

## Allegato B2

### Quadro degli obiettivi formativi specifici e delle propedeuticità

Corso di Laurea in Artificial Intelligence & Cybersecurity

Rau, art. 12

Insegnamento	Settore Scientifico Disciplin.	Obiettivi formativi specifici (ITA)	Specific educational objectives (ENG)	Propedeuticità obbligatorie
Advanced Algorithms	INF/01	<p>Indice:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Algoritmica su stringhe</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Algoritmi e tecniche di base per la ricerca esatta su stringhe.</i></li> <li>○ <i>Algoritmo Z, Knth-Morris-Pratt, Boyer-Moore</i></li> <li>○ <i>Le strutture dati per la ricerca: Suffix Tries, Suffix Trees, Suffix Arrays</i></li> <li>○ <i>Distanze</i></li> <li>○ <i>La ricerca approssimata: programmazione dinamica</i></li> <li>○ <i>Algoritmi e tecniche di base per la ricerca approssimata su stringhe</i></li> <li>○ <i>Smith-Watermann, Landau-Vishkin</i></li> </ul> </li> <li>• <b>Algoritmi randomizzati</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Randomness e Algoritmica</i></li> <li>○ <i>Algoritmi e tecniche di base</i></li> <li>○ <i>Algoritmo di Rabin-Karp</i></li> <li>○ <i>Universal Hashing</i></li> </ul> </li> <li>• <b>Algoritmi paralleli</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Algoritmi paralleli e distribuiti: modelli di calcolo</i></li> </ul> </li> </ul>	<p>Index:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Algorithmics on strings</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Algorithms and basic techniques for exact pattern matching.</i></li> <li>○ <i>Algorithms Z, Knth-Morris-Pratt, Boyer-Moore</i></li> <li>○ <i>Data structures for string searching: Suffix Tries, Suffix Trees, Suffix Arrays</i></li> <li>○ <i>Distances</i></li> <li>○ <i>Approximate pattern matching: dynamic programming</i></li> <li>○ <i>Algorithms and basic techniques for approximate pattern matching</i></li> <li>○ <i>Smith-Watermann, Landau-Vishkin</i></li> </ul> </li> <li>• <b>Randomized algorithms</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Randomness and Algoritmica</i></li> <li>○ <i>Algorithms and basic techniques</i></li> <li>○ <i>Rabin-Karp algorithm</i></li> <li>○ <i>Universal Hashing</i></li> </ul> </li> </ul>	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Algoritmi e tecniche di base</i></li> <li>○ <i>Algoritmo BoxSort</i></li> </ul> <p>Lo/la studente/essa dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alle discipline</b></p> <p><b>1.1. Conoscenza e capacità di comprensione</b>  Conoscere le tecniche algoritmiche di base per l'analisi e l'indicizzazione di collezioni di stringhe, per l'algoritmica randomizzata, per l'algoritmica su architetture parallele o distribuite.  Conoscere la collezione dei principali algoritmi e strutture dati utilizzati nei tre campi studiati.</p> <p><b>1.2 Capacità di applicare conoscenza e comprensione</b>  Saper implementare disegnare ed analizzare algoritmi avanzati.  Saper scegliere ed utilizzare strutture dati avanzate.  Saper implementare algoritmi che siano in grado di sfruttare randomness e architetture non convenzionali</p> <p><b>Capacità trasversali / soft skills</b></p> <p><b>2.1 Autonomia di giudizio</b>  Saper scegliere architettura e strutture dati adeguate per la soluzione di problemi algoritmici su stringhe.  Saper valutare le possibilità offerte dalla randomizzazione.  Saper valutare l'utilizzo di idee algoritmiche per le più popolari architetture non convenzionali.  Saper valutare la complessità e la implementabilità di uno strumento algoritmico non elementare.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Parallel algorithms</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Parallel and distributed algorithms: computation models</i></li> <li>○ <i>Algorithms and basic techniques</i></li> <li>○ <i>BoxSort algorithm</i></li> </ul> </li> </ul> <p>The student will be able to:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><b>1.1. Knowledge and understanding</b>  Understand the basic algorithmic techniques for analyzing and indexing strings collections, for random algorithm, for algorithmic on parallel or distributed architectures.  Know the collection of the main algorithms and data structures used in the three fields studied.</p> <p><b>1.2 Applying knowledge and understanding</b>  Know how to deploy and analyze advanced algorithms. Know how to choose and use advanced data structures. Know how to implement algorithms that are able to exploit randomness and unconventional architectures</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><b>2.1 Making judgements</b>  Know how to choose suitable architecture and data structures for solving algorithmic problems on strings. Know how to evaluate the possibilities offered by randomization. Know how to use algorithmic ideas for the most popular unconventional architectures. Know how to evaluate the complexity and</p>	
--	--	---	--

		<p><b>2.2 Abilità comunicative.</b> Essere in grado di comunicare e argomentare in relazione a scelte algoritmiche, strutture dati, tecniche di disegno algoritmico/implementazione, ed architetture. Saper valutare i trade-off più significativi durante le scelte e la valutazione di una soluzione algoritmica proposta.</p> <p><b>2.3 Capacità di apprendimento</b> Saper valutare ed integrare nuove idee e tecniche algoritmiche/implementative, strutture dati e metodi di analisi della complessità computazionale.</p>	<p>implementability of a non-elemental algorithmic tool.</p> <p><b>2.2 Communication skills</b> Communicate and argue in relation to algorithmic choices, data structures, algorithmic design / implementation techniques, and architectures. Know how to evaluate the most significant trade-offs along the choices and the analysis of a proposed algorithmic solution.</p> <p><b>2.3 Learning skills</b> Know how to evaluate and integrate new ideas and algorithmic / implementation techniques, data structures and analytical methods of computational complexity.</p>	
Advanced data science	INF/01	<p>Gran parte delle attività economiche moderne non potrebbero aver luogo senza i dati, che quindi rappresentano fattori essenziali della produzione come i macchinari e le persone. L'uso efficace dei dati, la loro analisi e visualizzazione allo scopo di estrarne informazione e conoscenza, ha il potenziale per trasformare le economie, offrendo una nuova ondata di crescita della produttività e maggior tempo libero per le persone. I dati possono svolgere un ruolo economico significativo a vantaggio non solo del commercio privato, ma anche delle economie nazionali e dei loro cittadini, in particolare nel settore dell'assistenza sanitaria, dell'amministrazione pubblica, e nella soluzione di problemi globali del nostro pianeta.</p>	<p>Much of modern economic activity could not take place without data, which are therefore essential factors of production such as machinery and people. The effective use of data, its analysis and visualization for the purpose of extracting information and knowledge, has the potential to transform economies, offering a new wave of productivity growth and more leisure time for people. Data can play a significant economic role to the benefit not only of private trade, but also of national economies and their citizens, particularly in health care, public administration, and in solving global problems on our planet.</p> <p>In the course we will address the analysis and visualization of data in the R language, in particular the topics covered include:</p>	

	<p>Nel corso affronteremo l'analisi e la visualizzazione di dati nel linguaggio R, in particolare gli argomenti trattati includono:</p> <p>1. introduzione a R  2. introduzione al flusso dell'analisi dei dati: importazione, normalizzazione, trasformazione, visualizzazione, modellizzazione e comunicazione  3. la scienza delle reti: centralità e potere, similarità, comunità, resilienza, distanze e piccolo mondo, leggi di potenza e reti ad invarianza di scala  4. analisi del testo: frequenza delle parole e dei documenti, analisi dei sentimenti, n-grammi e co-apparizione di termini, topic modeling  5. blockchain</p> <p># Capacità relative alle discipline</p> <p>## Conoscenza e capacità di comprensione: lo studente dovrà aver acquisito le conoscenze e le capacità necessarie per analizzare e visualizzare dati strutturati e non strutturati e per comunicare i risultati dell'analisi</p> <p>## Conoscenza e capacità di comprensione applicate: lo studente dovrà essere in grado di usare l'ambiente R e in particolare le librerie tidyverse e tidytext per l'analisi e la visualizzazione dei dati</p> <p># Capacità trasversali/soft skills</p>	<p>1. introduction to R  2. introduction to the data analysis flow: import, normalization, transformation, visualisation, modelling and communication  3. network science: centrality and power, similarity, community, resilience, distances and small worlds, power laws and scale-free networks  4. text analysis: frequency of words and documents, sentiment analysis, n-grams and co-appearance of terms, topic modeling  5. blockchain</p> <p># Discipline-related skills</p> <p>## Knowledge and understanding: the student must have acquired the necessary knowledge and skills to analyse and visualise structured and unstructured data and to communicate the results of the analysis.</p> <p>## Applied knowledge and understanding: the student should be able to use the R environment and in particular the tidyverse and tidytext libraries for data analysis and visualization.</p> <p># Cross skills / soft skills</p> <p>## Autonomy of judgement: the student should be able to interpret the results of the data analysis and draw conclusions relevant to the domain of discourse</p>	
--	--	---	--

		<p>## Autonomia di giudizio: lo studente dovrà essere in grado di interpretare i risultati dell'analisi dei dati e trarre conclusioni attinenti al dominio del discorso</p> <p>## Abilità comunicative: lo studente dovrà essere in grado di comunicare in modo efficace e accattivante i risultati dell'analisi dei dati</p> <p>## Capacità di apprendere: lo studente dovrà dimostrare di aver appreso la tecnica di analisi dei dati sia strutturati che in formato testo e di saperla utilizzare in un contesto qualsiasi</p>	<p>## Communicative skills: the student should be able to communicate the results of the data analysis in an effective and engaging way.</p> <p>## Learning skills: the student will have to demonstrate that they have learned the technique of analysis of data, both structured and in text format, and to know how to use it in any context</p>	
Advanced database systems for big data	INF/01	<p>corso ha lo scopo di far acquisire allo studente una conoscenza approfondita di tematiche avanzate di gestione dei dati nel paradigma relazionale (tecniche avanzate di processamento e ottimizzazione di interrogazioni, progettazione fisica e basi di dati distribuite) nonché paradigmi e linguaggi alternativi per la gestione dei dati (basi di dati in XML).</p> <p>Il corso mira inoltre a fornire competenze tecniche e strumenti inerenti alla gestione e analisi di grandi quantitativi di dati, con particolare attenzione alle tecniche di data warehousing e data mining, nonché a metodi e strumenti specifici per i "big data". Tra gli argomenti trattati ci saranno il paradigma MapReduce e le blockchain e loro applicazioni.</p> <p>Alla fine del corso lo studente sarà in grado di valutare le prestazioni delle</p>	<p>The overall aim of the course is to acquire an in-depth knowledge on advanced topics in data management within the relational paradigm (advanced query processing and optimization techniques, physical design, and distributed database systems), as well as alternative data models and languages (XML databases).</p> <p>In addition, the course aims at providing competences about techniques and tools for big data management and analysis. A special attention will be given to data warehousing, data mining, and other methods and tools specific for big data. A number of key topics will be addressed, ranging from the MapReduce paradigm to blockchain and its applications.</p> <p>At the end of the course, the student will be able to evaluate and tune the</p>	

	<p>basi di dati e attuare misure di correzione, avrà assimilato i concetti e le metodologie fondamentali per la configurazione di sistemi per basi di dati distribuite e per l'analisi di piccoli e grandi quantitativi di dati.</p> <p>Capacità relative alle discipline</p> <p>1.1. Conoscenza e capacità di comprensione</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Architetture per sistemi paralleli e sistemi distribuiti di basi di dati.</li> <li>- Partizionamento e replicazione dei dati in sistemi paralleli e/o distribuiti.</li> <li>- Tecniche di processamento e ottimizzazione di interrogazioni sia in un contesto centralizzato sia in ambito distribuito.</li> <li>- Modelli di dato alternativi a quello relazionale per la gestione di dati semi-strutturati e non strutturati.</li> <li>- Caratteristiche dei sistemi di nuova generazione (NoSQL e NewSQL).</li> </ul> <p>1.2. Conoscenza e capacità di comprensione applicate</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tecniche e strumenti per l'analisi e la visualizzazione di piccoli e grandi quantitativi di dati (es.: R e RStudio).</li> <li>- Tecniche di ottimizzazione delle prestazioni di un sistema di gestione dei dati relazionale.</li> </ul>	<p>performance of a database, will have learned the concepts and methodologies for the configuration of distributed databases, and for the analysis of small and big data.</p> <p>Sector-specific skills</p> <p>1.1. Knowledge and understanding</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Parallel and distributed database system architectures.</li> <li>- Data partitioning and replication in parallel and distributed systems.</li> <li>- Centralized and distributed query processing and optimization.</li> <li>- Alternative data model (with respect to the relational paradigm) for semi-structured and unstructured data.</li> <li>- Features of new generation (NoSQL, NewSQL) systems.</li> </ul> <p>1.2. Applying knowledge and understanding</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Techniques and tools for small and big data analysis and visualization (e.g., R and RStudio).</li> </ul>	
--	---	---	--

