



## Principali informazioni sull'insegnamento

Denominazione dell'insegnamento	<b>Ingegneria della Conoscenza</b>	
Corso di studio	Informatica	
Anno Accademico	2023/24	
Crediti formativi universitari (CFU) / European Credit Transfer and Accumulation System (ECTS)	6 CFU	
Settore Scientifico Disciplinare	ING-INF/05	
Lingua di erogazione	Italiano	
Anno di corso	Terzo	
Periodo di erogazione	1° semestre, le date esatte sono riportate nel manifesto/regolamento	
Obbligo di frequenza	La frequenza è fortemente raccomandata	
Sito web del corso di studio	<a href="https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica/didattica/corsi-di-laurea/informatica-270/laurea-triennale-in-informatica-d.m.-270-1">https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica/didattica/corsi-di-laurea/informatica-270/laurea-triennale-in-informatica-d.m.-270-1</a>	

Docente/i	
Nome e cognome	Nicola Fanizzi
Indirizzo mail	nicola.fanizzi@uniba.it
Telefono	080 544 2246
Sede	Dipartimento di Informatica, Via Orabona 4, 70125, Bari. Stanza n.522, 5° piano.
Sede virtuale	Piattaforma ADA - <a href="https://elearning.uniba.it/">https://elearning.uniba.it/</a>
Sito web del docente	<a href="https://www.uniba.it/it/docenti/fanizzi-nicola/">https://www.uniba.it/it/docenti/fanizzi-nicola/</a>
Ricevimento (giorni, orari e modalità, es. su appuntamento)	Martedì, previo appuntamento, 9-11 di norma (salvo modifiche durante il periodo di lezione, indicate anche sui siti correlati)

Syllabus	
<b>Obiettivi formativi</b>	<p>Estendendo capacità e competenze maturate anche in settori diversi (informatica, matematica, statistica) nell'ambito di insegnamenti degli anni precedenti, questo insegnamento si propone di fornire solide competenze teorico-pratiche nell'ambito dell'Ingegneria della Conoscenza e specificamente capacità di risoluzione di problemi complessi attraverso sistemi intelligenti basati su conoscenza.</p> <p>A tale scopo sono approfonditi modelli e relativi metodi per la rappresentazione della conoscenza di dominio, il ragionamento e l'apprendimento automatico, anche in presenza di incertezza.</p> <p>Capacità di astrazione e, al contempo, di applicazione dei modelli e metodi a specifici problemi, nonché la loro valutazione quantitativa costituiscono obiettivi non meno importanti dell'insegnamento.</p>



