



Principali informazioni sull'insegnamento

Denominazione dell'insegnamento	Modelli Decisionali e Ottimizzazione	
Corso di studio	Laurea Magistrale in Data Science	
Anno Accademico	2025/26	
Crediti formativi universitari (CFU) / European Credit Transfer and Accumulation System (ECTS)	6 CFU	
Settore Scientifico Disciplinare	MATH05-A (ex MAT/08)	
Lingua di erogazione	Italiano	
Anno di corso	Secondo	
Periodo di erogazione	1° semestre, le date esatte sono riportate nel manifesto/regolamento	
Obbligo di frequenza	No, ma la frequenza è fortemente raccomandata	
Sito web del corso di studio	https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica/didattica/corsi-di-laurea/corsi-di-laurea	

Docente/i	
Nome e cognome	Nicoletta Del Buono
Indirizzo mail	nicoletta.delbuono@uniba.it
Telefono	0805442711
Sede	Dipartimento di Matematica, Via Orabona 4, 70125, Bari. Stanza n.24, 2° piano
Sede virtuale	Piattaforma e-learning UNIBA - https://elearning.uniba.it/
Sito web del docente	https://www.dm.uniba.it/members/delbuono
Ricevimento (giorni, orari e modalità, es. su appuntamento)	Per appuntamento da concordare via mail (per incontrare le necessità dei discenti sarà possibile concordare anche ricevimenti in modalità remota)

Syllabus



Obiettivi formativi	Acquisizione degli strumenti di base della modellazione di problemi decisionali basati sui dati e delle principali tecniche numeriche di ottimizzazione matematica necessarie per la loro risoluzione.
Prerequisiti	<p>FONDAMENTI DI MATEMATICA: continuità per funzioni di più variabili variabile, vettore gradiente e matrice Hessiana di una funzione in più variabili, proprietà e operazioni di differenziazione di funzioni multivariate; condizioni necessarie e sufficienti per la determinazione analitica di punti di minimo locale in R^n e minimi vincolati.</p> <p>FONDAMENTI DI METODI NUMERICI: proprietà di base di vettori e matrici. calcolo matriciale, autovalori e autovettori, forma di Echelon di una matrice reale, metodo di eliminazione di Gauss per la risoluzione di sistemi di equazioni lineari.</p>
Contenuti di insegnamento (Programma)	<ul style="list-style-type: none">• Modelli di decisione: Esempi di problemi di decisione e loro formalizzazione matematica <i>Lezione frontale h:2</i>• Programmazione lineare<ul style="list-style-type: none">◦ Introduzione ai modelli decisionali di programmazione lineare. Esempi. Modellazione di un problema di programmazione lineare in forma canonica. PL in forma canonica e in forma standard. Variabili di slack e di surplus. Esempi <i>Lezione frontale h:3</i>◦ Teorema fondamentale della PL. Esempio introduttivo al metodo del simplesso. Lemmi del simplesso e Metodo delle due Fasi. <i>Lezioni frontali h: 5</i>◦ Risoluzione di un modello di programmazione lineare intera intera mediante l'algoritmo di Branch and Bound. Costruzione dell'albero delle decisioni. Operazioni di branching (idea del branching binario). Operazioni di bounding e soluzione del Rilassamento lineare. Approssimazione per difetto delle soluzioni non intere. Operazioni di Potatura e criterio di stop. Esempi del funzionamento del B&B <i>Lezioni frontali h: 5.</i>• Review dei metodi iterativi per sistemi non lineari e loro utilizzo nei problemi di ottimizzazione non vincolata.<ul style="list-style-type: none">◦ Sistemi di equazioni non lineari: esempi per funzioni unidimensionali. Metodo di Newton: caso unidimensionale. Metodo di Newton: caso multidimensionale. Ordine del metodo di Newton e sue caratteristiche. Cenni sugli algoritmi numerici. <i>Lezioni frontali h: 5</i>• Introduzione alla programmazione non lineare.<ul style="list-style-type: none">◦ Relazione con il problema di ricerca delle soluzioni di sistemi di equazioni non lineari. Il problema del calcolo delle soluzioni di $\text{grad}(f)(x) = 0$. Direzioni di ricerca possibili. Condizioni necessarie e sufficienti del primo e secondo ordine. <i>Lezioni frontali h: 2</i>◦ Metodi di tipo gradiente per problemi di programmazione nonlineare non vincolati. Metodo del gradiente discendente e ottimizzazione di modelli di apprendimento basati sui dati. Metodo dello steepest descent. Caso particolare: funzione quadratiche. <i>Lezioni frontali h: 4</i>◦ Il metodo di Newton (per l'ottimizzazione). Cenni su convergenza e ordine di convergenza. <i>Lezioni frontali h: 2</i>• Introduzione alla Programmazione nonlineare con vincoli funzionali<ul style="list-style-type: none">◦ Esempi di modelli decisionali con vincoli funzionali. Definizione della funzione Lagrangiana, condizioni Khun-Karush-Tucker (KKT)



