesi:

- Sviluppare un modello di apprendimento auto-supervisionato per la re-identificazione di animali selvatici in ambienti non controllati.
- Valutare l'efficacia del modello proposto rispetto ai metodi precedenti che si basano sull'annotazione umana.
- Collegarsi alle reti di ricerca esistenti nel campo della computer vision e della conservazione della fauna selvatica per promuovere la collaborazione interdisciplinare e lo scambio di conoscenze.
- Promuovere nuove connessioni con vari soggetti interessati, tra cui agenzie governative, organizzazioni non governative e aziende private che operano nel campo della conservazione della fauna selvatica per inviare delle proposte di progetto a open-call europee/internazionali.
- Pubblicazione di almeno 3 articoli su riviste internazionali e 4 articoli a conferenze internazionali nel settore dell'IA e della computer vision.
- Pubblicazione di almeno 2 articoli su riviste internazionali e 2 articoli a conferenze internazionali nel settore della conservazione faunistica.

Attività di ricerca:

- Revisione della letteratura: Esaminare la letteratura esistente sull'apprendimento auto-supervisionato nella computer vision e la sua applicazione ai compiti di re-identificazione degli animali. Identificare le lacune dell'attuale stato dell'arte e formulare ipotesi su come migliorare le prestazioni.
- Raccolta dei dati: Raccogliere un insieme di immagini/video che ritraggono animali selvatici in condizioni diverse (ad esempio, illuminazione, pose, sfondi). Garantire la diversità in termini di specie, habitat e ambienti per rendere il set di dati rappresentativo degli scenari reali. Tali attività saranno svolte in continua coordinazione con il centro di ricerca identificati per la collaborazione in quanto esperto in materia di (conservazione della) biodiversità.
- Progettazione del modello: Progettare una serie di algoritmi di apprendimento auto-supervisionato che sfruttino le tecniche di data augmentation, metodologie di contrastive learning e soluzioni di data-masking per ottenere una solida rappresentazione di ogni singolo esemplare.



SCHEDA 3 - Dottorato di ricerca in INFORMATICA E INTELLIGENZA ARTIFICIALE

- Esperimenti di validazione: Condurre esperimenti per valutare le prestazioni del modello proposto rispetto ai metodi esistenti che richiedono annotazioni umane. Confrontare le performance mediante l'utilizzo di metriche standard e comprendere le lacune delle soluzioni per individuare metodi alternativi.

- Networking e outreach: Collaborare con esperti e professionisti nei campi della computer vision e della conservazione della fauna selvatica attraverso conferenze, workshop e piattaforme online. Condividere i risultati preliminari, cercare feedback ed esplorare potenziali opportunità di collaborazione (che vada oltre il corrente partenariato con il centro di ricerca).

Metodologia e contenuto:

Al fine di raggiungere gli obiettivi prefissati, si adotteranno le seguenti fasi metodologiche come guida all'implementazione del progetto:

- Raccolta di dati di qualità: Un prerequisito essenziale per la costruzione di modelli di intelligenza artificiale efficaci è la raccolta di grandi quantità di dati rilevanti, che richiede sforzi e risorse significative. Il nostro team collaborerà a stretto contatto con il centro di ricerca sulla biodiversità e le relative reti di riserve naturali, parchi nazionali e zoo di tutto il mondo

per ottenere il permesso di catturare immagini o video che mostrino varie specie faunistiche che vivono in condizioni diverse. Poiché l'etichettatura manuale di milioni di singoli fotogrammi è lunga e costosa (ma necessaria quantomeno per la fase di validazione degli algoritmi proposti), intendiamo utilizzare flussi di lavoro di annotazione semiautomatici/assistiti che consistono in proposte di video/immagini di possibile interesse poi raffinate da esperti del settore o da lavoratori in crowdsourcing per una maggiore precisione.