<b>Prerequisiti</b>	<p>Le seguenti conoscenze di base sono essenziali per una piena comprensione degli argomenti di questo insegnamento:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• da <i>Algoritmi e Strutture Dati</i>: alberi, grafi e relativi algoritmi di attraversamento e ricerca</li><li>• da <i>Analisi Matematica</i> e <i>Matematica Discreta</i>: insiemistica, nozioni di base di logica proposizionale e del primo ordine (quantificatori), relazioni, derivate e ricerca di minimo / massimo</li><li>• da <i>Basi di Dati</i>: algebra relazionale, vincoli d'integrità</li><li>• da <i>Calcolo delle Probabilità e Statistica</i>: variabili aleatorie, probabilità (condizionata) distribuzioni di probabilità, indipendenza (condizionata), statistiche di base</li></ul>
<b>Contenuti di insegnamento (Programma)</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Introduzione ai Sistemi Basati su Conoscenza</b>: Introduzione. Conoscenza e Intelligenza; Scienza e Ingegneria; Sistemi basati sulla conoscenza (KBS): Progettazione: Dimensioni della complessità, Task, Problemi, Soluzioni, Rappresentazione; KBS come agenti intelligenti (capp. 1-2; 2 ore)</li><li>• <b>Ricerca di Soluzioni</b>: Problem Solving e ricerca; Spazi di stati; Ricerca su grafo; Algoritmi generici; Strategie non informate; Ricerca informata / euristica; Potatura; Strategie più sofisticate (cap. 3, 5 ore)</li><li>• <b>Ragionamento con vincoli</b>: Variabili e vincoli; CSP: soluzione tramite ricerca; Algoritmi basati su consistenza, Separazione dei Domini, Eliminazione di variabili; Ricerca locale; Metodi basati su popolazione; Ottimizzazione (cap. 4; 5 ore)</li><li>• <b>Rappresentazione della Conoscenza (Proposizionale)</b>: Proposizioni; Vincoli proposizionali; Clausole definite; Coinvolgimento dell'utente; Debugging a livello di conoscenza; Dimostrazione per contraddizione: clausole di Horn, assunzioni e CBD; Assunzione di conoscenza completa: ragionamento non monotono e NAF; Abduzione (cap. 5; 6 ore)</li><li>• <b>Rappresentazione e Ragionamento Relazionale</b>: Struttura relazionale; Simboli e semantica; Calcolo dei Predicati; Datalog: linguaggio a regole; Sostituzioni e dimostrazioni; Simboli di funzione e strutture dati (Prolog); Uguaglianza (UNA); Assunzione di conoscenza completa e NAF (cap. 15, 6 ore)</li><li>• <b>Knowledge Graph e Ontologie</b>: Knowledge Graph: triple, identificatori, rappresentazioni. a grafo; Classi e Proprietà: gerarchie e progettazione; Ontologie e condivisione della conoscenza: Web Semantico, URI, RDF, RDF-S, OWL, Logiche Descrittive, cenni su ontologie di dominio e <i>top-level</i> (cap. 16, 4 ore)</li><li>• <b>Apprendimento Supervisionato</b>: Introduzione; Problematiche; Fondamenti: valutazione, stime puntuali, tipi di errore; Modelli-base: alberi di decisione, Modelli di regressione e classificazione: mod. lineari, SGD, Separabilità lineare e nuove feature; Sovradattamento: pseudoconteggi, regolarizzazione, cross-validation; Modelli Composti: estensioni dei mod. lineari; Bagging, Boosting (cap.7; 8 ore)</li><li>• <b>Modelli Neurali</b>: Introduzione; Reti Neurali Feed-forward: backpropagation e apprendimento dei parametri; Estensioni: cenni sul miglioramento dell'ottimizzazione e della generalizzazione, CNN, RNN e altre (cap.8; 1 ore)</li><li>• <b>Ragionamento e Incertezza</b>: Richiami su Probabilità e Indipendenza; Belief Network: osservazioni, query, costruzione, fattori; Inferenza; esatta (cenni); Modelli Sequenziali: Catene di Markov (HMM, DBN); Simulazione stocastica e Inferenza approssimata: tecniche di <i>sampling</i> (cap.9; 4 ore)</li><li>• <b>Apprendimento e Incertezza</b>: Apprendimento probabilistico: modelli ML e MAP; Apprendimento bayesiano: classificatori probabilistici, bayesiani: Naive Bayes, TAN, alberi; Lunghezza delle descrizioni e MDL; Apprendimento non supervisionato: dall'hard clustering (k-Means) al soft clustering (EM); Apprendimento di BN: imparare distribuzioni, variabili latenti, dati mancanti, apprendimento della struttura, caso generale (cap.10; 5 ore)</li></ul>



<p><b>Testi di riferimento</b></p>	<p><b>Testo base</b> D. L. Poole &amp; A. K. Mackworth <a href="#">Artificial Intelligence: Foundations of Computational Agents</a>. 3/e. Cambridge</p> <p><b>Testo alternativo / complementare</b> S. Russell &amp; P. Norvig: <a href="#">Intelligenza artificiale: Un approccio moderno</a>. 4<sup>^</sup> ed. Pearson (voll. 1-2 o edizione <a href="#">originale</a>)</p> <p>Gli studenti che lo desiderano possono ottenere i testi in prestito dalla Biblioteca. Può convenire verificarne la disponibilità mediante il Sistema Bibliotecario di Ateneo <a href="https://opac.uniba.it/easyweb/w8018/index.php">https://opac.uniba.it/easyweb/w8018/index.php</a>? e contattare la biblioteca per concordare il prestito.</p>		
<p><b>Note ai testi di riferimento</b></p>	<p><b>Testo base (Poole &amp; Mackworth)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibile <a href="#">online</a>, assieme a materiale per esercitazioni</li> <li>• Non esiste ancora una traduzione italiana per cui sono state curate e messe a disposizione (cfr. siti ADA / Sharepoint dell'insegnamento) le <b>dispense</b> in italiano relative ai capitoli di interesse per l'insegnamento: <i>1-5, 7-8, 10, 13</i></li> <li>• blocchi di slide usate per la presentazione degli argomenti, utili <u>esclusivamente</u> ad agevolare la mappatura dell'ordine degli argomenti e <u>non per lo studio</u></li> </ul> <p><b>Testo complementare (Russell &amp; Norvig)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>alternativa ancora più completa e in italiano ma argomenti distribuiti su due volumi (a differenza dell'ed. originale in inglese)</i></li> </ul> <p><i>Per l'esame, disponibili presso i siti dell'insegnamento (ADA/Sharepoint):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>tracce per esercitazioni da svolgere con il materiale indicato utili alle successive attività di progetto</i></li> <li>• <i>idee, linee-guida, criteri di valutazione dei progetti</i></li> <li>• <i>esempi di progetti presentati in precedenza</i></li> </ul>		
<p><b>Organizzazione della didattica</b></p>			
<p><b>Ore</b></p>			
<p>Totali</p>	<p>Didattica frontale</p>	<p>Pratica (esercitazione)</p>	<p>Studio individuale</p>
<p>150 ore</p>	<p>32 ore</p>	<p>15 ore</p>	<p>103 ore</p>
<p><b>CFU/ETCS</b></p>			
<p>6 CFU</p>	<p>4 CFU</p>	<p>1 CFU</p>	<p><i>incl. 1 CFU (prog.)</i></p>
<p><b>Metodi didattici</b></p>			