	<ul style="list-style-type: none">◦ Esempi di applicazione delle condizioni KKT◦ Approcci di penalizzazione e metodi di barriera. <i>Lezioni frontali h: 6</i>• Ottimizzazione e Machine Learning<ul style="list-style-type: none">◦ Formalizzazione matematica di un modello di apprendimento basato sui dati ed esempi.◦ Formalizzazione dei modelli decisionali di tipo “finite sum”◦ Metodo del gradiente stocastico.◦ Calcolo della funzione gradiente su un campione random. Concetto di Batch e mini-batch. Varianti del metodo del gradiente stocastico◦ I modelli di ottimizzazione per l'apprendimento basato sui dati: Support vector machine e perceptron e loro formalizzazione come problemi di ottimizzazione vincolata.<i>Lezioni frontali h: 8</i>• Cenni sui modelli di ottimizzazione evolutiva.<ul style="list-style-type: none">◦ Algoritmi evolutivi idee di base. Gli operatori di selezione e crossover. Gli algoritmi genetici e il teorema degli schemi. Particle swarm optimization.• <i>Lezioni frontali h: 6</i>		
Testi di riferimento	<p>Il corso non adotta un testo di riferimento; tuttavia, i contenuti didattici possono essere integrati da alcune parti presenti nei seguenti testi:</p> <ul style="list-style-type: none">• Modelli e decisioni. Strumenti e metodi per le decisioni aziendali. Vercellis Carlo. ISBN: 9788886524193• The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. Seconda edizione. 2009. T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman• Numerical Optimization, Jorge Nocedal, Stephen J. Wright, Springer, ISBN: 978-0-387-30303-1 <p>Gli studenti che lo desiderano possono prendere in prestito i testi dalla biblioteca. Può essere conveniente verificarne la disponibilità mediante il Sistema Bibliotecario di Ateneo (https://opac.uniba.it/easyweb/w8018/index.php) e contattare la biblioteca per concordare il prestito.</p>		
Note ai testi di riferimento	I libri di testo sono integrati con le slide fornite dal docente ed eventuale materiale di approfondimento, resi disponibili sulla piattaforma ADA (vedi sopra “sede virtuale”). Sulla medesima piattaforma sono anche disponibili esempi di problemi decisionali da trattare che le metodologie sviluppate a lezione.		
Organizzazione della didattica			
Ore			
Totali	Didattica frontale	Pratica (laboratorio, progetto, esercitazione, altro)	Studio individuale
48 ore	48 ore		102 ore
CFU/ETCS			
6 CFU	6 CFU		

Metodi didattici	
-------------------------	--



	Lezioni frontali con l'eventuale aggiunta di seminari su recenti tematiche di interesse applicativo.
--	--

Risultati di apprendimento previsti	
Conoscenza e capacità di comprensione	<p>Il corso si propone di introdurre il discente alle tematiche relative alla determinazione di modelli decisionali che permettano di risolvere le diverse problematiche in cui sono coinvolti dati di tipo numerico.</p> <p>Saranno anche studiati diversi modelli di ottimizzazione matematica per fornire al discente la capacità di utilizzare codici numerici efficienti che forniscano soluzioni approssimate dei modelli analizzati.</p>
Conoscenza e capacità di comprensione applicate	<p>Il discente sarà in grado di acquisire le conoscenze teoriche per comprendere le potenzialità e i limiti dei metodi di ottimizzazione tradizionali utilizzati in vasta parte della soluzione numerica di modelli decisionali (e modelli di apprendimento) nello specifico contesto della Data Science.</p>
Competenze trasversali	<p>Autonomia di giudizio Maturare capacità di giudizio e di prendere decisioni relative alla scelta del modello decisionale opportuno per risolvere problemi un assegnato problema di data science.</p> <p>Abilità comunicative Acquisizione del linguaggio e del formalismo matematico avanzato necessario per la consultazione e comprensione dei testi, l'esposizione delle conoscenze acquisite, la descrizione, l'analisi e la risoluzione di alcuni problemi in data science.</p> <p>Capacità di apprendere in modo autonomo Il discente apprenderà concetti teorici e pratici che lo metteranno nella posizione di comprendere e utilizzare gli strumenti della ottimizzazione matematica per risolvere i modelli decisionali costruiti a partire da gradi moli di dati numerici, acquisendo inoltre un metodo di studio autonomo basato sulla consultazione di testi e dalla implementazione al calcolatore delle tecniche esposte durante il corso per costruire e risolvere in maniera autonoma nuove soluzioni per le problematiche di data science.</p>