- Progettazione di obiettivi di apprendimento rilevanti per la realizzazione di modelli auto-supervisionati: L'apprendimento auto-supervisionato è emerso come uno strumento eccezionalmente potente per scoprire caratteristiche significative all'interno di grandi collezioni di immagini, utilizzando vari compiti di apprendimento che sfruttano la predizione di informazioni mancanti, eseguono la ricostruzione di immagini in ingresso, o stabiliscono la similitudine tra uno stesso campione artificialmente manipolato e il resto del dataset. Rientrano in queste categorie, ad esempio, la risoluzione di jigsaw puzzle, l'apprendimento contrastivo basato su assegnazioni di cluster, la previsione di rotazione, la colorazione o le permutazioni basate su patch. Queste possono portare a generare preziose rappresentazioni di caratteristiche applicabili a problemi di classificazione a valle, come il riconoscimento delle specie. La sperimentazione di varie combinazioni di funzioni di penalizzazione e di architetture di rete personalizzate, adatte specificamente alla visione computerizzata in ambiente naturale, fa parte di questa fase.

- Valutazione dell'aumento delle prestazioni e della capacità di generalizzazione: Una volta ottenute capacità soddisfacenti di estrazione di caratteristiche attraverso metodi auto-supervisionati, si può procedere all'applicazione di queste rappresentazioni apprese per il rilevamento di oggetti e il riconoscimento di specie.

Periodo all'estero (obbligatorio): 6 mesi

Dati soggetto estero ospitante:

Naturalis Biodiversity Center
Darwinweg 2
2333 CR Leiden
Nederland

Coerenza del programma dottorale con i principi e gli obblighi specifici del PNRR:

- Priorità trasversali: l'AI ha contribuito in modo significativo al raggiungimento di molti degli SDG delle Nazioni Unite, tra cui l'Azione per il clima (SDG 13), la Vita sotto l'acqua (SDG 14) e la Vita sulla terra (SDG 15). Ad esempio, la ricerca e le applicazioni di AI/Computer Vision sono in fase di sviluppo per monitorare la biodiversità e la conservazione della fauna selvatica, ridurre i tassi di deforestazione, aumentare la resa dei raccolti e l'efficienza idrica, ottimizzare la gestione dei rifiuti, valutare il potenziale di energia rinnovabile e molto altro ancora. Queste tecnologie potrebbero svolgere un ruolo fondamentale nell'affrontare i cambiamenti climatici e gli obiettivi di sostenibilità. Incoraggiare la partecipazione delle donne e dei gruppi sottorappresentati nei settori scientifici, tecnologici, ingegneristici e matematici (STEM) è essenziale per evitare di perdere individui di talento che potrebbero dare un contributo prezioso. Offrire pari opportunità di tutoraggio, networking, pubblicazione, sostegno finanziario e crescita professionale può promuovere l'inclusione e prospettive più ampie. Promuovere l'istruzione, la collaborazione e gli sforzi della comunità potrebbe portare benefici alla società al di là del mondo accademico. Aiutare a costruire le basi tecniche necessarie per guidare un cambiamento positivo, promuovendo al contempo la diversità, l'inclusione e i diritti umani all'interno della comunità STEM. Fornendo modelli di riferimento, esposizione alle applicazioni del mondo reale e consapevolezza delle sfide e dei limiti moderni, il programma prepara i suoi studenti a portare avanti la nostra ricerca collettiva di un mondo migliore.

- Transizioni gemelle (green e digitale): il dottorato di ricerca prepara i laureati a una transizione verde e digitale, promuovendo pratiche sostenibili nell'innovazione tecnologica e favorendo la collaborazione tra le industrie. La natura interdisciplinare di questi programmi enfatizza la comprensione delle tendenze emergenti e dell'impatto sociale ed economico delle applicazioni di intelligenza artificiale e visione artificiale, formando esperti che contribuiscono a soluzioni inclusive ed ecologiche. L'incoraggiamento all'open access, all'impegno pubblico e agli approcci di citizen science sostiene ulteriormente questo cambiamento trasformativo verso una comunità globale più trasparente e connessa che sfrutta le tecnologie avanzate per un cambiamento positivo.

- Non arrecare un danno significativo - DNSH: gli studenti del dottorato hanno accesso agli strumenti per ridurre i danni significativi all'ambiente, promuovendo un uso responsabile delle risorse e incorporando l'etica nella ricerca. Molti progetti si concentrano sulla risoluzione di sfide ambientali reali allineate con gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile delle Nazioni Unite, posizionando i laureati per promuovere soluzioni sostenibili attraverso l'innovazione dell'IA.