		<p>- Processamento dei dati con sistemi non relazionali (es.: XML e MapReduce).</p> <p>Capacità trasversali/soft skills</p> <p>2.1. Autonomia di giudizio</p> <p>- Saper scegliere le tecniche corrette e gli strumenti appropriati per condurre analisi di dati.</p> <p>- Interpretare i risultati di un'analisi e trarre conclusioni concrete rilevanti al dominio di interesse.</p> <p>- Capacità di determinare l'architettura (centralizzata, parallela, distribuita, relazionale o meno) più adatta a risolvere un problema di gestione dei dati.</p> <p>- Porre in essere le strategie più opportune per migliorare le prestazioni delle interrogazioni.</p> <p>2.2. Abilità comunicative</p> <p>- Saper comunicare attraverso il lessico tecnico dei sistemi di basi di dati.</p> <p>- Saper comunicare usando la terminologia dei sistemi paralleli e distribuiti.</p>	<p>- Optimization techniques for performance improvement in relational systems.</p> <p>- Data processing in non-relational systems (e.g. XML and MapReduce).</p> <p>Cross-sectoral skills/soft skills</p> <p>2.1. Making judgments</p> <p>- Choose the correct techniques and the appropriate tools to carry out data analyses.</p> <p>- Interpret the experimental results of the analysis and draw effective conclusions relevant to the domain of discourse.</p> <p>- Determine the most suitable (centralized, parallel, distributed, relational or non-relational) architecture for a specific data management problem.</p> <p>- Implement the best strategies to improve the query performance.</p> <p>2.2. Communication skills</p> <p>- Communicate using the technical lexicon of database systems.</p>	
--	--	---	--	--

		<p>- Saper comunicare con i soggetti direttamente e indirettamente coinvolti nel processo di progettazione e sviluppo di una basi di dati, nonché con i soggetti utilizzatori (es.: saper comunicare in maniera chiara i risultati di un'analisi).</p> <p>2.3. Capacità di apprendimento</p> <p>- Saper ottimizzare un sistema di gestione dei dati, anche parallelo o distribuito.</p> <p>- Saper scegliere un campione di dati abbastanza ricco per poter condurre un'analisi da cui estrarre informazioni significative, nonché trarre e comunicare le conclusioni derivanti.</p>	<p>- Communicate using the terminology of parallel and distributed systems.</p> <p>- Communicate with the (technical and non-technical) stakeholders involved in the process of design, implementation, and use of a database system (e.g., communicate effectively the results of the analysis).</p> <p>2.3. Learning skills</p> <p>- Learn to optimize a (possibly parallel or distributed) data management system.</p> <p>- Learn to choose a sufficiently rich row data set, to analyze the data to extract meaningful information, to draw and to communicate conclusions.</p>	
Auditory and Tactile Interactions	INF/01	<p>Al termine del corso gli studenti saranno in possesso di alcune semplici metodologie per elaborare il suono e per sintetizzare vibrazioni, con particolare riferimento alla sintesi in tempo reale. In particolare: avranno appreso i fondamenti della psicologia della percezione uditiva e tattile; conosceranno la natura di un segnale e di un sistema a tempo continuo e discreto; sapranno riconoscere e valutare lo spettro di un segnale a tempo discreto; saranno a conoscenza delle tecniche tradizionali per la sintesi del suono; avranno nozioni sufficienti per valutare e progettare semplici sistemi software e hardware per la sintesi di suoni e vibrazioni;</p>	<p>After completing the course, students will master some simple sound and vibration processing methods, with specific regard to real time synthesis. In particular, they will:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- have learned the fundamentals of psychology of auditory and tactile perception;</li> <li>- know the nature of continuous-time and discrete signals and systems;</li> <li>- recognize and evaluate the spectrum of a discrete-time signal;</li> <li>- be aware of conventional techniques for sound synthesis;</li> <li>- have sufficient knowledge to evaluate and design simple software and hardware systems for the synthesis of sounds and</li> </ul>	

	<p>avranno compreso i principi base del funzionamento del software per la sintesi del suono in tempo reale, su cui avranno elaborato degli esempi di realizzazioni di modelli per la sintesi del suono e di vibrazioni.</p> <p><b>Capacità relative alle discipline:</b>  <i>Conoscenza e comprensione</i>          Gli studenti acquisiscono durante il Corso di Auditory and Tactile Interactions conoscenza di base dell'elaborazione di suono e vibrazioni nelle sue componenti fondamentali percettive, matematiche, e pratiche. Le stesse conoscenze sono applicate alla sintesi in tempo reale al calcolatore.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione</i>          Attraverso la soluzione di un numero sufficiente di esercizi, gli studenti comprendono la difficoltà di progettare e successivamente realizzare architetture software e hardware di generazione di suono e vibrazioni per applicazioni in tempo reale.</p> <p><b>Capacità trasversali /soft skills</b>  <i>Autonomia di giudizio</i>          In virtù del radicamento dell'elaborazione del suono all'interno del campo più vasto della teoria dei segnali e della teoria dei sistemi, lo studente al termine del corso avrà maturato un'autonomia di giudizio di tipo più profondo relativamente alla bontà di progettazione e alle prestazioni dei costituenti fondamentali del software per l'elaborazione dei segnali in tempo reale.</p> <p><i>Abilità comunicative</i></p>	<p>vibrations;</p> <p>- have understood the basic principles of the operation of the software for the synthesis of the sound in real time, on which they will elaborate examples of realizations of models for the synthesis of the sound and vibration.</p> <p>The expected learning outcomes are, as reflected in the following Dublin Descriptors.</p> <p><b>Sector-specific skills</b>  <i>Knowledge and understanding:</i>          Students acquire basic knowledge about sound and vibrations in their fundamental components of perception, mathematics, and operation. The same knowledge are applied to real-time synthesis on the computer.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i>          Through the solution of a sufficient number of exercises, the students understand the difficulty of designing and subsequently realize software architectures and hardware for the generation of sound and vibrations in real-time applications.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b>  <i>Making judgments:</i>          Due to sound processing as part of the broader signals and systems theory field, the student at the end of the course will have acquired a deeper autonomy in judging the design and performance quality of the real-time signal processing software fundamental components.</p> <p><i>Communication skills:</i></p>	
--	--	--	--

		<p>Al termine del corso lo studente avrà cognizione dei più importanti risultati legati alla percezione audio-tattile dei segnali, e contemporaneamente darà un significato alla terminologia legata alle tecniche e tecnologie per la resa di segnali uditivi e tattili, molto adoperata anche nell'ingegneria della comunicazione: decibel, spettro, banda, risposta in frequenza solo per citare alcuni termini. Conseguentemente, lo studente avrà future possibilità di far interagire assieme le diverse professionalità, tipicamente in possesso di abilità creative o tecniche, che operano nel settore della realizzazione della componente non visuale delle interfacce.</p> <p><i>Capacità di apprendimento</i></p> <p>Sulla base dei concetti appresi lo studente potrà successivamente approfondire una molteplicità di aspetti legati alla psicofisica della percezione uditiva e tattile, al design d'interfacce audio-tattili, e alla progettazione di software per la resa di suono e vibrazioni.</p>	<p>At the end of the course students will have knowledge of the most important results related to the audio-tactile perception of the signals, and simultaneously give a meaning to the terminology related to the techniques and technologies for the rendering of auditory and tactile signals, used a lot also in communication engineering: decibels, spectrum, bandwidth, frequency response just to mention a few terms. Consequently, the student will have future opportunities to interact with diverse professionals, typically possessing creative or technical skills, who are active in the realization of non-visual interface component.</p> <p>- <i>Learning skills:</i></p> <p>Based on the learned concepts, students will be able to explore a variety of issues in the psychophysics of auditory and tactile perception, the design of audio-tactile interfaces, and the design of software for rendering of sound and vibration.</p>	
Automated Reasoning	INF/01	<p>Il corso affronta lo studio del ragionamento automatico nell'ambito dell'Intelligenza Artificiale. Aderenti alle sotto-aree IEEE/ACM di "Intelligent Systems" saranno introdotti i principali linguaggi per la rappresentazione della conoscenza e le principali tecniche per il ragionamento su di essa. In particolare sarà posta particolare enfasi allo studio dei linguaggi logici, quali ad esempio il cosiddetto Answer Set Programming, agli action description languages adatti a definire problemi di planning e al linguaggio Minizinc</p>	<p>Automated Reasoning will be introduced according to IEEE/ACM classification as a subfield of "Intelligent Systems".</p> <p>The main languages and techniques for knowledge representation and reasoning will be presented, focusing in particular on logic languages such as Answer Set Programming, Action Description Languages for planning, and the constraint modeling language Minizinc. Those languages are commonly used for modeling and solving combinatorial optimization problems, and</p>	

	<p>per la descrizione di problemi vincolati. Tali linguaggi vengono oggi utilizzati con successo nella risoluzione di problemi combinatorici, di ottimizzazione, e nella modellazione di sistemi intelligenti, con ricadute multidisciplinari. Saranno inoltre presentate e comparate diverse tecniche per la ricerca di soluzioni e di ottimi in spazi vincolati.</p> <p>I paradigmi saranno presentati in modo rigoroso sia per quanto riguarda gli aspetti semantici ed implementativi che sotto il profilo pratico, mediante la codifica e risoluzione di diversi problemi.</p> <p><b>Programma</b>  Constraint Satisfaction/Optimization Problems (CSP/COP) e principali tecniche matematiche ed informatiche per affrontarli.  Constraint Programming: propagazione di vincoli, risolutori di vincoli, vincoli globali.  Programmazione a vincoli pratica usando Minizinc.  Programmazione logica, rappresentazione della conoscenza, e ragionamento automatico: Answer Set Programming (ASP).  Modellazione di problemi usando ASP.  Relazioni tra espressività e complessità di linguaggi per la rappresentazione della conoscenza.  Action Description Languages e Planning.</p> <p><b>Capacità relative alle discipline</b>  <b>1.1 Conoscenza e capacità di comprensione:</b> lo studente approfondirà le proprie capacità di analizzare e risolvere problemi. In particolare, vedrà una panoramica dei</p>	<p>for programming intelligent systems in a multi-disciplinary context. The main techniques for constraint-based solution search will be presented and compared. Paradigms will be presented either at a theoretical level or at a practical level, modeling and solving several benchmark problems.</p> <p><b>Program</b>  Constraint Satisfaction/Optimization Problems (CSP/COP) and main techniques used for dealing with them.  Constraint Programming: constraint propagation, constraint solver, global constraints.  Practical Constraint programming with Minizinc.  Logic programming and Knowledge Representation and Automated Reasoning: Answer Set Programming (ASP).  Practical problem definition and solving with ASP.  Relationships between expressivity and complexity.  Action Description Languages and Planning.</p> <p><b>Sector-specific skills</b>  <b>1.1 Knowledge and understanding:</b> the student will improve her/his capability of analyzing and solving problem. She/he will see an overview of the Artificial Intelligence languages for modeling problems and techniques for solving them. In particular the course is mainly focused on logical-declarative modeling and on constraint based solution search</p>	
--	--	--	--