	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lezioni frontali sugli argomenti teorici [con l'ausilio di slide]</li><li>• Presentazione di esempi di utilizzo di algoritmi, metodologie di costruzione di modelli di rappresentazione, ragionamento, predizione da applicare a specifici domini di interesse per esercitarsi (autonomamente o in gruppo) con gli strumenti messi a disposizione sul <a href="#">sito</a> del testo-base e/o indicati attraverso i siti ADA/Sharepoint collegati all'insegnamento</li><li>• Guida all'ideazione e allo sviluppo di un progetto di KBS originale<ul style="list-style-type: none"><li>◦ applicazione delle conoscenze in un lavoro da condurre possibilmente (ma non obbligatoriamente) in gruppo</li></ul></li><li>• Parti del progetto possono essere realizzate durante la frequenza delle lezioni e richiedono l'utilizzo di strumenti già disponibili e via via indicati (a partire da quelli a corredo del testo)<ul style="list-style-type: none"><li>◦ KBS originale da riuso e integrazione di strumenti esistenti: lo sforzo implementativo può essere limitato al <i>glue code</i></li></ul></li></ul>

<b>Risultati di apprendimento previsti</b>	
<b>Conoscenza e capacità di comprensione</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lo studente dovrà acquisire competenze diverse nella specifica e nella progettazione di sistemi intelligenti basati su conoscenza, che comprendono sia la padronanza degli aspetti teorici sottesi, sia capacità implementative, di valutazione e miglioramento di sistemi esistenti in diversi domini applicativi.</li><li>• Accanto agli aspetti teorici dei modelli logico-matematici, lo studente imparerà ad approcciare problemi complessi mediante opportuni modelli di rappresentazione, realizzati attraverso la codifica della conoscenza di dominio in forma dichiarativa e che prevedano la progettazione di tecniche di risoluzione basate sull'esplorazione degli spazi di ricerca modellati.</li><li>• All'interno del vasto ambito dell'intelligenza artificiale, gli obiettivi formativi saranno focalizzati attorno a tre direttrici principali:<ul style="list-style-type: none"><li>◦ I formalismi per la rappresentazione della conoscenza: proposizionale, primo ordine</li><li>◦ Le forme di ragionamento automatico: deduzione, abduzione, induzione; ragionamento in presenza di incertezza e relativi modelli (es. probabilistici)</li><li>◦ le tecniche di acquisizione della conoscenza: approccio induttivo basato sull'apprendimento automatico; modelli di classificazione e loro valutazione; approccio probabilistico, esteso anche a rappresentazioni multi-relazionali</li></ul></li><li>• Lo studente avrà preso consapevolezza delle possibilità e dei limiti delle metodologie basate su conoscenza e sarà in grado di comprendere quali siano le tecniche più appropriate ad affrontare specifici problemi.</li></ul>
<b>Conoscenza e capacità di comprensione applicate</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lo studente, compresi i limiti degli approcci classici e relativi strumenti, dovrà imparare a cogliere le opportunità offerte dalle soluzioni tecnologiche diverse, basate anche su paradigmi dichiarativi, miranti allo sviluppo di sistemi per problemi complessi che richiedano un comportamento intelligente che si adatti all'evoluzione della conoscenza disponibile.</li><li>• In particolare, lo studente imparerà a sviluppare autonomamente, anche collaborando con un gruppo ristretto di colleghi, sistemi basati sulla conoscenza di un dominio applicativo di interesse, per la soluzione di un problema, attraverso tecnologie emergenti in ambito knowledge management/engineering utili a risolvere problemi di aiuto alle decisioni, classificazione, diagnosi, ecc., utilizzando ambienti di sviluppo adeguati e integrando paradigmi di programmazione diversi.</li></ul>



