UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

SYLLABUS DEL CORSO

Artificial Intelligence

2526-2-F1801Q155

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 una varietà di applicazioni basate sulla

conoscenza dove ragionamento, capacità di rispondere a domande complesse e integrazione dei dati giocano un ruolo cruciale. 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 conversazionali e modelli di interazione**. 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.
- **NLP e LLM per sistemi di IA alimentati da grafi della conoscenza**, 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.
- **Apprendimento di rappresentazioni su grafi della conoscenza e integrazione neuro-simbolica**, esplorando 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 costituita dall'aggregazione dei punteggi ottenuti in due valutazioni indipendenti.

- La prima valutazione è basata su un **progetto d'esame o appprofondimento tematico,** effettuato individualmente o in gruppo, e finalizzato all'approfondimento di un argomento specifico trattato nel corso o collegato ad argomenti trattati nel corso; progetto e approfondimento vengono entrambi discussi attraverso una **presentazione orale supportata da slide** della durata di 20 min circa; è possibile, durante la presentazione, includere una breve demo del progetto svolto; l'**approfondimento** consiste di una rassegna bibliografica su un argomento, in cui lo studente discute e compara soluzioni proposte nello stato dell'arte a uno specifico problema. *La valutazione si basa su: significatività del progetto rispetto agli argomenti trattati nel corso, rigore metodologico (nei limiti di quanto ragionevole chiedere per un progetto d'esame); padronanza dell'argomento approfondito dimostrata durante la presentazione orale*.
- La seconda valutazione è basata sulla **verifica della conoscenza degli argomenti affrontati durante il corso** mediante svolgimento di esercizi pratici da discutere durante l'orale.

Orario di ricevimento

Su richiesta.

Sustainable Development Goals

ISTRUZIONE DI QUALITÁ