	<p>linguaggi usati in Intelligenza Artificiale per modellare i problemi e le principali tecniche dell'Intelligenza Artificiale per trovare le soluzioni ai problemi codificati. Nel corso si enfatizzerà l'attenzione verso i linguaggi logici per la rappresentazione della conoscenza e per il ragionamento.</p> <p><b>1.2 Conoscenza e capacità di comprensione applicate:</b> Lo studente sarà in grado di scegliere il linguaggio opportuno e di modellare in tale linguaggio problemi concreti quali ad esempio problemi combinatorici, di ottimizzazione, di allocazione risorse, di ragionamento automatico, che emergono quotidianamente nelle realtà industriali.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><b>2.1 Autonomia di giudizio:</b> Dalle specifiche formali di un problema lo studente sarà in grado di capire se sia conveniente codificarlo nei linguaggi visti nel corso e, nel caso, di farlo. In particolare, se il problema risultasse NP completo, lo studente sarà in grado di codificarlo in modo compatto e di sfruttare le euristiche inserite nel corso degli anni nei risolutori dei linguaggi per una soluzione il più possibile efficiente. Similmente, lo studente sarà in grado di modellare un problema che abbia a che fare con la rappresentazione della conoscenza in un sistema mono o multi agente (che cerca/cercano di ottenere un dato obiettivo data una situazione iniziale).</p> <p><b>2.2 Abilità comunicative:</b> lo studente sarà in grado di padroneggiare la terminologia della parte "precisa" dell'intelligenza artificiale e</p>	<p><b>1.2 Applying knowledge and understanding:</b> the student will be able to exploit the knowledge of the techniques and of the languages learnt for solving real-life problems, such as combinatorial problems, scheduling problem, automated reasoning problem etc. that are ubiquitous in industry.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><b>2.1 Making judgements:</b> given the formal specifics of a problem, the student will have the capability of understanding if it is one that can be naturally solved with the techniques seen in the course. In particular, if the problem is NP complete, these techniques allow compact encodings and allow to exploit the "AI" embedded into the solvers for solutions search. Similarly, if the problem is a KR problem where several agents have to reason individually or together for reaching a specified goal, the student will know how to model and solve it.</p> <p><b>2.2 Communication skills:</b> the student will learn the precise terminology, the possibilities, and the intrinsic limits of the "exact" part of artificial intelligence and is able to use them properly when presenting his work even to non-specialists.</p> <p><b>2.3 Learning skills:</b> the student will learn some of the "magic" that is inside artificial intelligence and can use this knowledge as a starting point for the study of development of the area and of its application in several fields in the remaining part of its life. Of</p>	
--	---	---	--

		<p>sarà in grado di impiegarla opportunamente quando presenterà i propri risultati a specialisti e non.</p> <p><b>2.3 Capacità di apprendimento:</b> lo studente, essendo venuto a conoscenza delle tecniche di base per la rappresentazione della conoscenza e per il ragionamento automatico, potrà impiegarle come punto di partenza per approfondire la disciplina o per la loro applicazione in discipline affini per il resto della sua vita. Il corso presenta prevalentemente materiale in lingua inglese e dunque ciò permette di approfondire la conoscenza della lingua straniera.</p>	<p>course, being the course held in English, she/he will improve her/his language skills.</p>	
<p>Verification and Validation Techniques in AI and Cybersecurity</p>		<p><b>Obiettivi</b></p> <p>Il corso vuole presentare in modo sistematico metodi, formalismi e algoritmi per la specifica formale e la verifica automatica di sistemi reattivi complessi e alcune loro applicazioni nell'area dell'intelligenza artificiale (problemi di sintesi, planning e apprendimento) e della cybersecurity. Lo studente imparerà a padroneggiare strumenti formali di natura avanzata, sviluppati nei settori della logica matematica, della teoria degli automi e della teoria dei giochi, per l'analisi del comportamento e la verifica automatica di proprietà di sistemi complessi. Inoltre, avrà modo di conoscere e sperimentare alcuni</p>	<p><b>Objectives</b></p> <p>The course aims at providing a systematic account of computer science methods, formalisms, and algorithms for the formal specification and automatic verification of complex reactive systems and some applications of them in the area of artificial intelligence (synthesis problems, planning, learning) and cybersecurity. The student will learn how to master advanced formal tools, developed in the fields of mathematical logic, automata theory, and logical game theory, to be used for the analysis of the behavior of complex systems and the automatic verification of their relevant properties. In addition,</p>	

	<p>degli ambienti di verifica più significativi disponibili in ambito informatico. Ampio spazio verrà dedicato alla teoria degli automi a stati finiti e alle loro varianti operanti su oggetti infiniti (parole e alberi) e alle logiche temporali comunemente utilizzate (LTL, CTL e CTL*). Particolare attenzione verrà riservata ai risultati relativi all'equivalenza espressiva tra classi di automi e sistemi logici. Verrà, inoltre, illustrato il possibile utilizzo della teoria logica dei giochi nella verifica formale.</p> <p>Dal punto di vista algoritmico, con riferimento ai modelli computazionali e ai formalismi di specifica presi in considerazione, verranno studiati in dettaglio gli algoritmi per la verifica della consistenza delle specifiche e della correttezza dei modelli. Un ruolo centrale verrà assegnato agli algoritmi di model checking, che consentono di validare il comportamento di un sistema hardware o software, descritto formalmente attraverso un modello matematico appropriato (ad esempio, un automa), rispetto alle proprietà attese del sistema, specificate mediante formule logiche (ad esempio, formule di CTL). In</p>	<p>he/she will have the possibility of analyzing and practicing some of the most significant verification frameworks developed in computer science. A prominent role is assigned to the theory of finite-state automata and their variants operating on infinite objects (words and trees) and to the most commonly used temporal logics (LTL, CTL, and CTL*). A special attention is given to the expressive equivalence between classes of automata and logical systems. The possible role of the logical theory of games in formal verification is illustrated as well.</p> <p>From the algorithmic point of view, on the basis of the considered computational models and specification formalisms, the course studies in detail the main algorithms for checking the consistency of specifications (satisfiability checking) and model checking. A special emphasis is given to model checking algorithms, which make it possible to validate the behavior of hardware and software systems, described by means of a suitable mathematical model, e.g., an automaton, with respect to their formal requirements, specified by means of logical formulas, e.g., a CTL formula. In particular,</p>	
--	---	---	--

	<p>particolare, verranno illustrate le soluzioni proposte per migliorare le prestazioni degli algoritmi di model checking (OBDD e model checking simbolico, partial order reduction, bounded model checking). Verranno, inoltre, presentati alcuni degli ambienti di verifica più rappresentativi (nuSVM, SPIN, UPPAAL). Nell'ultima parte del corso verranno introdotti alcuni temi di carattere più avanzato, quali il problema della sintesi e la verifica di sistemi a stati infiniti.</p> <p>Capacità relative alle discipline</p> <p>1.1 Conoscenza e capacità di comprensione:</p> <p>Il corso vuole fornire allo studente un insieme di nozioni e di strumenti concettuali che gli consentano di modellare in modo appropriato sistemi complessi e di analizzarne in modo sistematico (algoritmico) le proprietà fondamentali. Per promuoverne la capacità di comprensione, verranno illustrati approcci alternativi ai problemi considerati, dei quali verranno evidenziate somiglianze e peculiarità.</p> <p>1.2 Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</p>	<p>the course illustrates the main solutions that have been proposed in the literature to improve the performance of model checking algorithms (OBDD and symbolic model checking, partial order reduction, bounded model checking). In addition, it presents some of the most significant verification frameworks (nuSVM, SPIN, UPPAAL). In the last part of the course, some advanced topics are briefly introduced such as the synthesis problem and infinite state system verification.</p> <p>Sector-specific skills</p> <p>1.1 Knowledge and understanding:</p> <p>The course aims at providing the student with a set of notions and conceptual tools that allow him/her to properly model complex systems and to analyze their fundamental properties in a systematic (algorithmic) way. In order to improve his/her understanding of the main contents of the course, alternative approaches to the considered problems will be illustrated, pointing out their similarities and peculiarities.</p> <p>1.2 Applying knowledge and understanding:</p>	
--	---	--	--

		<p>Lo studente avrà modo di verificare l'effettiva comprensione degli argomenti del corso su un insieme rappresentativo di problemi, alcuni abbastanza semplici, altri più difficili, che gli verranno assegnati come homework. La discussione con ciascuno studente delle soluzioni agli esercizi proposti è parte integrante del corso.</p> <p>Capacità trasversali/soft skills</p> <p>2.1 Autonomia di giudizio:</p> <p>Lo studente dovrà produrre una relazione scritta, di natura tecnica, su un argomento già affrontato in letteratura legato alle tematiche del corso. L'argomento può essere uno degli argomenti suggeriti dal docente durante il corso o può essere proposto in modo autonomo dallo studente (in questo secondo caso, è necessaria l'approvazione da parte del docente). L'argomento può essere sia di natura teorica sia di natura pratica. Tale attività vuole promuovere le capacità di analisi critica e di elaborazione autonoma dello studente.</p> <p>2.2 Abilità comunicative:</p>	<p>The student will check his/her actual understanding of the contents of the course on a representative set of problems, some of them relatively easy to solve, others definitely more complex, which will be assigned to him/her as homework. The discussion with each student of his/her solutions to the proposed problems is an essential part of the course.</p> <p>Cross-sectoral skills/soft skills</p> <p>2.1 Making judgements:</p> <p>The student must produce a written technical report on a topic from the literature related to the contents of the course. The topic can be either one of the topics suggested by the professor during the course or autonomously proposed by the student (in the latter case, the approval by the professor is requested). Moreover, the topic can be either a theoretical study or a more practical subject. Such an activity aims at promoting some fundamental abilities of the student, in particular, critical analysis and autonomous elaboration of a topic.</p> <p>2.2 Communication skills:</p>	
--	--	--	---	--

		<p>La stesura della relazione di natura tecnica sarà seguita da una presentazione orale dei suoi contenuti principali, alla quale sono invitati tutti gli studenti che hanno seguito il corso. Tale attività intende promuovere le abilità comunicative dello studente, in particolare le capacità di esposizione scritta e orale di contenuti avanzati di natura tecnica.</p> <p>2.3 Capacità di apprendimento:</p> <p>La natura degli argomenti trattati nel corso, le modalità di organizzazione e presentazione dei diversi contenuti e le modalità di verifica della loro effettiva comprensione sono finalizzati alla crescita delle capacità di apprendimento degli studenti.</p>	<p>The writing of the technical report will be followed by an oral presentation of its main contents. All students attending the course will be invited at such a presentation. Such an activity aims at enhancing the communication abilities of the student, in particular his/her ability to illustrate, in written and verbal forms, advanced contents of technical nature.</p> <p>2.3 Learning skills:</p> <p>The nature of the topics addressed by the course, their organization and presentation modalities and the way in which the actual understanding by the student is checked aim at increasing the learning abilities of the students.</p>	
Computer Network Security	INF/01	<p><b>Obiettivi</b></p> <p>L'obiettivo del corso è fornire agli studenti i metodi e le conoscenze per affrontare l'analisi, progettazione, implementazione e manutenzione dei servizi di sicurezza delle reti di calcolatori.</p> <p>In primo luogo, gli studenti imparano i concetti base della sicurezza di rete, quali asset, goal di sicurezza, vulnerabilità, minaccia, malware, attacchi, difese, modelli di sicurezza, ecc. In seguito, vengono analizzati i vari meccanismi per l'implementazione di efficaci servizi di difesa, tra cui sistemi crittografici a chiave simmetrica e asimmetrica, autenticazione di messaggi,</p>	<p>The aim of the course is to provide students with the methods and knowledge to deal with the analysis, design, implementation and maintenance of services for computer network security. First, students learn the basic concepts of network security, such as assets, security goals, vulnerabilities, threats, malware, attacks, defenses, security models, etc. Subsequently, the various mechanisms for the implementation of effective defense services are analyzed, including symmetric and asymmetric cryptographic systems, message authentication, user and entity</p>	Reti di calcolatori

	<p>autenticazione di utenti e di entità, sistemi di prevenzione e/o di rilevamento delle intrusioni, piattaforme software e hardware fidate. Il corso è corredato da esempi pratici ed esercitazioni, con l'utilizzo di strumenti quali packet sniffer, honeypot, verificatori formali di protocolli.</p> <p>Al termine del corso gli studenti saranno in grado di progettare l'architettura di sistemi ed applicazioni sicure, e aggiornare autonomamente le proprie competenze nel settore, anche tramite risultati recenti della ricerca nell'area</p> <p>Capacità relative alle discipline</p> <p>1.1 Conoscenza e capacità di comprensione: lo studente acquisisce le conoscenze e capacità necessarie per analizzare e progettare i servizi di sicurezza di una rete di calcolatori, e comprendere le problematiche ad essa connesse. Le conoscenze coprono molteplici aspetti: crittografia, protocolli di sicurezza, firme digitali, autenticazione, analisi del rischio, piattaforme fidate, verifica formale.</p> <p>1.2 Conoscenza e capacità di comprensione applicate: grazie ad una serie di esempi presentati a lezione e esercizi mirati alla risoluzione di casi pratici, lo studente acquisisce specifiche capacità di applicare a casi reali le conoscenze maturate sui vari aspetti della disciplina.</p> <p>Capacità trasversali/soft skills</p> <p>2.1 Autonomia di giudizio: lo studente acquisisce una capacità di valutazione critica dei diversi</p>	<p>authentication, intrusion prevention and/or detection systems, trusted software and hardware platforms. The course is accompanied by practical examples and exercises, with the use of tools such as packet sniffers, honeypots, formal protocol verifiers.</p> <p>At the end of the course students will be able to design the architecture of secure systems and applications, and independently update their skills in the sector, also through recent research results in the area.</p> <p>Sector-specific skills</p> <p>1.1 Knowledge and understanding: the student acquires the knowledge and skills necessary to analyze and design the security services of a computer network, and understand the problems related to it. The knowledge covers multiple aspects: cryptography, security protocols, digital signatures, authentication, risk analysis, trusted platforms, formal verification.</p> <p>1.2 Applied knowledge and understanding skills: thanks to a series of examples presented in class and exercises aimed at solving practical cases, the student acquires specific skills to apply the knowledge gained on various aspects of the discipline to real cases.</p> <p>Cross-sectoral skills / soft skills</p>	
--	--	---	--