Valutazione	
Modalità di verifica dell'apprendimento	L'esame consiste in una prova orale e di una eventuale discussione di un modello decisionale assegnato come caso di studio. La prova orale è costituita da domande riguardanti gli argomenti di natura teorica trattati durante il corso. Qualora il discente abbia optato per approfondire un caso di studio proposto tra gli esempi discussi durante le lezioni frontali la prima domanda orale verterà sull'approfondimento effettuato.
Criteri di valutazione	<ul style="list-style-type: none"><i>Conoscenza e capacità di comprensione:</i> il discente deve dimostrare una adeguata conoscenza dei contenuti dell'insegnamento<i>Conoscenza e capacità di comprensione applicate:</i> I discenti devono dimostrare una adeguata conoscenza delle possibili applicazioni dei concetti teorici e possedere una adeguata capacità di proporre algoritmi risolutivi per tali applicazioni.<i>Autonomia di giudizio:</i> I discenti devono dimostrare una adeguata autonomia nella selezione dei concetti teorici più idonei alla risoluzione di problemi pratici<i>Abilità comunicative:</i> I discenti devono dimostrare una adeguata capacità espositiva dei contenuti studiati, devono utilizzare in maniera adeguato il



	<p>linguaggio proprio della ottimizzazione matematica e dimostrare una adeguata capacità di analisi e sintesi</p> <ul style="list-style-type: none">• <i>Capacità di apprendere:</i> I discenti devono dimostrare una buona capacità di effettuare collegamenti interdisciplinari
Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale	<p>Il voto finale è attribuito in trentesimi. L'esame si intende superato quando il voto finale è maggiore o uguale a 18. Nella valutazione della prova orale e nell'attribuzione del voto finale varrà la seguente scala di valutazione dell'apprendimento:</p> <ul style="list-style-type: none">• Voto insufficiente (<18): Conoscenze frammentarie e superficiali dei contenuti, errori nell'applicare i concetti, esposizione carente• Voto 18-20: Conoscenze dei contenuti sufficienti ma generali, esposizione semplice, incertezze nell'applicazione di concetti teorici• Voto 21-23: Conoscenze dei contenuti appropriate ma non approfondite, capacità di applicare i concetti teorici, capacità di presentare i contenuti in modo semplice.• Voto 24-25: Conoscenze dei contenuti appropriate e ampie, discreta capacità di applicazione delle conoscenze, capacità di presentare i contenuti in modo articolato.• Voto 26-27: Conoscenze dei contenuti precise e complete, buona capacità di applicare le conoscenze, capacità di analisi, esposizione chiara e corretta• Voto 28-29: Conoscenze dei contenuti ampie, complete ed approfondite, buona applicazione dei contenuti, buona capacità di analisi e di sintesi, esposizione sicura e corretto• Voto 30 e lode: Conoscenze dei contenuti molto ampie, complete ed approfondite, capacità ben consolidata di applicare i contenuti, ottima capacità di analisi, di sintesi e di collegamenti interdisciplinari, padronanza di esposizione.
Altro	<p>Si suggerisce agli studenti di affidarsi esclusivamente alle informazioni e alle comunicazioni fornite sui siti ufficiali del Dipartimento di Informatica, ovvero sui gruppi social solo se costituiti e amministrati esclusivamente dai docenti dei relativi insegnamenti:</p> <ul style="list-style-type: none">• https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica/didattica/corsi-di-laurea• https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica• https://elearning.uniba.it/ <p>I programmi di tutti gli insegnamenti sono disponibili al seguente link:</p> <ul style="list-style-type: none">• https://elearning.uniba.it/ <p>Le informazioni che tutti gli studenti dovrebbero conoscere sono scritte nei regolamenti didattici dei Corsi di Studi disponibili nel sito:</p> <ul style="list-style-type: none">• https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica/didattica/corsi-di-laurea <p>Si suggerisce agli studenti di diffidare delle informazioni e dei materiali circolanti su siti o gruppi social non ufficiali, poiché spesso sono risultati non affidabili, non corretti o incompleti. Per ogni dubbio, chiedere un incontro al docente secondo le modalità previste per il ricevimento.</p> <p>- I discenti saranno invitati a unirsi a un gruppo Telegram o WhatsApp che sarà creato all'inizio delle lezioni.</p>