- Open science e FAIR Data: il programma incoraggia gli studenti ad adottare i principi di Open Science e FAIR Data, garantendo trasparenza, riproducibilità e riutilizzo delle conoscenze. I programmi incoraggiano la condivisione di modelli, codice, set di dati e risultati sperimentali attraverso piattaforme come GitHub, Zenodo, Kaggle e altre. Gli studenti pubblicano documenti aperti consentendo ai futuri collaboratori di basarsi sulle intuizioni esistenti e di accelerare i progressi verso obiettivi comuni. Sottolineare i principi dei dati FAIR aiuta a combattere le



SCHEMA 3 - Dottorato di ricerca in INFORMATICA E INTELLIGENZA ARTIFICIALE

distorsioni dei dati, a prevenire i silos informativi, a consentire l'analisi interdisciplinare e a promuovere la raccolta di intelligenza collettiva per migliorare i risultati dell'AI.

Professore/ricercatore di riferimento:

prof. Niki Martinel

Tematica di ricerca 1.6 – Machine Learning per il supporto alla decisione nell'interpretazione delle immagini in anatomia

D.M. 118 del 2 marzo 2023 (PNRR Missione 4 Componente 1 Investimento/Subinvestimento 4.1) – Pubblica Amministrazione

Indicazione della multidisciplinarietà, orientamento alla ricerca applicata PA e allo sviluppo delle conoscenze e competenze di cui all'art. 9 c. 1 del D.M. 118/2023:

Per il tema affrontato, il progetto è estremamente interdisciplinare, necessitando di contributi dall'area medica che è anche il settore che può beneficiare dagli esiti del progetto stesso, ma non potendo fare a meno di conoscenze allo stato dell'arte nell'ambito dell'intelligenza artificiale, sia subsimbolica che simbolica.

Il progetto proposto, nei suoi esiti più traslazionali, potrà contribuire ai pilastri PNRR "Trasformazione digitale" e "Salute e resilienza", con risultati attesi pertinenti alla tematica PNRR "M6C2: Innovazione, ricerca e digitalizzazione del Servizio Sanitario Nazionale".

Infatti l'utilizzo di sistemi di analisi automatica di immagini da microscopio può offrire nuove possibilità di razionalizzazione del lavoro dei laboratori di Anatomia Patologica, in prima battuta prioritizzando le attività sulla base della criticità del caso, evidenziando le aree sospette, ecc.

La Sanità è uno degli ambiti della PA con maggiore impatto sia economico sia di qualità della vita per le persone, soprattutto in un momento di carenza di risorse umane parallelo all'invecchiamento della popolazione generale. Un approccio che razionalizzi ed ottimizzi il lavoro del personale sanitario utilizzando le tecnologie informatiche contribuisce sicuramente a garantire una maggiore efficacia, efficienza ed economicità dell'azione pubblica, anche contribuendo a riprogettare i modelli organizzativi.

Obiettivi e risultati attesi, attività di ricerca proposta, metodologie e contenuti:

Le immagini da microscopio possono venire acquisite con scanner appositi, che producono immagini – dette vetrini digitali o WSI- a risoluzioni tipiche di 0.2-0.5 micron/pixel, su campioni nell'ordine di diversi mm²-cm². Il risultato sono immagini da Gpixel, ricche di informazioni che proprio per le dimensioni delle immagini risultano a tutt'oggi non completamente sfruttate. Per la stessa ragione, la loro digitalizzazione sistematica si effettua ancora raramente, anche se alcuni laboratori o intere reti regionali di laboratori stanno iniziando processi di digitalizzazione completa.

E' un settore il cui forte sviluppo è cominciato tardivamente rispetto ad altre specialità mediche proprio per la dimensione delle immagini da trattare, che hanno reso a lungo troppo complessa la loro elaborazione, ma che ora inizia ad avere risultati di interesse scientifico sia dal punto di vista informatico che clinico.