		<p>problemi di sicurezza di una rete di calcolatori e di come essi possono influire sul funzionamento di un sistema informativo aziendale, in diversi contesti d'uso e per diverse categorie di utenza.</p> <p>2.2 Abilità comunicative: lo studente impara a descrivere e progettare le problematiche di sicurezza di una rete di calcolatori in modo tecnicamente corretto ed usando la terminologia appropriata. Questo permette allo studente di inserirsi rapidamente in contesti professionali in cui questa terminologia tecnica è essenziale.</p> <p>2.3 Capacità di apprendimento: il corso fornisce le basi e gli strumenti che permettono allo studente di approfondire ed affrontare autonomamente problemi inerenti all'analisi, progettazione e realizzazione dei servizi di sicurezza di una rete di calcolatori.</p>	<p>2.1 Autonomy of judgment: the student acquires a critical assessment ability of the various security problems of a computer network and how they can affect the functioning of a corporate information system, in different contexts and for different categories of users.</p> <p>2.2 Communication skills: the student learns to describe and plan the security problems of a computer network in a technically correct way and using the appropriate terminology. This allows the student to quickly enter professional contexts where this technical terminology is essential.</p> <p>2.3 Learning skills: the course provides the basics and tools that allow the student to investigate and independently deal with problems related to analysis, design and implementation of the security services of a computer network.</p>	
Complexity and information theory	INF/01	<p>Indice:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Teoria della Complessità</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Complessità in termini di Tempo e Spazio su Macchine di Turing e altri modelli classici</i></li> <li>○ <i>Relazioni tra le classi di complessità</i></li> <li>○ <i>Riduzioni, completezza e istanze di linguaggi nelle diverse classi</i></li> <li>○ <i>Modelli di calcolo non standard: DNA e Quantum Computing</i></li> </ul> </li> </ul>	<p>Index:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Complexity Theory</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Time and Space complexity on Turing Machines and other classical models</i></li> <li>○ <i>Relationships between complexity classes</i></li> <li>○ <i>Reductions, completeness and instances of languages in the different classes</i></li> <li>○ <i>Non standard computational models: DNA and Quantum Computing</i></li> </ul> </li> </ul>	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Algoritmi su Grafi alla base della complessità computazionale: reachability, trace equivalence and bisimulation</i></li> <li>● <b>Information Theory</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Concetti di base</i></li> <li>○ <i>Entropia e compressione dei dati</i></li> <li>○ <i>Mutua Informazione</i></li> <li>○ <i>Complessità di Kolmogorov</i></li> </ul> </li> </ul> <p>Lo studente dovrà essere in grado di:</p> <p><b>Capacità relative alle discipline</b></p> <p><b>1.1. Conoscenza e capacità di comprensione</b>  Definire formalmente i modelli classici di calcolo e le classi di complessità in tempo e spazio. Presentare alcuni elementi di ogni classe di complessità studiata. Enunciare e dimostrare i risultati della teoria della complessità presentati durante il corso. Definire i modelli di calcolo DNA e Quantum e confrontarli con i modelli classici. Descrivere gli algoritmi su grafi. Definire le nozioni standard della teoria dell'informazione. Descrivere i risultati classici sulla compressione dei dati presentati durante il corso.</p> <p><b>1.2 Capacità di applicare conoscenza e comprensione</b>  Classificare i linguaggi in termini di complessità in tempo e spazio. Elaborare riduzioni tra i linguaggi. Definire e implementare algoritmi sui grafi per varianti dei problemi analizzati nel corso. Modellare e risolvere problemi semplici della teoria delle informazioni: compressione dei dati e codifica del canale.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Graph algorithms at the basis of computational complexity: reachability, trace equivalence and bisimulation</i></li> <li>● <b>Information Theory</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Basic Concepts</i></li> <li>○ <i>Entropy and data compression</i></li> <li>○ <i>Mutual Information</i></li> <li>○ <i>Kolmogorov complexity</i></li> </ul> </li> </ul> <p>The student should be able to:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><b>1.1. Knowledge and understanding</b>  Formally define the classical models of computation and the time/space complexity classes.  Present some proper members of each studied complexity class.  Present and prove the complexity theory results presented during the course.  Define the DNA and Quantum models of computation and compare them with the classical models.  Describe algorithms on graphs.  Define the standard notions of Information Theory.  Present the classical results on data compression presented during the course.</p> <p><b>1.2 Applying knowledge and understanding</b>  Classify languages in terms of time and space complexity.  Elaborate reductions between languages.  Define and implement algorithms over graphs for variants of the problems</p>	
--	--	--	--

		<p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><b>2.1 Autonomia di giudizio</b> Stabilire se un problema può essere risolto in modo efficiente o no. Elaborare algoritmi efficienti per risolvere nuovi problemi. Introdurre vincoli per rendere un problema trattabile. Stimare le prestazioni di diversi sistemi di informazione e comunicazione.</p> <p><b>2.2 Abilità comunicative.</b> Motivare le soluzioni proposte. Spiegare quali condizioni aggiuntive potrebbero contribuire a risolvere il problema in modo più efficiente. Giustificare le scelte del modello computazionale e delle strutture dati. Spiegare i metodi di codifica e di compressione e i limiti informativi.</p> <p><b>2.3 Capacità di apprendimento</b> Trovare e sfruttare soluzioni esistenti su problemi correlati. Sfruttare nuovi strumenti per migliorare le complessità computazionali. Identificare e fornire soluzioni per problemi di teoria dell'informazione, codifica e comunicazione.</p>	<p>analysed in the course. Model and solve simple problems of Information Theory: data compression and channel coding.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><b>2.1 Making judgements</b> Establish whether a problem can be efficiently solved or not. Elaborate efficient algorithms for solving new problems. Eventually introduce constraints to make a problem tractable. Estimate performances of different information and communication systems.</p> <p><b>2.2 Communication skills.</b> Motivate the proposed solutions. Explain which additional conditions could help to solve the problem more efficiently. Justify the choices of the computational model and data structures. Explain coding and compression methods and information limits.</p> <p><b>2.3 Learning skills</b> Find and exploit existing solutions over related problems. Exploit new instruments for improving the computational complexities. Identify information, coding and communication problems/solutions.</p>	
Computer vision	INF/01	<p>Conoscenza e capacità di comprensione (knowledge and understanding). Lo studente dovrà acquisire conoscenze sugli scopi della Computer Vision; le limitazioni delle attuali conoscenze; le cause di incertezza nell'uso degli algoritmi.</p>	<p>Knowledge and understanding The student is expected to acquire knowledge about the goals of the Computer Vision, as well as the limitations of the current state of the art; the sources of uncertainties and errors.</p>	

		<p>Conoscenza e capacità di comprensione applicate (applying knowledge and understanding). Lo studente dovrà comprendere i problemi concretamente risolvibili dalla Computer Vision, con le limitazioni tecnologiche. Dovrà progettare e implementare algoritmi. Dovrà valutare le incertezze; le stime di errore; la qualità delle soluzioni tecnologiche.</p> <p>Autonomia di giudizio (making judgements) Tra gli obiettivi dell'insegnamento vi è rendere lo studente autonomo nel valutare a-priori se un problema pratico può essere affrontato con strumenti di computer vision; con quali vincoli tecnologici; con quali incertezze.</p> <p>Abilità comunicative (communication skills). Lo studente dovrà saper presentare un problema risolvibile con le tecniche di Computer Vision; dovrà esporre le tecniche algoritmiche di soluzione adottate e le cause di incertezza o di errore. Dovrà saper documentare in una relazione tecnica scritta il problema affrontato e la soluzione proposta.</p> <p>Capacità di apprendere (learning skills). Lo studente dovrà saper apprendere i termini di un problema affrontabile con la Computer Vision; formularlo correttamente; saper impostare una soluzione in termini algoritmici. Imparare a valutare le incertezze. Imparare a usare in modo efficace le librerie di algoritmi e riusare il software disponibile.</p>	<p>Applying knowledge and understanding The student is expected to address and correctly solve the problems that can currently be faced with the Computer Vision. To design and implement the requested algorithms. He/she should be capable to estimate quantitatively the limitations and the sources of uncertainties when solving the problems themselves.</p> <p>Making judgements The student should be able to autonomously evaluate whether a practical problem can be addressed with the Computer vision toolboxes. He/she is expected to estimate the constraints and the uncertainties pertaining to the problem.</p> <p>Communication skills The student should be able to illustrate a problem to be addressed with the Computer Vision tools. She/he should present the algorithmic solutions, as well as the uncertainty estimates. He/she should be able to prepare a written technical report.</p> <p>Learning skills The student should demonstrate flexibility in learning the terms of a problem, with constraints and uncertainties. She/he should be capable to use the software resources, as well as re-use the available code.</p>	
--	--	--	---	--

Deep learning	ING-INF/05	<p>Il corso si propone di presentare nel dettaglio le architetture e gli algoritmi per la definizione, l'implementazione e l'addestramento di Reti Neurali Artificiali. Il Deep Learning, la cui traduzione letterale significa apprendimento profondo, è una sottocategoria del Machine Learning e indica quella branca dell'Intelligenza Artificiale che fa riferimento ai sistemi e agli algoritmi ispirati alla struttura e alla funzione del cervello chiamate Reti Neurali Artificiali.</p> <p>Recentemente grazie alla quantità crescente d'informazioni digitalmente disponibili il Machine Learning, e in particolare il Deep Learning, è diventato un importante settore dell'informatica con moltissime applicazioni in svariati settori tra cui la bioinformatica, la medicina, l'analisi automatica del testo, l'analisi automatica delle immagini e video, il riconoscimento del parlato, i sistemi di guida autonoma ecc. L'obiettivo principale del corso è quindi fornire allo studente le conoscenze fondamentali per risolvere problemi di apprendimento automatico attraverso una corretta formulazione del problema, una progettazione critica dell'architettura neurale da utilizzare e un'analisi sperimentale per valutare i risultati ottenuti. Per questo motivo il corso prevede lezioni in laboratorio al fine di consentire allo studente la sperimentazione diretta delle nozioni apprese su applicazioni reali.</p> <p>Capacità relative alle discipline</p>	<p>The course aims to present architectures and algorithms in order to design, implement and train Artificial Neural Networks. Deep Learning is subfield of Machine Learning and it is a branch of Artificial Intelligence which refers to systems and algorithms inspired by the structure and function of the brain called Artificial Neural Networks.</p> <p>Recently, thanks to the increasing amount of data digitally available, Machine Learning, and Deep Learning in particular, has become an important field of computer science with several applications in different scientific areas such as bioinformatics, medicine, natural language processing, computer vision, speak recognition, autonomous driving systems, and so on.</p> <p>The course aims to enable students to acquire basic knowledge to solve machine learning tasks through a proper formulation of the problem, a critical choice of the neural network architecture and an experimental analysis of the obtained results. The course includes laboratory activities so that students can directly test on real applications concepts learned in class.</p> <p>Capacità relative alle discipline 1.1 Knowledge and understanding: During the course, the student will learn basic knowledge of the main components used for neural network development and their</p>	