<p><b>Competenze trasversali</b></p>	<p><b>Autonomia di giudizio</b> Gli studenti dovranno maturare la capacità di valutare criticamente quanto appreso, formulando un proprio punto di vista da sostenere nell'ambito di un gruppo di lavoro, operando così in modo efficace come individuo all'interno di una squadra. Tale capacità potrà essere acquisita anche attraverso specifici problemi posti a lezione e durante la fase di sviluppo del progetto. Questa competenza viene verificata durante la prova orale, nella discussione del progetto realizzato, occasione per chiarire le scelte implementate e anche per evincere i contributi personali dei partecipanti al gruppo di lavoro.</p> <p><b>Abilità comunicative</b> Il tipo di professionalità richiesto dal lavoro di gruppo e l'esigenza di interloquire con committenti e utenti finali, allo scopo di comprenderne le esigenze e rappresentare loro efficacemente i ritorni delle scelte progettuali fatte, impone, in fase di sviluppo del progetto, l'identificazione e l'acquisizione di abilità che vanno oltre la padronanza della terminologia e le competenze tecniche. Durante tale fase, l'identificazione delle sorgenti di conoscenza, la discussione col docente e con i colleghi del gruppo di lavoro delle possibili scelte progettuali e delle soluzioni implementative spinge alla rappresentazione, alla comunicazione e alla riconsiderazione delle proprie idee.</p> <p><b>Capacità di apprendere in modo autonomo</b> Si suppone che studenti del III anno abbiano acquisito un buon livello di autonomia nell'apprendimento e maturato un proprio approccio metodologico, utili ad affrontare studi successivi e/o di proseguire il proprio percorso formativo in modo autonomo, tenendosi aggiornati rispetto alla continua evoluzione tecnologica caratteristica della disciplina. Lo studente deve essere in grado di consultare materiale bibliografico tradizionale o reperibile attraverso diversi canali possibili; deve essere capace di sintetizzare il contenuto di libri di testo e/o manuali tecnici (prevalentemente in inglese) e di utilizzarlo in fase di sviluppo di progetto; deve esporre quanto appreso durante la prova orale. L'esposizione dell'elaborato finale del progetto nel colloquio orale rappresenta il momento di verifica di tali capacità.</p>
--------------------------------------	--

<b>Valutazione</b>	
<p><b>Modalità di verifica dell'apprendimento</b></p>	<p>Esame con prova unica <b>orale</b>, in due parti consecutive</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Presentazione e discussione del progetto svolto*</li><li>• Risposta a quesiti sugli aspetti teorici e tecnici: richiede di illustrare idee-base, definizioni, algoritmi e metodologie</li></ul> <p>Valutazione finale con voto in 30esimi</p> <p>Istruzioni dettagliate, idee per nuovi progetti, template ed esempi di documentazione di progetti realizzati in occasione di appelli precedenti sono a disposizione attraverso i siti (ADA/Sharepoint) collegati all'insegnamento</p> <p>La validità del progetto si estende a tutti gli appelli dell'anno</p> <p><i>(* la documentazione di progetto viene consegnata entro la data di scadenza dell'iscrizione all'appello su Esse3 tramite apposito modulo messo a disposizione; l'ammissione alla prova orale viene decisa dalla commissione con un rapido vaglio preventivo di congruità rispetto ai criteri richiesti (cfr: riquadro successivo) e viene comunicata con la pubblicazione dei turni</i></p>