E' anche un ottimo ambito applicativo che consente di studiare tecniche di deep learning orientate sia all'integrazione di immagini e dati, sia allo sfruttamento di informazioni a multirisoluzione, che è un tema di interesse per la microscopia.

Uno dei problemi aperti è anche la generalizzabilità dei modelli: tutta la fase laboratoristica pre-acquisizione non è totalmente standardizzata, come non sono standardizzati gli output degli scanner, per cui i colori risultanti possono differire.

Obiettivi e risultati attesi:

- Sviluppo di una ontologia dei tessuti e delle cellule.
- Definizione di un dataset di immagini parzialmente annotate secondo l'ontologia sviluppata.
- Un modello di segmentazione dei tessuti da rilasciare pubblicamente per due possibili utilizzi: direttamente, o come modello pre-trained da specializzare per usi diagnostici.
- Un obiettivo che discende dallo sviluppo di un modello generale dei tessuti istologici, specializzabile con transfer learning verso obiettivi più specifici, è anche di ridurre il tempo di addestramento necessario rispetto a modelli addestrati da zero o da training set generici come quello di Imagenet. Questo può consentire, in prospettiva, consumi elettrici inferiori e quindi una generale maggiore sostenibilità dello sviluppo dei modelli.
- Validazione del modello sia per la segmentazione diretta dei tessuti, che come modello pre-trained al posto dei consueti modelli preaddestrati su Imagenet in alcuni specifici downstream task.
- Connessione con la comunità internazionale e nazionale della digital pathology per promuovere la collaborazione interdisciplinare e verificare l'utilizzo sul campo dei risultati del progetto.
- Pubblicazione di almeno 3 articoli su riviste internazionali e 4 articoli a conferenze internazionali nel settore dell'analisi di immagini e dell'informatica medica. Eventuale pubblicazione di risultati di rilevanza clinica su riviste di anatomia patologica.

Attività di ricerca:

- Revisione della letteratura: identificazione di possibili ontologie specifiche per tessuti e cellule, e/o di ontologie upper level cui connettere l'ontologia da utilizzare per il progetto.
- Identificazione di una metodologia che semplifichi l'annotazione dei dati, riducendo la necessità di lunghe sessioni da parte degli esperti.
- Progettazione del modello: progetto e confronto di modelli sia basati su CNN che su visual transformers, con o senza preaddestramento, con e senza data augmentation, con e senza normalizzazione. In questa fase, cruciale sarà identificare e proporre metodi in grado di lavorare a multirisoluzione.
- Esperimenti di validazione: due livelli. Il primo è relativo all'efficacia del modello nel dominio specifico di addestramento, cioè rispetto ai tessuti identificati nell'ontologia, valutando anche a eventuali livelli di aggregazione dei tessuti o delle cellule. Il secondo livello sarà relativo all'utilizzo del modello come base per addestramenti più specializzati.

Metodologia e contenuto:



SCHEMA 3 - Dottorato di ricerca in INFORMATICA E INTELLIGENZA ARTIFICIALE

Gli obiettivi saranno raggiunti tenendo conto di alcune specificità metodologiche:

- L'ontologia dei tessuti e delle cellule sarà nei limiti del possibile derivata da ontologie pre-esistenti, quali per esempio CL (Cell Ontology) e BTO (BRENDA Tissue Ontology) con le semplificazioni e specializzazioni necessarie.
- L'annotazione specifica costa molto lavoro specializzato dei patologi. Si potranno sperimentare tecniche ibride human-in-the-loop, con l'esperto umano che raffina annotazioni più grezze effettuate con modelli preliminari.
- A parte una prima fase di indagine preliminare, i modelli sviluppati dovranno essere sviluppati tenendo conto del problema della generalizzabilità, che al momento, in ambito di digital pathology, si affronta in modo alternativo con data augmentation o con normalizzazione.
- Un ulteriore vincolo da considerare riguarda il costo computazionale. A sostanziale parità di prestazioni, verranno preferiti i modelli computazionalmente più leggeri, sempre nell'ottica della sostenibilità ambientale.

