UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

COURSE SYLLABUS

Artificial Intelligence

2627-2-F1802Q113

Obiettivi

L'obiettivo del corso è consentire agli studenti di padroneggiare le conoscenze di base e gli strumenti necessari per comprendere, utilizzare e creare sistemi di Intelligenza Artificiale (IA), insieme alla capacità di analizzare diverse classi di problemi e soluzioni basate sull'IA. Un'attenzione particolare sarà dedicata all'intersezione tra apprendimento automatico, con particolare considerazione per i modelli del linguaggio di grandi dimensioni (LLM), e sistemi multi-agente e basati sulla conoscenza, adottando una prospettiva spesso definita come IA neuro-simbolica.

Il corso ha un duplice obiettivo:

- Fornire una panoramica della disciplina incentrata sul concetto di agente intelligente, consentendo agli studenti di inquadrare criticamente problemi, soluzioni e approcci metodologici specifici all'interno dello sviluppo di sistemi intelligenti.
- Fornire un'esplorazione approfondita di alcuni temi e soluzioni di particolare importanza per lo sviluppo dei sistemi intelligenti oggi, ovvero: 1) IA autonoma, 2) IA incarnata e affettiva, 3) IA basata sulla conoscenza.

Contenuti sintetici

La prima parte del corso (circa metà del corso) coprirà quattro argomenti fondamentali:

- I **diversi paradigmi** proposti nell'IA e la sfida dell'etica nell'IA
- Il **paradigma ad agenti** come modello concettuale per inquadrare organicamente vari problemi e modelli proposti nell'Intelligenza Artificiale moderna. Gli agenti saranno caratterizzati dalla prospettiva dell'autonomia e delle relazioni come quelle tra agente e ambiente, comportamento e percezione, e comportamento e conoscenza.
- I **grafi della conoscenza** come astrazioni per supportare la rappresentazione esplicita di conoscenze che

un agente può usare, aumentando la capacità di rispondere a domande complesse, ragionare sulla conoscenza disponibile e aggregare dati da sorgenti eterogenee. Poiché argomenti come RDF, Ontologie e linguaggi come RDFS e OWL sono coperti nei corsi di laurea triennale, nel corso ricapitoleremo rapidamente questi concetti.
- La **semantica distribuzionale e i modelli del linguaggio di grandi dimensioni** come approcci per apprendere rappresentazioni dai dati, comprendere dati in input e generare nuovi contenuti.

La seconda parte del corso (circa metà del corso) si concentrerà su argomenti più specifici:

- **Agenti basati su LLM**. Questa parte è dedicata alla modellazione del comportamento degli agenti intelligenti basata sulla coordinazione nei sistemi multi-agente. Saranno discussi modelli per la simulazione attraverso sistemi multi-agente, la modellazione della percezione attraverso sensori nei sistemi complessi. Le applicazioni trattate in questa parte riguardano sistemi di simulazione e i sistemi basati sul comportamento adattivo degli agenti.
- **Costruzione di basi di conoscenza e utilizzo di queste basi per migliorare la capacità di manipolare conoscenza fattuale**, considerando due sotto-argomenti: tecniche di estrazione delle informazioni per supportare l'arricchimento dei dati e la costruzione di basi di conoscenza; combinazione di modelli generativi e basi di conoscenza mediante approcci basati sul recupero di informazioni (e.g., GraphRAG).
- **Esempi di AI basata su integrazione neuro-simbolica**, esplorando brevemente i metodi di apprendimento automatico per costruire sistemi di inferenza “probabilistica” in grafi della conoscenza e altri framework di rappresentazione della conoscenza strutturata (embedding di Grafi della Conoscenza e integrazione neuro-simbolica profonda in Logic Tensor Networks).