<b>Criteri di valutazione</b>	<p>Conoscenza e capacità di comprensione:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Qualità dell'esposizione degli aspetti teorici richiesti durante la prova orale</li></ul> <p>Conoscenza e capacità di comprensione applicate:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Criteri per l'ammissibilità: <i>complessità</i> e <i>completezza</i> (diversità degli argomenti in programma), qualità della <i>valutazione</i>, <i>originalità</i>, <i>generalità</i></li></ul> <p>Autonomia di giudizio:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Verificata durante la discussione del progetto realizzato: giustificazione delle scelte, capacità di auto-valutazione del lavoro svolto</li></ul> <p>Abilità comunicative:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Qualità espositive degli aspetti tecnico-teorici verificate in sede d'esame; padronanza della terminologia del settore</li></ul> <p>Capacità di apprendere:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Approfondimenti sulle possibili estensioni dei modelli e delle tecniche acquisite</li></ul>
<b>Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale</b>	<p>Il voto finale in trentesimi rappresenta una media ponderata in base alle diverse tipologie di competenze acquisite e relativi crediti:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- 2/6 per le conoscenze pratiche dimostrate attraverso la discussione del progetto realizzato</li><li>- 4/6 per le conoscenze teoriche verificate attraverso le risposte a domande sui diversi argomenti in programma atte a valutare anche le altre abilità (soft-skill) di cui sopra</li></ul>
<b>Altro</b>	<p>Si suggerisce agli studenti di affidarsi esclusivamente alle informazioni/comunicazioni fornite sui siti ufficiali del Dipartimento di Informatica, ovvero sui gruppi social solo se costituiti e amministrati esclusivamente dai docenti dei relativi insegnamenti:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- <a href="https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica/didattica/corsi-di-laurea/corsi-di-laurea">https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica/didattica/corsi-di-laurea/corsi-di-laurea</a></li><li>- <a href="https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica">https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica</a></li><li>- <a href="https://elearning.di.uniba.it/">https://elearning.di.uniba.it/</a></li></ul> <p>I programmi degli insegnamenti sono disponibili qui:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- <a href="https://programmi.di.uniba.it/">https://programmi.di.uniba.it/</a></li></ul> <p>Le informazioni che tutti gli studenti dovrebbero conoscere sono scritte nei Regolamenti didattici e manifesti degli studi disponibili nel sito:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- <a href="https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica/didattica/corsi-di-laurea/corsi-di-laurea">https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica/didattica/corsi-di-laurea/corsi-di-laurea</a></li></ul> <p>Si suggerisce agli studenti di diffidare delle informazioni e dei materiali circolanti su siti o gruppi social non ufficiali, poiché spesso sono risultati non affidabili, non corretti o incompleti. Per ogni dubbio, chiedere un incontro al docente secondo le modalità previste per il ricevimento.</p> <hr/> <ul style="list-style-type: none"><li>- Sito su ADA per l'a.a. di riferimento: <a href="https://elearning.uniba.it/course/view.php?id=1985">https://elearning.uniba.it/course/view.php?id=1985</a></li><li>- Team ICon presso MS Teams utile anche alla gestione della consegna della documentazione di progetto nei diversi appelli</li><li>- Sito <a href="#">Sharepoint</a> (collegato al team e al sito ADA) con tutte le informazioni relative all'insegnamento</li></ul>



## Basic Information on the Course

Course Title	<b>Ingegneria della Conoscenza</b>	
Degree	Informatica	
Academic Year	2023/24	
European Credit Transfer and Accumulation System (ECTS) / Crediti formativi universitari (CFU)	6 ECTS	
SSD	ING-INF/05	
Language	Italian	
Year	Third	
Semester	1st [fall], Exact dates available in the official manifesto/regolamento	
Attendance	Highly recommended	
Degree website	<a href="https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica/didattica/corsi-di-laurea/informatica-270/laurea-triennale-in-informatica-d.m.-270-1">https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica/didattica/corsi-di-laurea/informatica-270/laurea-triennale-in-informatica-d.m.-270-1</a>	

<b>Instructor</b>	
Name and surname	Nicola Fanizzi
Email address	<a href="mailto:nicola.fanizzi@uniba.it">nicola.fanizzi@uniba.it</a>
Telephone number	080 544 2246
Office	Dipartimento di Informatica, Via Orabona 4, 70125, Bari. Stanza n.522, 5° piano.
E-learning platform	Piattaforma ADA - <a href="https://elearning.uniba.it/">https://elearning.uniba.it/</a>
Instructor's website	<a href="https://www.uniba.it/it/docenti/fanizzi-nicola/">https://www.uniba.it/it/docenti/fanizzi-nicola/</a>
Office hours	Tue, 9-11 by appointment to be arranged in advance. (modifications notified through the course website)

<b>Syllabus</b>	
<b>Educational goals</b>	<p>Extending skills and competencies also developed in different fields (computer science, mathematics, statistics) in the context of courses of previous years, this course aims to provide solid theoretical and practical skills in the field of Knowledge Engineering and specifically skills in solving complex problems through knowledge-based intelligent systems.</p> <p>To this purpose, models and related methods for domain knowledge representation, reasoning and machine learning, even in the presence of uncertainty, are explored in depth.</p> <p>Abstraction skills and, at the same time, the application of models and methods to specific problems, as well as their quantitative evaluation, are equally important objectives of teaching.</p>
<b>Prerequisites</b>	<p>The following background knowledge is essential for a full comprehension of the topics of this course:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• from <i>Algoritmi e Strutture Dati</i>: trees, graphs and related traversal and search algorithms</li><li>• from <i>Analisi Matematica</i> and <i>Matematica Discreta</i>: set theory, basics of propositional and first-order logic (quantifiers), relations, derivatives, and finding minima/maxima</li><li>• from <i>Basi di Dati</i>: relational algebra, integrity constraints</li><li>• from <i>Calcolo delle Probabilità e Statistica</i>: random variables, probability (conditional) distributions, independence (conditional), basic statistics</li></ul>