		<p>1.1 Conoscenza e capacità di comprensione: durante il corso lo studente acquisirà conoscenze teoriche dei principali componenti utilizzati per lo sviluppo di una rete neurale e dei metodi di apprendimento delle stesse; inoltre, apprenderà le procedure formali per la valutazione e l'analisi dei risultati ottenuti.</p> <p>1.2 Conoscenza e capacità di comprensione applicate: l'attività di laboratorio permetterà allo studente di consolidare le conoscenze teoriche presentate durante le lezioni frontali del docente attraverso il loro utilizzo in casi reali.</p> <p>Capacità trasversali/soft skills</p> <p>2.1 Autonomia di giudizio: lo studente acquisirà capacità teoriche e pratiche che gli consentiranno di sviluppare in autonomia algoritmi di Deep Learning e analizzarne criticamente i risultati prodotti.</p> <p>2.2 Abilità comunicative: lo studente imparerà la terminologia appropriata e sarà in grado di descrivere le principali caratteristiche delle architetture neurali e degli algoritmi di apprendimento presentati durante il corso.</p> <p>2.3 Capacità di apprendimento: il corso mira a fornire allo studente gli strumenti necessari per affrontare e risolvere autonomamente problemi inerenti all'apprendimento automatico attraverso lo sviluppo critico di architetture neurali.</p>	<p>learning strategies. He will also learn procedures for evaluating and analyzing the obtained results.</p> <p>1.2 Applied knowledge and understanding: the laboratory activity allows the student to consolidate the theoretical knowledge, presented during the lectures, through their use in real application cases.</p> <p>Capacità trasversali/soft skills</p> <p>2.1 Autonomous assessments: the student will acquire theoretical and practical skills that will allow him to develop Deep Learning systems algorithms and to analyse critically the obtained results.</p> <p>2.2 Communication skills: the student will learn appropriate terminology and he will be able to present the main features of Deep Learning architectures and algorithms presented in the course.</p> <p>2.3 Learning skills: the course aims to provide students with the basic knowledge needed to understand and solve automatically machine learning problems using critically Deep Learning techniques.</p>	
Distributed Systems	INF/01	L'obiettivo del corso è fornire agli studenti i metodi e le conoscenze per individuare e affrontare le questioni e i problemi che sorgono nella progettazione e realizzazione di sistemi distribuiti, come architetture orientate	The aim of the course is to provide students with the methods and knowledge to identify and address the issues and problems that arise in the design and implementation of distributed systems,	

	<p>ai servizi, servizi cloud-based, sistemi peer-to-peer, ambienti collaborativi, eccetera. In primo luogo, gli studenti imparano i punti di forza intrinseci e le limitazioni di sistemi distribuiti rispetto ai sistemi sequenziali o fortemente accoppiati, e come sfruttare correttamente questi punti di forza. A tal fine, si studiano le architetture principali, i paradigmi di comunicazione basata su messaggi e i middleware utilizzati nei sistemi distribuiti. Poi, vengono introdotti Jolie e Erlang, due linguaggi specificamente progettati per la programmazione distribuita. Infine, si studiano gli algoritmi per la risoluzione di molti problemi comuni in sistemi distribuiti, come ad esempio il rilevamento dei fallimenti, il rilevamento dei deadlock, il consenso, la computazione peer-to-peer, e transazioni distribuite.</p> <p><b>Capacità relative alle discipline</b></p> <p><i>1.1 Conoscenza e capacità di comprensione:</i>  lo studente acquisisce le conoscenze e capacità necessarie per analizzare e progettare un sistema distribuito, e comprendere eventuali problematiche ad esso connesse. Le conoscenze coprono molteplici aspetti: architettura fisica e logica, vari modelli client/server, p2p, multi-tier; paradigmi di comunicazione; middleware a oggetti, a componenti, a servizi; linguaggi specifici per sistemi distribuiti; algoritmi per la risoluzione dei problemi ricorrenti dei sistemi distribuiti.</p> <p><i>1.2 Conoscenza e capacità di comprensione applicate:</i></p>	<p>such as service-oriented architectures, cloud-based services, peer-to-peer systems, collaborative environments, and so on. First, students learn intrinsic strengths and limitations of distributed systems over sequential or strongly coupled systems, and how to properly leverage these strengths. To this end, the main architectures, the communication-based paradigms and the middleware used in distributed systems are studied. Then, Jolie and Erlang, two languages specifically designed for distributed programming, are introduced. Finally, the course presents the main algorithms to solve many common problems in distributed systems, such as failure detection, deadlock detection, peer-to-peer computing, and distributed transactions.</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>1.1 Knowledge and understanding:</i>  The student acquires the knowledge and skills needed to analyze and design a distributed system, and to understand related issues. This knowledge covers multiple aspects: physical and logical architectures, various client/server, p2p, multi-tier models; communication paradigms; middlewares oriented to objects, components, services; specific languages for distributed systems; algorithms for solving recurrent problems of distributed systems.</p> <p><i>1.2 Applying knowledge and understanding:</i></p>	
--	---	--	--

		<p>grazie ad una serie di esempi presentati a lezione e esercizi mirati alla risoluzione di casi pratici, lo studente acquisisce specifiche capacità di applicare a casi reali le conoscenze maturate sui vari aspetti della disciplina.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p>2.1 <i>Autonomia di giudizio</i>: lo studente acquisisce una capacità di valutazione critica delle diverse caratteristiche di un sistema distribuito e di come esse possono influire sul funzionamento di un sistema informativo aziendale o di una applicazione distribuita, in diversi contesti d'uso e per diverse categorie di utenza.</p> <p>2.2 <i>Abilità comunicative</i>: lo studente impara a descrivere e progettare un sistema distribuito in modo tecnicamente corretto ed usando la terminologia appropriata. Questo permette allo studente di inserirsi rapidamente in contesti professionali in cui questa terminologia tecnica è essenziale.</p> <p>2.3 <i>Capacità di apprendimento</i>: il corso fornisce le basi e gli strumenti che permettono allo studente di approfondire ed affrontare autonomamente problemi inerenti all'analisi, progettazione e realizzazione di un sistema distribuito.</p>	<p>By means of a series of examples presented in class and exercises aimed at solving practical cases, the student will learn how to apply to real-life cases the knowledge about the various aspects of the discipline.</p> <p><b>Cross-sectoral skills / soft skills</b></p> <p>2.1. <i>Making judgments</i>: the student acquires the capability of assessing the different characteristics of a distributed system and how they can affect the functioning of a business information system or distributed application in different contexts and for different categories of users.</p> <p>2.2 <i>Communication Skills</i>: the student learns how to describe and design a distributed system in a technically correct manner and using the appropriate terminology. This allows the student to be quickly acquainted in professional contexts where this technical terminology is essential.</p> <p>2.3 <i>Learning Skills</i>: The course provides the basics and tools that enable the student to deepen and face independently issues related to the analysis, design and realization of a distributed system.</p>	
Formal methods	INF/01	<p>L'obiettivo del corso di Metodi Formali è quello di fornire allo studente strumenti rigorosi per la verifica formale di correttezza di programmi. In particolare, verrà illustrata la Logica di Hoare, basata su invarianti, per la verifica di programmi sequenziali, paralleli e distribuiti. Si discuteranno formalmente correttezza e terminazione di diversi algoritmi</p>	<p>The aim of the course on Formal Methods is to illustrate rigorous tools for the formal verification of program correctness. In particular, the Hoare Logic, based on</p> <p>The aim of the course on Formal Methods is to illustrate rigorous tools for the formal verification</p>	<p>Programmazione e laboratorio Logica Matematica Sistemi Operativi. Programming Logic Operating Systems</p>

	<p>sequenziali classici. Mentre questioni come assenza di deadlock e fairness verranno affrontate formalmente per una serie di problemi paradigmatici di concorrenza, quali produttore-consumatore, trasmissione di dati.</p> <p>Capacità relative alla disciplina</p> <p>1.1 Conoscenza e capacità di comprensione: conoscere e comprendere le principali tecniche usate per descrivere formalmente la semantica di programmi e per verificarne la correttezza, sia nel caso di programmi sequenziali che nel caso di programmi concorrenti (paralleli e distribuiti).</p> <p>1.2 Conoscenza e capacità di comprensione applicate: saper applicare tecniche per la verifica formale di proprietà di programmi.</p> <p>Capacità trasversali/soft skills</p> <p>2.1 Autonomia di giudizio: lo studente impara a essere cosciente delle ambiguità presenti nelle descrizioni informali, e a usare tecniche di formalizzazione per la verifica di correttezza.</p> <p>2.2 Abilità comunicative: lo studente impara a formalizzare e a descrivere in maniera rigorosa il comportamento atteso di programmi sequenziali e concorrenti.</p> <p>2.3 Capacità di apprendimento: il corso fornisce le nozioni fondamentali</p>	<p>of program correctness. In particular, the Hoare Logic, based on</p> <p>The aim of the course on Formal Methods is to illustrate rigorous tools for the formal verification of program correctness. In particular, the Hoare Logic, based on program invariants, will be presented for the verification of sequential, parallel and distributed programs. Correctness and termination of a number of classical sequential algorithms will be discussed formally, while issues such as deadlock and fairness will be formally analyzed for a number of paradigmatic problems of concurrency, such as Producer-Consumer, Data Transmission.</p> <p>Sector-specific skills</p> <p>1.1 Knowledge and understanding: to know and understand the principal techniques used to formally describe the semantics of programs, and to study the correctness of sequential and concurrent programs, both parallel and distributed.</p> <p>1.2 Applying knowledge and understanding: to know how to apply techniques for the formal verification of properties of programs.</p> <p>Cross-sectoral skills/soft skills</p> <p>2.1. Making judgments: the student learns how to recognise ambiguities</p>	
--	---	---	--

		dei metodi formali per la verifica di correttezza dei programmi.	in informal descriptions, and how to use formal techniques to verify program correctness. 2.2 Communication skills: the students learns how to formalise and describe in a rigorous way the expected behaviour of sequential and concurrent programs. 2.3 Learning skills: fundamental notions concerning formal methods are given for studying and verifying program correctness.	
Foundations of cybersecurity and ethics	INF/01			
Foundations of neural networks	INF/01	<p>Scopo del corso</p> <p>Il corso sarà una introduzione alle Reti Neurali, con un focus specifico sulla loro storia, i loro successi/sconfitte ed il loro status attuale da un punto di vista sia teorico che applicativo. Nella parte iniziale si osserveranno brevemente le reti neurali biologiche; si passerà quindi ad illustrare quali sono le componenti di base di una rete neurale e come queste vengono integrate nel modello. Successivamente passeremo a studiare il processo di learning nelle sue principali varianti (unsupervised/supervised, reinforced, etc.) e le più popolari strategie/topologie di reti. A seguire vedremo una galleria di modelli di rete (Jordan, Elman, Hopfield, Radial-Basis, etc.) e ne discuteremo i contesti applicativi per i quali risultano più efficaci</p>	<p>Course aim</p> <p>The course will be an introduction to the Neural Networks, with a specific focus on their history, their successes / defeats and their current status from both a theoretical and application point of view. In the initial part, biological neural networks will be briefly observed; we will then go on to illustrate what are the basic components of a neural network and how they are integrated into the model. We will then move on to studying the learning process in its main variants (unsupervised / supervised, reinforced, etc.) and the most popular network strategies / topologies. Following we will see a gallery of network models (Jordan, Elman, Hopfield, Radial-Basis, etc.) and we will discuss the application contexts for which they are most effective.</p>	

	<p>1 Capacità relative alle discipline L'obiettivo principale è quello di introdurre i concetti di base, i risultati, la terminologia e, soprattutto, gli strumenti matematici comunemente utilizzati nel campo delle reti neurali oggi. Il campo è in forte e veloce espansione e richiede una ferma comprensione degli aspetti fondamentali e dei limiti computazionali della disciplina. In questo senso è essenziale una conoscenza di base sicura degli aspetti fondamentali dello strumento formale che le reti neurali rappresentano.</p> <p>1.1 Conoscenza e capacità di comprensione: L'obiettivo è la costruzione di un sistema integrato di conoscenze teoriche e pratiche, che consenta allo studente un'analisi critica del potenziale e dei limiti delle reti neurali.</p> <p>1.2 Conoscenza e capacità di comprensione applicate: La capacità di analisi del potenziale delle reti neurali si dovrà coordinare con una comprensione dei principali contesti applicativi per le quali i diversi tipi di rete vengono oggi utilizzati nelle applicazioni.</p> <p>2 Capacità trasversali Molti problemi algoritmici vengono oggi affrontati e risolti utilizzando reti neurali. Cercheremo di illustrare e chiarire quali</p>	<p>1 Sector-specific skills The main objective is to introduce the basic concepts, results, terminology and, above all, the mathematical tools commonly used in the field of neural networks today. The field is rapidly expanding and requires a firm understanding of the fundamental aspects and computational limits of the discipline. In this sense, a secure basic knowledge of the fundamental aspects of the formal tool that neural networks represent, is essential.</p> <p>1.1 Knowledge and comprehension skills: The goal is the construction of an integrated system of theoretical and practical knowledge, which allows the student a critical analysis of the potential as well as of the limits of neural networks.</p> <p>1.2 Knowledge and comprehension applied skills: The ability to analyze the potential of neural networks will be coordinated with an understanding of the main application contexts for which different types of networks are used today in applications.</p> <p>2 Cross-sectoral skills/soft skills Many algorithmic problems are being addressed and solved today using neural networks. We will try to illustrate and clarify</p>	
--	---	---	--