Periodo all'estero (obbligatorio): 6 mesi

Dati soggetto estero ospitante:

Molecular Biology and Research Section
Hospital Virgen de la Cinta in Tortosa
Pere Virgili Institute for Health Research, Tarragona, Spain

Periodo in impresa, centri di ricerca o PA (obbligatorio): 6 mesi

Dati impresa, centri di ricerca o PA:

Istituto di Anatomia Patologica
Ospedale di Udine
Azienda sanitaria universitaria Friuli Centrale (ASUFC)

Attività di ricerca da svolgere in impresa/centro di ricerca/PA:

Presso l'Istituto di Anatomia Patologica dell'Azienda Ospedaliero-Universitaria di Udine (ASUFC) saranno svolte diverse attività di ricerca, scelte con il coinvolgimento dell'istituzione ospitante:

1. Prima di tutto, lo/la studente di dottorato avrà modo di accrescere le sue conoscenze in materia di istologia e discipline connesse dal punto di vista del progetto (per esempio, cenni di biologia molecolare e genetica).
2. Supporto alla collezione di immagini utili per lo sviluppo dei modelli.
3. Sperimentazione del modello generale per il preaddestramento di un modello specifico mirato ad uno o più problemi di interesse dell'istituzione.
4. Discussione e approfondimento in merito alle possibilità di utilizzare dati strutturati (come dati di biologia molecolare e genetica), ed eventualmente non strutturati (come referti e storia clinica), durante lo sviluppo dei modelli specifici di tipo multimodale.

Coerenza del programma dottorale con i principi e gli obblighi specifici del PNRR:

Il programma di dottorato in Informatica & Intelligenza Artificiale nel suo complesso è organizzato per rispettare le priorità trasversali del PNRR, in particolare la partecipazione delle donne e dei gruppi sottorappresentati nei settori STEM, e favorire diversità ed inclusione. In particolare, a tutti i dottorandi dell'Ateneo è offerto un corso trasversale di "Diversità e inclusione nel Team di lavoro". In generale, il programma di dottorato contribuisce direttamente al raggiungimento degli **SDG 4 e 5**, e può contribuire a diversi altri SDG dipendentemente dalle tecnologie ideate, sperimentate e valutate nei singoli progetti di dottorato. I dottorandi hanno anche modo di pubblicare i loro risultati secondo i principi FAIR, e gli accordi integrativi con i principali editori di editoria scientifica rendono relativamente facile pubblicare gli articoli scientifici in modalità open access.

Il presente progetto è inoltre coerente con principi ed obblighi PNRR nei seguenti modi:

- L'implementazione delle tecnologie di machine learning proposte contribuisce al raggiungimento di SDG 3 "Salute e benessere", con possibili ricadute anche su SDG 9 "Imprese Innovazione e Infrastrutture".
- Le transizioni gemelle: la transizione digitale della Sanità è parte integrante degli obiettivi del presente progetto, a cui si associa l'attenzione per lo sviluppo di modelli di machine learning ad impatto energetico minore di quello usuale, notoriamente elevato a causa della grande potenza di calcolo per addestrare i modelli, che impatta sulla transizione "green";
- DNSH: l'attenzione posta a modelli riusabili che riducono la necessità di lunghi addestramenti per il transfer learning impatta su prevenzione e riduzione dell'inquinamento dell'aria, dell'acqua o del suolo.
- Open science e principi FAIR: I dati raccolti durante la ricerca saranno oggetto di un piano di gestione dei dati (Data Management Plan) allo scopo di renderli disponibili per il loro riuso in un'ottica di Open Data. Di conseguenza, i modelli sviluppati saranno rilasciati pubblicamente; se possibile, anche il dataset per l'addestramento, anonimizzato opportunamente, diventerà una risorsa pubblicamente disponibile, il tutto sfruttando risorse come *Zenodo* affinché siano tracciabili e mantenibili; il codice sviluppato, fornito in accompagnamento a modelli e articoli, sarà pubblicato su *GitHub*; infine, le pubblicazioni derivanti dal progetto saranno sottomesse a riviste open access.

Professore/ricercatore di riferimento:

prof. Vincenzo Della Mea