Course Content  
(Programme)

- **Introduction to Knowledge-based Systems:** Knowledge and Intelligence; Science and Engineering; Knowledge-Based Systems (KBS): Design; KBS Representation, Reasoning, Learning. Dimensions of Complexity (chs.1-2, 1.5hrs)
- **Problems and Solutions:** State spaces, graphs; search algorithms on (finite and non-finite) structures; uninformed strategies; heuristic search; pruning; extensions to more sophisticated strategies. (ch. 3, 5 hrs)
- **Constraints Reasoning:** Possible worlds, variables, constraints; CSP; Basic algorithms: G&T, graph search; Consistency-based algorithms, Separation of Domains, Variable elimination; Local search and stochastic algorithms; Population-based methods; Optimization: rigid and flexible constraints (ch.4, 5 hrs)
- **Propositional Knowledge Representation:** Propositions (syntax and semantics); from propositional constraints to definite clauses: reasoning algorithms; Knowledge representation issues: explanation and debugging; Reasoning by contradiction: Horn clauses, consistency-based diagnosis, reasoning with assumptions; Assumption of complete knowledge: nonmonotonic reasoning and NAF; Abduction (ch.5, 6 hrs)
- **Relational Knowledge Representation:** Relational structure; Symbols and Semantics; Datalog: first-order rules and queries; Substitutions and demonstrations: unifiers and TD / BU demonstration procedures; Introduction of functions: logic programming; Equality: axiomatization / reasoning procedures, UNA; Complete knowledge assumption and NAF (ch.15, 7 hrs)
- **Knowledge Graphs and Ontologies:** Knowledge Graphs (KGs): triples, individuals and identifiers, Graphical representations; Classes and Properties: Hierarchies, Design. Ontologies and Knowledge Sharing: The Semantic Web (RDF, RDF-S, OWL), Description Logics (ch. 16, 4.5 hrs)
- **Supervised Learning:** Learning issues; Supervised learning foundations: evaluating predictions (real/categorical features); Point estimates; Type of errors (Information Theory basics). Basic models for supervised learning: decision trees; linear models and logistic regression (SGD), linear separability Overfitting: pseudocounts, regularization, cross-validation; separabilità lineare, estensioni dei modelli lineari: SVMs (kernel machines); Composite models: bagging, boosting, stacking (hints); Limitations (ch.7, 7 hrs)
- **Neural Models:** Feedforward neural networks: parameter learning, backpropagation; Improvements: optimization/generalization, More complex models (hints): CNNs, RNNs, GNNs (ch.8, 3 hrs)
- **Reasoning and Uncertainty:** Basics of Probability theory; Independence; Belief Networks: observations and queries, construction; Inference: exact approximate inference; Sequential models: Markov Chains: HMMs, DBNs; Stochastic simulation: sampling algorithms, forward sampling, MCMC and Gibbs sampling (cap.9, 4 hrs)
- **Learning and Uncertainty:** Probabilistic Learning; bayesian learning ML and MAP models, probabilistic classifiers: bayesian classifier: Naive Bayes, TAN; Complexity and MDL Unsupervised learning: from hard clustering (k-Means) to soft clustering (EM); learning BNs: hidden variables, missing data, structure learning, general case (ch.10, 4 hrs)