	<p>problemi si prestano ad una soluzione classica, da un punto di vista algoritmico, e quali invece è naturale vengano affrontati mediante l'uso di reti neurali.</p> <p>2.1 Autonomia di giudizio: L'obiettivo è quello di garantire la capacità di classificazione dei problemi che è opportuno affrontare mediante l'uso di reti neurali, di scelta di quale sia la rete più opportuna per un dato problema e di proposta di quali siano le tecniche più opportune per il suo training.</p> <p>2.2 Abilità comunicative: La terminologia nel campo delle reti neurali è un elemento essenziale per una efficace comunicazione. Questo sia dal punto di vista di una analisi ed illustrazione delle potenzialità, che da un punto di vista dei contesti applicativi per le quali si intende utilizzarle. In questo senso, obiettivo del corso sarà la cura di una attenta analisi dei termini da utilizzare nel comunicare gli aspetti relativi alle caratteristiche essenziali delle reti e dei problemi per le cui soluzioni queste vengono proposte.</p> <p>2.3 Capacità di apprendimento Si intende fornire agli allievi una adeguata serie di strumenti ed esempi atti a garantire loro la possibilità di studiare nuovi e originali modelli di rete e/o nuovi e originali modelli di training e di valutazione delle performances delle reti.</p>	<p>which problems lend themselves to a classical solution, from an algorithmic point of view, and which instead is natural to address through the use of neural networks.</p> <p>2.1 Making judgements: The aim is to guarantee the ability to classify problems that should be addressed through the use of neural networks, to choose which is the most appropriate network for a given problem, and to propose which are the most appropriate techniques for his training.</p> <p>2.2 Communication skills: Terminology in the field of neural networks is an essential element for effective communication. This is the case both from the point of view of an analysis and illustration of the potential, and from the point of view of the application contexts for which it is intended to use them. In this sense, the objective of the course will be the care of a careful analysis of the terms to be used in communicating the aspects relating to the essential characteristics of the networks and the problems for which solutions are proposed.</p> <p>2.3 Learning skills: The aim is to provide students with an adequate set of tools and examples to guarantee them the possibility of studying new</p>	
--	---	---	--

			and original network models and / or new and original training models and evaluation techniques of network performances.	
Information Retrieval	ING-INF/05	<p>L'information Retrieval (IR) è una disciplina che è importante storicamente e che ha ricevuto un forte impulso in seguito all'avvento del Web. Il corso mira a presentare gli aspetti concettualmente più importanti dei sistemi d'IR, con particolare attenzione ai motori di ricerca sul Web. Il corso è diviso nelle due parti seguenti:</p> <p><b>1. IR classico:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● le interfacce utente per l'IR (classificazione, rassegna);</li> <li>● i modelli formali dell'IR (Booleano, spazio vettoriale, probabilistico e varianti quali BM25, Language models);</li> <li>● la struttura di un indice invertito (aspetti di base, compressione);</li> <li>● la classificazione (definizione, classificatori naive di Bayes);</li> <li>● il clustering (algoritmi gerarchici e approssimati);</li> <li>● la valutazione (fondamenti, metodologie, metriche; aspetti di ricerca).</li> </ul> <p><b>2. Web IR:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● il grafo del Web (dimensioni e forma: reti piccolo mondo, a invariata di scala, forma a papillon);</li> <li>● l'analisi dei link per il ranking a altre applicazioni (PageRank, HITS, varianti);</li> </ul>	<p>Information Retrieval (IR) is a discipline that has a high historical importance and has received an even increased attention after the coming of the Web. The course aims to present the main conceptual issues underlying IR systems, with particular emphasis on Web search engines. The course is divided into the two following parts;</p> <p><b>1. Classical IR:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● user interfaces for IR (classification, survey);</li> <li>● formal IR models (Boolean, vector space, probabilistic and variants as BM25, Language models);</li> <li>● structure of the inverted index (basics, compression);</li> <li>● classification (definition, naive Bayes classifiers)</li> <li>● clustering (hierarchical and approximate algorithms);</li> <li>● evaluation (foundations, methodologies, metrics; research topics).</li> </ul> <p><b>2. Web IR:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Web graph (size and shape: small world and scale-free networks, bow-tie shape);</li> <li>● link analysis for ranking and other applications (PageRank, HITS, variants);</li> </ul>	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>● il crawling (concetti e architettura);</li> <li>● spam (cenni);</li> <li>● architettura di un motore di ricerca (cenni).</li> </ul> <p>Vengono inoltre presentati casi di studio e approfondimenti.</p> <p><b>Capacità relative alle discipline</b></p> <p><b>1.1</b> <i>Conoscenza e capacità di comprensione:</i> lo studente acquisisce le conoscenze di base sull'Information retrieval e sulle problematiche connesse. Egli inoltre conosce sia gli argomenti di base sia le correnti linee di ricerca e le tendenze future della disciplina.</p> <p><b>1.2</b> <i>Conoscenza e capacità di comprensione applicate:</i> lo studente impara ad analizzare, comprendere e valutare i modelli principali dei sistemi d'IR, per quanto concerne sia l'IR classico sia l'IR sul Web. Acquisisce inoltre conoscenze sulle tecniche di valutazione dei sistemi d'IR e impara a scegliere fra le varie metodologie di valutazione.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><b>2.1</b> <i>Autonomia di giudizio:</i> lo studente acquisisce una capacità di valutazione critica sulle tecnologie, gli algoritmi e le tecniche che possono influire positivamente o negativamente sull'uso corretto ed efficace dei sistemi d'IR.</p> <p><b>2.2</b> <i>Abilità comunicative:</i> lo studente impara a descrivere in modo tecnicamente corretto ed usando la terminologia appropriata lo stato dell'arte dell'IR. Sa inoltre evidenziare anche le connessioni con altri corsi riguardanti le tecnologie web per il cloud, la scienza dei dati,</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● crawling (concepts and architecture);</li> <li>● spam (short account);</li> <li>● search engine architecture (short account).</li> </ul> <p>Furthermore, some case studies and specific issues are presented and discussed.</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><b>1.1</b> <i>Knowledge and understanding:</i> the student will acquire the basic knowledge of the IR field and of related topics. The student will know both basic topics and advanced research trends of the field, with some hints at future research developments.</p> <p><b>1.2</b> <i>applying knowledge and understanding:</i> the student learns to analyze, understand, and evaluate the main IR models, for both classic and Web IR. The student will also know the evaluation techniques of IR system effectiveness, as well as learn how to choose among the various evaluation methodologies.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><b>2.1</b> <i>Making judgements:</i> the student acquires the skills to critically evaluate how technologies, algorithms, and techniques can positively or negatively affect a correct and effective use of IR systems.</p> <p><b>2.2</b> <i>Communication skills:</i> the student learns how to describe in a technically appropriate way, and using the correct terminology, the state of the art of the IR discipline. The student also can emphasize the relationships with other courses, concerning</p>	
--	---	--	--

		<p>l'internet of things, il machine learning e il social computing.</p> <p><b>2.3 Capacità di apprendimento:</b> lo studente impara ad essere autonomo nell'espandere le proprie conoscenze sull'IR oltre le nozioni e gli esempi appresi ed analizzati durante il corso. È anche in grado di informarsi autonomamente consultando la letteratura scientifica.</p>	<p>web/cloud technologies, data science, internet of things, machine learning, and social computing.</p> <p><b>2.3 Learning skills:</b> the student learns how to autonomously expand his/her own knowledge of IR concepts beyond the notions and examples that have been presented during the lectures. The student is also able to autonomously obtain information from the scientific literature.</p>	
Interactive 3D Graphics	ING-INF/05	<p>Dai dispositivi mobili fino ai sistemi per la Realtà Virtuale, sempre più applicazioni si basano sulla capacità di visualizzare, in modo realistico, oggetti e scene tridimensionali con cui gli utenti possono interagire: videogiochi, esperienze immersive, visualizzazioni di prodotti e di progetti sono gli esempi più noti. Il corso introduce i principali concetti, algoritmi e tecnologie nel campo della grafica 3D interattiva, con esempi pratici in WebGL (tramite la libreria three.js) e Unity. In particolare, partendo dalla pipeline per il rendering interattivo, si esamina in dettaglio il suo funzionamento: definizione di geometrie, trasformazioni, generazione di frammenti, e loro assemblaggio in nell'immagine finale. Si passa poi alla simulazione dei materiali e degli effetti dell'illuminazione, esaminando nel dettaglio le equazioni per il <i>Physically-Based Rendering</i> (e la loro implementazione tramite linguaggi di shading) oggi ampiamente utilizzate nei videogiochi, nella produzione cinematografica e nella realtà virtuale. Infine, si trattano aspetti strettamente correlati al</p>	<p>From mobile devices to virtual reality systems, more and more applications are based on the capability to visualize 3D objects and scenes, faithfully simulate their aspect, and allow users to interact with them. Notable examples include videogames, immersive experiences, product and design visualization. The course introduces the main concepts, algorithms and technologies in the field of interactive 3D graphics, with practical examples in WebGL (through the three.js library) and Unity. More specifically, starting from the interactive 3D rendering pipeline, we examine in detail its functioning: geometry representation, transformations, rasterization, and fragments merging into the final image. Then, we focus on how to simulate the effect of lighting on materials, presenting the equations for <i>Physically-Based Rendering</i> (and their implementation through shading languages) that are nowadays popular in videogames, movie production, and virtual reality. Finally, we also cover topics that are strictly related to</p>	

	<p>rendering, come le tecniche di animazione e le strutture dati spaziali.</p> <p>Argomenti principali:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Il ciclo per il rendering 3D interattivo. La pipeline per il rendering in tempo reale.</li> <li>• Rappresentazione di geometrie.</li> <li>• Trasformazioni affini. Proiezioni ortografiche e prospettiche.</li> <li>• Rasterizzazione e interpolazione. Aliasing e metodi di anti-aliasing.</li> <li>• Shader programmabili. Il linguaggio glsl.</li> <li>• Physically-Based Shading. L'equazione generale di rendering. BRDF lambertiana e micro-facet.</li> <li>• Tecniche di shading: material mapping, bump mapping, reflection mapping, refraction mapping, environment mapping, shadow mapping.</li> <li>• Rendering basato su immagini. Effetti di post-processing.</li> <li>• Animazioni tramite keyframing, skeleton-based, basate su leggi fisiche. Sistemi di particelle.</li> </ul> <p><b>Capacità relative alle discipline</b>  Lo/la studente/studentessa dovrà:</p> <p><b>1.1. Conoscenza e capacità di comprensione</b>  Durante il corso, lo studente acquisisce le conoscenze necessarie per comprendere il funzionamento di un'applicazione basata su grafica 3D interattiva (videogiochi, applicazioni di realtà virtuale, visualizzazioni 3D). Inoltre, sa valutarne le prestazioni ed individuare come migliorarle.</p>	<p>rendering, such as animation techniques and spatial data structures.</p> <p>Main topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The interactive 3D rendering cycle. The real-time rendering pipeline.</li> <li>• Geometry representation.</li> <li>• Affine transformations. Perspective and orthographic projections.</li> <li>• Rasterization and interpolation. Aliasing and anti-aliasing methods.</li> <li>• Programmable shaders. The glsl language.</li> <li>• Physically-Based Shading. General rendering equation. Lambertian and micro-facet BRDF.</li> <li>• Shading techniques: material mapping, bump mapping, reflection mapping, refraction mapping, environment mapping, shadow mapping.</li> <li>• Image-based rendering. Post-processing effects.</li> <li>• Animation techniques: keyframing, skeleton-based, physics-based. Particle systems.</li> </ul> <p><b>Sector-specific skills</b>  <b>1.1. Knowledge and understanding</b>  During the course, the student learns how to understand the functioning of an application based on interactive 3D graphics (videogames, virtual reality applications, 3D visualizations). Moreover, he/she knows how to evaluate and improve the rendering performances.</p>	
--	--	---	--