Programma esteso

1. Introduzione: apprendimento e ragionamento nell'Intelligenza Artificiale; interpretazione, ragionamento, previsione, controllo; il concetto di agente autonomo (definizione, classificazione, comportamento, modelli di agenti con riflessi semplici, con memoria, basati sugli obiettivi, basati sull'utilità).
2. Modelli e meccanismi di interazione nei Sistemi Multi-Agente (MAS): intelligenza artificiale collettiva e sistemi complessi; modellazione, simulazione, analisi dei comportamenti auto-organizzanti.
3. Agenti conversazionali e modelli d’interazione multi-agente: modellazione, simulazione, analisi dei comportamenti. integrazione di LLM in multi-agent systems.
4. Dalla rappresentazione della conoscenza all'apprendimento di rappresentazioni dai dati: basi di conoscenza, knowledge graph e ontologie; apprendimento di rappresentazioni linguistiche, word embeddings e modelli del linguaggio di grandi dimensioni (LLM), ad es. BERT, GPT; ragionamento nei LLM; rischi e questioni etiche nei LLM.
5. Costruzione e sfruttamento delle basi di conoscenza con LLM: estrazione di informazioni dai testi (Named Entity Recognition, Named Entity Linking, introduzione all'estrazione di relazioni); estrazione di informazioni dai dati tabellari (comprensione e annotazione dei dati tabulari); Retrieval Augmented Generation (RAG) con informazioni da basi di conoscenza e dati annotati.
6. Apprendimento di rappresentazioni di knowledge graph mediante reti neurali: Knowledge Graph Embedding; framework di IA basati sull'integrazione neuro-simbolica (Logic Tensor Network).

Prerequisiti

Conoscenze logico-matematiche di base. Conoscenze relative all'apprendimento automatico e alle reti neurali profonde.

Modalità didattica

Lezioni frontali ed esercitazioni con i personal computer degli studenti. Uso della piattaforma Moodle. Seminari su applicazioni delle tecnologie semantiche a problemi reali da parte di experti del mondo dell'industria.

Il corso è tenuto in lingua Inglese.

Materiale didattico

Libri di testo:

S.J. Russell, P. Norvig, “Intelligenza Artificiale: un approccio moderno“, 2a edizione, Pearson - Prentice Hall, 2005 (volume 1)

J. Ferber, Multi-agent systems: An introduction to distributed artificial intelligence, Addison-Wesley Professional, 1999: sintesi a dispense disponibile sull’e.learning del Corso.

Libri consigliati:

C. Cornoldi, L'intelligenza, Il Mulino Ed., 2009. Cesare Cornoldi. Formicai, imperi, cervelli: introduzione alla scienza della Complessità (Il Mulino, 2007), pp. 235.

Grigoris Antoniou, Paul Groth, Frank van Harmelen, Rinke Hoekstra. A Semantic Web Primer (Information Systems) third edition. The MIT Press; third edition edition (August 24, 2012), pp. 288.

Periodo di erogazione dell'insegnamento

Semestre I

Modalità di verifica del profitto e valutazione

La valutazione finale è determinata dalla combinazione dei risultati ottenuti in due prove indipendenti.

1. Progetto di corso e presentazione orale

Gli studenti sono tenuti a realizzare un progetto, individualmente o in piccoli gruppi, dedicato a uno specifico argomento trattato nel corso o strettamente collegato ai suoi contenuti. Il progetto ha l’obiettivo di consentire un approfondimento teorico e/o un’esperienza pratica su un tema selezionato dell’Intelligenza Artificiale.

Il progetto viene valutato attraverso una presentazione orale della durata di circa 20 minuti, supportata da slide. Ove opportuno, la presentazione può includere una breve dimostrazione del sistema sviluppato o dei risultati sperimentali ottenuti.

La valutazione tiene conto di:

- la rilevanza del progetto rispetto ai temi del corso;

- la correttezza metodologica dell’approccio adottato, in relazione agli obiettivi di un progetto d’esame;
- il livello di padronanza dell’argomento dimostrato durante la presentazione.

Particolare rilievo è attribuito alla capacità degli studenti di rispondere alle domande e discutere criticamente il proprio lavoro durante la sessione di domande e risposte.

2. Presentazione di un articolo scientifico durante il corso

Nel corso del semestre è prevista una prova intermedia consistente nella presentazione di un articolo scientifico pertinente agli argomenti dell’insegnamento. La presentazione può essere svolta individualmente o in piccoli gruppi ed è valutata sulla base della comprensione del lavoro presentato, della qualità dell’esposizione e della capacità di discutere criticamente metodi e risultati illustrati nell’articolo.

Orario di ricevimento

Su richiesta.

Sustainable Development Goals

ISTRUZIONE DI QUALITÁ