<p><b>Reference textbooks</b></p>	<p><b>Base Textbook</b> D. L. Poole &amp; A. K. Mackworth <a href="#">Artificial Intelligence: Foundations of Computational Agents</a>. 3/e. Cambridge</p> <p><b>Alternative / complementary textbook</b> S. Russell &amp; P. Norvig: <a href="#">Intelligenza artificiale: Un approccio moderno</a>. 4<sup>e</sup> ed. Pearson (voll. 1-2 o edizione <a href="#">originale</a>)</p> <p>The students can find the textbooks in the local library. Their availability can be checked by visiting <a href="https://opac.uniba.it/easyweb/w8018/index.php?">https://opac.uniba.it/easyweb/w8018/index.php?</a> and arranging the lending with the librarians.</p>		
<p><b>Notes on the textbooks</b></p>	<p><b>Base Textbook (Poole &amp; Mackworth)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Also available <a href="#">online</a>, together with material for practical exercises</li> <li>• Translation in italian not available for the new edition but handouts in Italian for the chapters of interest have been prepared and made available (see ADA / Sharepoint course websites)</li> <li>• slide decks used for the presentation of the topics in the lectures, intended <b>exclusively</b> for an easy reference to the program topics, <b>not for study purposes</b></li> </ul> <p><b>Alternative textbook (Russell &amp; Norvig)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>more complete and available in italian but with topics argomenti distributed in two volumes (differently from the original English edition)</i></li> </ul> <p><i>For the examination, available on the course websites:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>indications for practical exercises to be carried out along with the lectures [using the mentioned material] that can be integrated in the final project work</i></li> <li>• <i>ideas, guidelines, evaluation criteria for the case-studies</i></li> <li>• <i>exemplars of previously examined best case-studies</i></li> </ul>		
<p><b>Activity Organization</b></p>			
<p><b>hours</b></p>			
<p>Total</p>	<p>Lectures</p>	<p>Practice sessions</p>	<p>Individual study + case study</p>
<p>150 ore</p>	<p>32 ore</p>	<p>15 ore</p>	<p>103 + 25</p>
<p><b>CFU/ETCS</b></p>			
<p>6 CFU</p>	<p>4 CFU</p>	<p>1 CFU</p>	<p><i>incl. 1 CFU (prog.)</i></p>
<p><b>Teaching Modes</b></p>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture on theoretical topics [with slide projection]</li> <li>• Presentation of examples of the use of algorithms and methods for the construction of models of representation, inference, and prediction <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ to be applied to specific domains of interest to practice (independently or in groups) with the tools made available on the base textbook website and/or indicated on the ADA/Sharepoint websites associated with the course</li> </ul> </li> <li>• Guide to the conception and development of an original KBS project <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ application of knowledge in a work to be conducted possibly (but not mandatorily) in groups</li> </ul> </li> <li>• Parts of the project can be realized during the teaching period, requiring the usage of available tools indicated (from those accompanying the text). <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ an original KBS derived from reuse and integration of existing tools: implementation effort can be limited to glue code</li> </ul> </li> </ul>			



<b>Expected Learning Outcomes</b>	
<b>Knowledge and comprehension skills</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>● The student is expected to acquire diverse skills in the specification and design of knowledge-based intelligent systems, including both mastery of the underlying theoretical aspects and implementation, evaluation and improvement skills of existing systems in different application domains.</li><li>● Alongside the theoretical aspects of logic-mathematical models, the student will learn to approach complex problems by means of appropriate representational models, realized through the encoding of domain knowledge in declarative form and involving the design of solution techniques based on the exploration of modeled search spaces.</li><li>● Within the broad field of AI, training objectives will be focused around three main directions:<ul style="list-style-type: none"><li>▫ Knowledge representation formalisms: propositional, first-order</li><li>▫ The forms of automatic reasoning: deduction, abduction, induction; reasoning in the presence of uncertainty and related models (e.g., probabilistic models)</li><li>▫ Knowledge acquisition techniques: inductive approach based on machine learning; classification models and their evaluation; probabilistic approach, also extended to relational representations</li></ul></li><li>● The student will become aware of the possibilities and limitations of knowledge-based methodologies and will be able to understand which techniques are most appropriate to address specific problems.</li></ul>
<b>Applied knowledge and comprehension skills</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>● The student, understanding the limitations of classical approaches and related tools, should learn to seize the opportunities offered by diverse technological solutions, also based on declarative paradigms, aimed at developing systems for complex problems that require intelligent behavior that can be adapted to the evolution of the available knowledge.</li><li>● In particular, the student will learn to develop independently, including collaborating with a small group of colleagues, KBSs for an application domain of interest, for solving a problem through emerging technologies in Knowledge Management and Engineering useful for solving problems in decision-making, classification, diagnosis, etc., using appropriate development environments and integrating different programming paradigms.</li></ul>