		<p><b>1.2 Capacità di applicare conoscenza e comprensione</b>  Grazie ai numerosi esempi ed esercizi, e alle attività di progettazione e implementazione richieste per l'esame, lo studente acquisisce la capacità di progettare e implementare un'applicazione basata su grafica 3D interattiva, anche Web-based, scegliendo le tecnologie e gli algoritmi più adatti al caso specifico.</p> <p><b>Capacità trasversali / soft skills</b></p> <p><b>2.1 Autonomia di giudizio</b>  Lo studente acquisisce una capacità di valutazione critica sulle tecnologie, gli algoritmi e le tecniche di programmazione che possono influire positivamente o negativamente sulla corretta ed efficace implementazione di un'applicazione basata su grafica 3D.</p> <p><b>2.2 Abilità comunicative.</b>  Lo studente impara a descrivere in modo tecnicamente corretto, ed usando la terminologia appropriata, un'applicazione o una tecnica della grafica 3D interattiva.</p> <p><b>2.3 Capacità di apprendimento</b>  Lo studente impara ad essere autonomo nell'espandere le proprie conoscenze oltre le nozioni e gli esempi appresi ed analizzati durante il corso, acquisendo le conoscenze di base per accedere alla letteratura tecnico / scientifica relativa ad argomenti avanzati.</p>	<p><b>1.2 Applying knowledge and understanding</b>  Thanks to several examples and exercises, and to the projects that are due for the exam, the student learns how to design and implement an application based on interactive 3D graphics, Web-based or not, choosing the algorithms and technologies that are more suited to the case at hand.</p> <p><b>Cross-sectoral/soft skills</b></p> <p><b>2.1 Making judgements</b>  The student learns how to critically evaluate the technologies, algorithms and programming techniques that can determine the correct and effective implementation of an application based on interactive 3D graphics.</p> <p><b>2.2 Communication skills</b>  The student learns how to describe, in technically suitable terms, an application or a technique in the field of interactive 3d graphics.</p> <p><b>2.3 Learning skills</b>  The student learns how to become autonomous in expanding his/her knowledge beyond the concepts and examples that are given in class, by acquiring the basic knowledge which is necessary to access the technical and scientific literature about advanced topics.</p>	
Quantum computing and communication	INF/01	<p>Programma:</p> <p>1) Introduzione e panoramica  Bit quantistici  Algoritmi quantistici</p>	<p>Syllabus:</p> <p>1) Introduction and overview  Quantum bits  Quantum algorithms</p>	

	<p>Elaborazione sperimentale dell'informazione quantistica  Informazione quantistica  2) Introduzione alla meccanica quantistica  Algebra lineare  I postulati della meccanica quantistica  Applicazione: codifica superdensa  L'operatore densita'  Decomposizione e purificazioni di Schmidt  EPR e disuguaglianze di Bell  3) Circuiti quantistici  Algoritmi quantistici  Operazioni a singolo qubit  Operazioni controllate  Misurazione  Porte quantistiche universali  Riepilogo del modello di calcolo con circuiti quantistici  4) La trasformata quantistica di Fourier e le sue applicazioni  La trasformata quantistica di Fourier  Stima della fase  Applicazioni: ricerca di ordine e fattorizzazione  Applicazioni generali della trasformata quantistica di Fourier  5) Algoritmi di ricerca quantistica  L'algoritmo di ricerca quantistica  Ricerca quantistica come simulazione quantistica  Conteggio quantistico  Accelerare la soluzione dei problemi NP-completi  Ricerca quantistica di un database non strutturato  Ottimalita' dell'algoritmo di ricerca</p>	<p>Experimental quantum information processing  Quantum information  2) Introduction to quantum mechanics  Linear algebra  The postulates of quantum mechanics  Application: superdense coding  The density operator  The Schmidt decomposition and purifications  EPR and the Bell inequalities  3) Quantum circuits  Quantum algorithms  Single qubit operations  Controlled operations  Measurement  Universal quantum gates  Summary of the quantum circuit model of computation  4) The quantum Fourier transform and its applications  The quantum Fourier transform  Phase estimation  Applications: order-finding and factoring  General applications of the quantum Fourier transform  5) Quantum search algorithms  The quantum search algorithm  Quantum search as a quantum simulation  Quantum counting  Speeding up the solution of NP-complete problems  Quantum search of an unstructured database  Optimality of the search algorithm</p>	
--	--	--	--

		<p>Limiti degli algoritmi black box 6) Computer quantistici: realizzazione fisica</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conoscenza e capacita' di comprensione</li> </ul> <p>Conoscere i principi base delle tecnologie basate sulla fisica quantistica, le principali possibilita' e comprensione delle differenze rispetto ai modelli di calcolo non-quantistici.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conoscenza e capacita' di comprensione applicate</li> </ul> <p>Schematizzazione di circuiti quantistici e loro utilizzo in algoritmi semplici, ma rappresentativi delle potenzialita'. Capacita' di utilizzo delle principali porte quantistiche.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Autonomia di giudizio Saper giudicare autonomamente le potenzialita' e i limiti della computazione quantistica allo stato attuale delle tecnologie.</li> <li>- Abilita' comunicative Capacita' di esporre e comunicare le particolarita' del calcolo e della comunicazione quantistica in ambito non fisico in presentazioni o brevi tesine.</li> <li>- Capacita' di apprendere</li> </ul>	<p>Black box algorithm limits 6) Quantum computers: physical realization</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Knowledge and understanding</li> </ul> <p>Knowing the basic principles of based technologies on quantum physics, the main possibilities and understanding the differences with respect to non-quantum calculation models</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Applying knowledge and understanding</li> </ul> <p>Schematization of quantum circuits and their use in simple algorithms, but representative of the potential applications. Ability to use the main quantum gates.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Making judgements; Knowing how to judge the potential and the limits of quantum computing with current technologies independently.</li> <li>- Communication skills Ability to exhibit and communicate peculiarities of computing and quantum communication to a non-physicist audience in presentations or short term papers.</li> <li>- Ability to learn Learning concepts of quantum physics and ability to relate them computer science language and tools.</li> </ul>	
--	--	---	---	--

		Apprendere concetti di ambito fisico e metterli in relazione al linguaggio e agli strumenti informatici.		
Recommender systems	ING-INF/05	<p>Obiettivi del corso sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conoscere i concetti e gli algoritmi fondamentali delle tecniche di Personalizzazione adattativa dei Contenuti WEB, dello User Modeling e dei Recommender Systems</li> <li>- riuscire a comprendere come le innovazioni del Web ne influenzano e ne influenzeranno l'utilizzo.</li> <li>- saper definire e progettare un modello utente.</li> <li>- saper scegliere le tecniche di personalizzazione (adattativa) più adeguate.</li> <li>- saper analizzare un problema di accesso all'informazione personalizzato e proporre una possibile soluzione.</li> </ul> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alle discipline</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Conoscenza e capacità di comprensione:</i> acquisire specifiche conoscenze dei principali concetti e principi teorici delle tecniche di Personalizzazione dei Contenuti WEB. Conoscere e sapere utilizzare le tecniche di personalizzazione adattativa</li> <li>2. <i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> saper analizzare e comprendere un algoritmo di</li> </ol>	<p>The course objectives are:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Knowing basic concepts and algorithms of adaptive personalization techniques, user modeling and recommender systems;</li> <li>- Understanding the relationship between Web personalization and the evolution of Web and Internet</li> <li>- Knowing how to specify and to design a user model</li> <li>- Knowing how to select the most adequate personalization techniques</li> <li>- Knowing how to analyze a personalized information access problem and how to propose a solution</li> </ul> <p>The student will have to:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Knowledge and understanding:</i> acquiring specific knowledge of the main concepts and basic principles of Web Content Personalization. Knowing and exploiting techniques for adaptive personalization.</li> <li>2. <i>Applying knowledge and understanding:</i> knowing how to analyze and interpret an adaptive personalization algorithm, how to analyze an information access problem,</li> </ol>	

		<p>personalizzazione adattativa, saper analizzare ed interpretare un problema di accesso personalizzato all'informazione ed applicare le conoscenze di cui sopra per affrontare specifiche problematiche applicative, progettare l'architettura logica di un sistema di personalizzazione adattativa per la soluzione di problemi reali.</p> <p><b>Capacità trasversali / soft skills</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Autonomia di giudizio</i>: saper valutare i sistemi Web dal punto di vista dell'opportunità di utilizzare tecniche di personalizzazione adattativa e saper effettuare una scelta della tecnica ritenuta più adatta per la soluzione. Saper distinguere tra diverse soluzioni di personalizzazione adattativa e valutarne la validità.</li> <li>2. <i>Abilità comunicative</i>: saper illustrare con rigore logico e terminologico, a voce e per iscritto, questioni tecniche inerenti tecniche e sistemi di personalizzazione adattativa dei contenuti Web.</li> <li>3. <i>Capacità di apprendimento</i>: saper reperire e utilizzare strumenti bibliografici e informatici utili per l'approfondimento autonomo di problemi inerenti la personalizzazione adattativa dei contenuti Web.</li> </ol>	<p>how to apply the above mentioned knowledge in specific application context, how to design the logical architecture of a recommender system.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Making judgments</i>: being able to independently evaluate the characteristics of the tools and methodologies to be applied in the various contexts of recommender and adaptive personalization systems.</li> <li>2. <i>Communication skills</i>: acquiring the ability to describe effectively and through appropriate models the scenario of an adaptive personalized system, its benefits and risks</li> <li>3. <i>Learning skills</i>: being able to learn the overall functioning of recommender systems and their implications.</li> </ol>	
Verification and validation techniques in AI and cybersecurity	INF/01	<p>Obiettivi</p> <p>Il corso vuole presentare in modo sistematico metodi, formalismi e algoritmi per la specifica formale e</p>	<p>Objectives</p> <p>The course aims at providing a systematic account of computer science methods, formalisms, and</p>	

	<p>la verifica automatica di sistemi reattivi complessi e alcune loro applicazioni nell'area dell'intelligenza artificiale (problemi di sintesi, planning e apprendimento) e della cybersecurity. Lo studente imparerà a padroneggiare strumenti formali di natura avanzata, sviluppati nei settori della logica matematica, della teoria degli automi e della teoria dei giochi, per l'analisi del comportamento e la verifica automatica di proprietà di sistemi complessi. Inoltre, avrà modo di conoscere e sperimentare alcuni degli ambienti di verifica più significativi disponibili in ambito informatico. Ampio spazio verrà dedicato alla teoria degli automi a stati finiti e alle loro varianti operanti su oggetti infiniti (parole e alberi) e alle logiche temporali comunemente utilizzate (LTL, CTL e CTL*). Particolare attenzione verrà riservata ai risultati relativi all'equivalenza espressiva tra classi di automi e sistemi logici. Verrà, inoltre, illustrato il possibile utilizzo della teoria logica dei giochi nella verifica formale.</p> <p>Dal punto di vista algoritmico, con riferimento ai modelli computazionali e ai formalismi di specifica</p>	<p>algorithms for the formal specification and automatic verification of complex reactive systems and some applications of them in the area of artificial intelligence (synthesis problems, planning, learning) and cybersecurity. The student will learn how to master advanced formal tools, developed in the fields of mathematical logic, automata theory, and logical game theory, to be used for the analysis of the behavior of complex systems and the automatic verification of their relevant properties. In addition, he/she will have the possibility of analyzing and practicing some of the most significant verification frameworks developed in computer science. A prominent role is assigned to the theory of finite-state automata and their variants operating on infinite objects (words and trees) and to the most commonly used temporal logics (LTL, CTL, and CTL*). A special attention is given to the expressive equivalence between classes of automata and logical systems. The possible role of the logical theory of games in formal verification is illustrated as well.</p> <p>From the algorithmic point of view, on the basis of the considered computational models and</p>	
--	---	---	--

	<p>presi in considerazione, verranno studiati in dettaglio gli algoritmi per la verifica della consistenza delle specifiche e della correttezza dei modelli. Un ruolo centrale verrà assegnato agli algoritmi di model checking, che consentono di validare il comportamento di un sistema hardware o software, descritto formalmente attraverso un modello matematico appropriato (ad esempio, un automa), rispetto alle proprietà attese del sistema, specificate mediante formule logiche (ad esempio, formule di CTL). In particolare, verranno illustrate le soluzioni proposte per migliorare le prestazioni degli algoritmi di model checking (OBDD e model checking simbolico, partial order reduction, bounded model checking). Verranno, inoltre, presentati alcuni degli ambienti di verifica più rappresentativi (nuSVM, SPIN, UPPAAL). Nell'ultima parte del corso verranno introdotti alcuni temi di carattere più avanzato, quali il problema della sintesi e la verifica di sistemi a stati infiniti.</p> <p>Capacità relative alle discipline</p> <p>1.1 Conoscenza e capacità di comprensione:</p>	<p>specification formalisms, the course studies in detail the main algorithms for checking the consistency of specifications (satisfiability checking) and model checking. A special emphasis is given to model checking algorithms, which make it possible to validate the behavior of hardware and software systems, described by means of a suitable mathematical model, e.g., an automaton, with respect to their formal requirements, specified by means of logical formulas, e.g., a CTL formula. In particular, the course illustrates the main solutions that have been proposed in the literature to improve the performance of model checking algorithms (OBDD and symbolic model checking, partial order reduction, bounded model checking). In addition, it presents some of the most significant verification frameworks (nuSVM, SPIN, UPPAAL). In the last part of the course, some advanced topics are briefly introduced such as the synthesis problem and infinite state system verification.</p> <p>Sector-specific skills</p> <p>1.1 Knowledge and understanding:</p>	
--	--	--	--