<b>Further skills</b>	<p><b>Autonomy in judgment</b> Students should develop the ability to critically evaluate what they have learned, to formulate their own point of view that they can sustain within a working group, and thus to work effectively as individuals within a team. This skill can also be acquired through specific problems posed in class and during the project development phase. It will be assessed during the oral examination, during the discussion of the implemented project, an opportunity to clarify the choices made and also to bring out the personal contributions of the participants in the working group.</p> <p><b>Communication</b> The nature of the expertise required for group work and the need to interact with clients and end users to understand their needs and effectively communicate the benefits of the design choices made, requires the identification and acquisition of skills during the project development phase that go beyond the mastery of terminology and technical skills. During this phase, the identification of knowledge sources, the discussion with the instructor and team members about possible design choices and implementation solutions, encourage the representation, communication and reconsideration of personal ideas.</p> <p><b>Autonomous Learning</b> Students in Year III are expected to have acquired a good degree of autonomy in their learning and to have matured their own methodological approach, which will be useful for subsequent studies and/or for independent further training, keeping abreast of the continuous technological evolution that characterizes the discipline. A student must be able to consult traditional bibliographical material or that which can be found through various possible channels; must be able to synthesize the contents of textbooks and/or technical manuals (mainly in English) and use them in the development of the project; must be able to present what he or she has learned during the oral examination. The presentation of the final project paper in the oral examination is the moment of verification of these skills.</p>
-----------------------	--

<b>Evaluation</b>	
<b>Assessment of learning outcomes</b>	<p>A single <b>oral</b> examination consisting of two consecutive parts:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Case study presentation and discussion*</li><li>• Theoretical and technical questions: requiring the ability to explain basic ideas, definitions, algorithms, and methods.</li></ul> <p>Final grading in 30ths</p> <p>Detailed instructions, ideas for new projects, templates, and examples of case study documentation from previous exams are available on the pages (ADA/Sharepoint) associated with the course.</p> <p>The validity of the approved project extends to all the exams of the academic year.</p> <p><i>(*) Project documentation is handed in by the exam registration deadline at Esse3 using an official form made available; admission to the oral exam is decided by the committee with a quick preliminary review of appropriateness against the required criteria (see next box) and is communicated with the publication of the turns</i></p>



<b>Evaluation Criteria</b>	<p>Knowledge and comprehension skills:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Quality of exposition of the theoretical aspects covered during the oral examination</li></ul> <p>Applied knowledge and comprehension skills:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Criteria for case study eligibility: complexity and comprehensiveness (diversity of topics in the program), quality of evaluation, originality, generality of solutions</li></ul> <p>Autonomy in judgment</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Verified during the discussion of the implemented case study: justification of choices, ability to self-evaluate the work done</li></ul> <p>Communication:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Presentation quality of technical-theoretical aspects assessed during the exam; mastery of field terminology</li></ul> <p>Autonomous Learning:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Insight into possible extensions of the models and techniques learned</li></ul>
<b>Criteria for assessing learning outcomes and final grading</b>	<p>The final grade in 30ths represents a weighted average based on the different types of skills acquired and related credits:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- 2/6 for the practical knowledge demonstrated through the discussion of the realized project</li><li>- 4/6 for theoretical knowledge acquired, determined by answering questions on the various topics in the program and also suitable for assessing the other skills (soft skills) mentioned above.</li></ul>
<b>Further Information</b>	<p>It is suggested that students rely exclusively on the information / communications provided on the official websites of the Dipartimento di Informatica, or on social platforms only if they are established and managed exclusively by the faculty members responsible for the given courses:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. <a href="https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica/didattica/corsi-di-laurea/corsi-di-laurea">https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica/didattica/corsi-di-laurea/corsi-di-laurea</a></li><li>2. <a href="https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica">https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica</a></li><li>3. <a href="https://elearning.di.uniba.it/">https://elearning.di.uniba.it/</a></li></ol> <p>Course programs are available at:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>4. <a href="https://programmi.di.uniba.it/">https://programmi.di.uniba.it/</a></li></ol> <p>Information that all students should be aware of is contained in the Teaching Regulations and Study Manifestos available on the website:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>5. <a href="https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica/didattica/corsi-di-laurea/corsi-di-laurea">https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica/didattica/corsi-di-laurea/corsi-di-laurea</a></li></ol> <p>Students are advised to be wary of information and materials circulating on unofficial websites or social groups, as they often prove to be unreliable, inaccurate or incomplete. If in doubt, request a meeting with the instructor in accordance with the reception arrangements.</p> <hr/> <ul style="list-style-type: none"><li>- ADA website for AY 2023/24 <a href="https://elearning.uniba.it/course/view.php?id=1985">https://elearning.uniba.it/course/view.php?id=1985</a></li><li>- MS Forms and ICon Team useful also for the submission of case studies</li><li>- <a href="#">Sharepoint</a> website (associated with team and ADA platform) with all information regarding the course</li></ul>