		<p>Il corso vuole fornire allo studente un insieme di nozioni e di strumenti concettuali che gli consentano di modellare in modo appropriato sistemi complessi e di analizzarne in modo sistematico (algoritmico) le proprietà fondamentali. Per promuoverne la capacità di comprensione, verranno illustrati approcci alternativi ai problemi considerati, dei quali verranno evidenziate somiglianze e peculiarità.</p> <p>1.2 Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</p> <p>Lo studente avrà modo di verificare l'effettiva comprensione degli argomenti del corso su un insieme rappresentativo di problemi, alcuni abbastanza semplici, altri più difficili, che gli verranno assegnati come homework. La discussione con ciascuno studente delle soluzioni agli esercizi proposti è parte integrante del corso.</p> <p>Capacità trasversali/soft skills</p> <p>2.1 Autonomia di giudizio:</p> <p>Lo studente dovrà produrre una relazione scritta, di natura tecnica, su un argomento già affrontato in</p>	<p>The course aims at providing the student with a set of notions and conceptual tools that allow him/her to properly model complex systems and to analyze their fundamental properties in a systematic (algorithmic) way. In order to improve his/her understanding of the main contents of the course, alternative approaches to the considered problems will be illustrated, pointing out their similarities and peculiarities.</p> <p>1.2 Applying knowledge and understanding:</p> <p>The student will check his/her actual understanding of the contents of the course on a representative set of problems, some of them relatively easy to solve, others definitely more complex, which will be assigned to him/her as homework. The discussion with each student of his/her solutions to the proposed problems is an essential part of the course.</p> <p>Cross-sectoral skills/soft skills</p> <p>2.1 Making judgements:</p> <p>The student must produce a written technical report on a topic from the literature related to the</p>	
--	--	---	--	--

	<p>letteratura legato alle tematiche del corso. L'argomento può essere uno degli argomenti suggeriti dal docente durante il corso o può essere proposto in modo autonomo dallo studente (in questo secondo caso, è necessaria l'approvazione da parte del docente). L'argomento può essere sia di natura teorica sia di natura pratica. Tale attività vuole promuovere le capacità di analisi critica e di elaborazione autonoma dello studente.</p> <p>2.2 Abilità comunicative:</p> <p>La stesura della relazione di natura tecnica sarà seguita da una presentazione orale dei suoi contenuti principali, alla quale sono invitati tutti gli studenti che hanno seguito il corso. Tale attività intende promuovere le abilità comunicative dello studente, in particolare le capacità di esposizione scritta e orale di contenuti avanzati di natura tecnica.</p> <p>2.3 Capacità di apprendimento:</p> <p>La natura degli argomenti trattati nel corso, le modalità di organizzazione e presentazione dei diversi contenuti e le modalità di verifica della loro effettiva comprensione sono finalizzati alla crescita delle</p>	<p>contents of the course. The topic can be either one of the topics suggested by the professor during the course or autonomously proposed by the student (in the latter case, the approval by the professor is requested). Moreover, the topic can be either a theoretical study or a more practical subject. Such an activity aims at promoting some fundamental abilities of the student, in particular, critical analysis and autonomous elaboration of a topic.</p> <p>2.2 Communication skills:</p> <p>The writing of the technical report will be followed by an oral presentation of its main contents. All students attending the course will be invited at such a presentation. Such an activity aims at enhancing the communication abilities of the student, in particular his/her ability to illustrate, in written and verbal forms, advanced contents of technical nature.</p> <p>2.3 Learning skills:</p> <p>The nature of the topics addressed by the course, their organization and presentation modalities and</p>	
--	--	---	--

		capacità di apprendimento degli studenti.	the way in which the actual understanding by the student is checked aim at increasing the learning abilities of the students.	
Video game programming	INF/01	<p>L'obiettivo del corso è introdurre i principi, le metodologie e gli strumenti applicativi per lo sviluppo di video game, inclusi i serious game, i video game per i dispositivi mobili e quelli per la realtà virtuale. Il corso accompagna l'introduzione dei concetti teorici e delle metodologie utilizzabili per programmare i diversi aspetti di un video game (ad esempio, l'interfaccia utente e l'intelligenza artificiale dei personaggi non giocanti) con l'applicazione pratica dei concetti e delle metodologie mediante l'utilizzo di uno dei game engine più diffusi. Il corso introduce anche alcuni concetti base sulla ottimizzazione e la valutazione dei video game (ad esempio, la game analytics), utili per migliorare la programmazione.</p> <p>Conoscenza e capacità di comprensione: gli studenti acquisiscono conoscenze specifiche sui diversi aspetti relativi alla programmazione di video game. Inoltre, imparano a scegliere tra le diverse metodologie proposte per ciascuno degli aspetti considerati, a seconda della piattaforma e degli utenti target del video game da programmare.</p> <p>Conoscenza e capacità di comprensione applicate: gli studenti acquisiscono competenze specifiche per applicare le conoscenze alla programmazione pratica di un</p>	<p>The aim of the course is to introduce the principles, methodologies and application tools for the development of video games, including serious games, video games for mobile devices and those for virtual reality. The course introduces the theoretical concepts and the methodologies that can be used to program the different aspects of a video game (for example, the user interface and the artificial intelligence of non-playing characters), and shows the practical application of these concepts and methodologies by using one of the most popular game engines. The course also introduces some basic concepts concerning the optimization and evaluation of video games (for example, game analytics), useful for improving programming.</p> <p>Knowledge and understanding: students acquire specific knowledge about the different aspects related to video game programming. They also learn to choose from the different methodologies proposed for each of the considered aspects, depending on the platform and the target users of the video game to program.</p> <p>Applying knowledge and understanding: students acquire specific skills to apply knowledge to the practical programming of</p>	<p>Gli studenti devono conoscere le basi della programmazione e dell'interazione uomo-macchina.</p> <p>Students must be familiar with the basics of computer programming and human-computer interaction.</p>

		<p>video game, utilizzando uno dei game engine più diffusi.</p> <p>Autonomia di giudizio: gli studenti acquisiscono la capacità di valutare, sulla base di dati oggettivi, le prestazioni di un video game e di capire come le scelte di sviluppo possano influire sull'esperienza di gioco.</p> <p>Abilità comunicative: gli studenti imparano la terminologia appropriata per descrivere i vari aspetti della programmazione di un video game. Inoltre, apprendono come comunicare contenuti importanti, come informazioni relative alla salute e alla sicurezza delle persone, attraverso un video game.</p> <p>Capacità di apprendere: il corso fornisce le conoscenze e gli strumenti applicativi di base che consentono allo studente di approfondire e affrontare autonomamente questioni più complesse relative alla programmazione di video game.</p>	<p>a video game, using one of the most popular game engines.</p> <p>Making judgements: students acquire the ability to evaluate the performance of a video game based on objective data and to understand how development choices can affect the gaming experience.</p> <p>Communication skills: students learn the appropriate terminology to describe the various aspects related to video game programming. Moreover, they learn how to communicate serious content, such as information about health and safety of people, by means of a video game.</p> <p>Learning skills: The course provides the basic knowledge and application tools that allow the student to deepen and autonomously address more complex issues related to video game programming.</p>	
Virtual reality and persuasive user experience	INF/01	<p>L'obiettivo del corso è introdurre i principi, le metodologie e le applicazioni delle aree in rapida crescita della realtà virtuale e delle tecnologie persuasive, con un'attenzione approfondita su come gli utenti ne fanno esperienza (User Experience). La parte teorica del percorso include la percezione della realtà, i modelli psicologici di persuasione e i fattori che li riguardano. La parte metodologica del corso si occupa delle diverse scelte progettuali che devono essere intraprese per creare sistemi interattivi e esperienze coinvolgenti e</p>	<p>The aim of the course is to introduce the principles, methodologies, and applications of the rapidly growing areas of Virtual Reality and Persuasive Technologies, with a comprehensive focus on how users experience them (User Experience). The theoretical part of the course includes human perception of reality, psychological models of persuasion, and the factors that affect them. The methodological part of the course deals with the different design choices that have to be taken to create</p>	

	<p>persuasive, nonché con metriche e metodi per valutare la loro efficacia. La parte applicativa del corso presenta le diverse categorie di applicazioni della realtà virtuale, dei serious game e delle tecnologie persuasive, tra cui diversi casi di studio. Il corso include compiti pratici che consentono agli studenti di applicare le tecniche di valutazione apprese nel corso a casi di studio reali.</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p> <p>1.1 <i>Conoscenza e comprensione</i>: gli studenti acquisiscono conoscenze multidisciplinari specifiche sulla realtà virtuale, sulla tecnologia persuasiva e sulla user experience. Inoltre, imparano a scegliere tra diverse tecniche per la progettazione di esperienze virtuali e persuasive, a seconda degli obiettivi dell'applicazione, del suo contesto di utilizzo e del suo utente target.</p> <p>1.2 <i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione</i>: attraverso una serie di studi di casi e di compiti, gli studenti acquisiscono competenze specifiche per applicare la conoscenza della disciplina ai vari aspetti dei progetti reali riguardanti la realtà virtuale e le esperienze persuasive negli utenti.</p> <p><b>Capacità trasversali/Soft skills</b></p> <p>2.1. <i>Autonomia di giudizio</i>: gli studenti acquisiscono la capacità di valutare criticamente le diverse caratteristiche della realtà virtuale e della tecnologia persuasiva e come ogni scelta di progettazione può influire positivamente o negativamente sull'efficacia dell'esperienza utente in diversi contesti di utilizzo e per diverse categorie di utenti.</p>	<p>engaging and persuasive interactive systems and virtual experiences, as well as with the metrics and methods to evaluate their effectiveness. The application part of the course presents the different categories of applications of virtual reality, serious games, and persuasive technologies, including several real-world case studies. The course includes practical assignments that allow students to apply the evaluation techniques learned in the course to real-world case studies.</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p>1.1 <i>Knowledge and understanding</i>: Students acquire specific multidisciplinary knowledge about virtual reality, persuasive technology, and user experience. They also learn to choose from various techniques for the design of virtual and persuasive experiences, depending on the objectives of the application, its context of use, and its target user.</p> <p>1.2 <i>Applied knowledge and understanding</i>: Through a series of case studies and assignments, students acquire specific skills to apply knowledge of the discipline to the various aspects of real-world projects concerning virtual reality and persuasive user experiences.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p>2.1. <i>Making judgments</i>: Students acquire the ability to critically evaluate the different features of virtual reality and persuasive technology, and how each design choice can positively or negatively affect the</p>	
--	--	---	--

		<p><i>2.2 Capacità di comunicazione:</i> Gli studenti imparano a descrivere la realtà virtuale e le esperienze persuasive dell'utente in modo tecnico corretto e utilizzando la terminologia appropriata. Il corso inoltre dedica diverse lezioni al tema della comunicazione persuasiva e tale conoscenza può essere utilizzata anche per la comunicazione interpersonale.</p> <p><i>2.3 Capacità di apprendimento:</i> Il corso fornisce le conoscenze e gli strumenti che consentono allo studente di approfondire e affrontare autonomamente questioni relative alla progettazione e valutazione della realtà virtuale e alle esperienze persuasive negli utenti.</p>	<p>effectiveness of the user experience in different contexts of use and for different categories of users.</p> <p><i>2.2 Communication Skills:</i> Students learn to describe virtual reality and persuasive user experiences in a technically correct way and using the appropriate terminology. The course also devotes several lessons to the topic of persuasive communication, and such knowledge can be used also for interpersonal communication.</p> <p><i>2.3 Learning skills:</i> The course provides the knowledge and tools that enable the student to deepen and address autonomously issues related to the design and evaluation of virtual reality and persuasive user experiences.</p>	
--	--	---	---	--