Main information on the course

Course name	Decisional Models and Optimization
Degree	Data Science
Academic year	2024/25
European Credit Transfer and Accumulation System (ECTS), in Italian Crediti Formativi Universitari (CFU)	6 CFU (each CFU corresponds to 25 hours (h) of student's time); CFU are of type T1, T2 or T3 T1 = 8 h lecture + 17 h individual study T2 = 15 h practice + 10 h individual study T3 = 25 h individual study
Settore Scientifico Disciplinare	MATH05-A (ex MAT/08)
Course language	Italian
Course year	Second
Course period	First Semester - exact dates can be found in the didactic regulations
Course attendance requirement	None, but it is highly recommended to attend classes
Website of the Degree	https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica/didattica/corsi-di-laurea/corsi-di-laurea

Teacher(s)	
Name and Surname	Nicoletta Del Buono
email	nicoletta.delbuono@uniba.it
phone	0805442711
office	Dipartimento di Matematica, Via Orabona 4, 70125, Bari. Stanza n.24, 2° piano
e-learning platform	Piattaforma e-learning UNIBA - https://elearning.uniba.it/
Teacher's homepage	https://www.dm.uniba.it/members/delbuono
Office hours	By appointment to fix via email (to meet the needs of learners, remote receptions can also be arranged)

Syllabus	
Course goals	Acquisition of the basic tools of modeling data-driven decision problems and the main numerical techniques of mathematical optimization required for their resolution.
Prerequisites/requirements	FUNDAMENTALS OF MATHEMATICS: continuity for functions of several variables, gradient vector and Hessian matrix of a function, properties and operations of differentiation of multivariate functions; necessary and sufficient conditions for analytic determination of local minima in \mathbb{R}^n and constrained minima. FOUNDATIONS OF NUMERICAL METHODS: basic properties of vectors and matrices. matrix calculus, eigenvalues and eigenvectors, Echelon form of a real matrix, Gauss elimination method for solving systems of linear equations.
Course program	- Decision models: Examples of decision problems and their mathematical formalization Lecture h:2 - Linear programming ◦ Introduction to linear programming decision models. Examples. Modeling of a linear programming problem in canonical form. PL in canonical and standard form. Slack and surplus variables. Examples



	<p>Lecture h:3</p> <ul style="list-style-type: none">◦ Fundamental theorem of PL. Introductory example of the method of the simplex. Lemmas of the simplex and Two-Stage Method. <p>Lectures h: 5</p> <ul style="list-style-type: none">◦ Solving an integer linear programming model using the Branch and Bound algorithm. Construction of the decision tree. Branching operations (idea of binary branching). Bounding operations and solution of Linear Relaxation. Default approximation of non-integer solutions. Pruning operations and stopping criterion. Examples of the operation of B&B. <p>- Review of iterative methods for nonlinear systems and their use in unconstrained optimization problems.</p> <ul style="list-style-type: none">◦ Systems of nonlinear equations: examples for one-dimensional functions. Newton's method: one-dimensional case. Newton's method: multidimensional case. Order of Newton's method and its characteristics. Notes on numerical algorithms. <p>Lectures h: 5</p> <ul style="list-style-type: none">- Introduction to nonlinear programming.◦ Relation to the problem of finding solutions of systems of nonlinear equations. The problem of computing solutions of $\text{grad}(f)(x) = 0$. Possible search directions. Necessary and sufficient conditions of first and second order. <p>Lectures h: 2</p> <ul style="list-style-type: none">◦ Gradient-type methods for unconstrained nonlinear programming problems. Descending gradient method and optimization of data-driven learning models. Steepest descent method. Special case: quadratic function. <p>Lectures h: 4</p> <ul style="list-style-type: none">◦ Newton's method (for optimization). Hints on convergence and order of convergence. <p>Lectures h: 2</p> <ul style="list-style-type: none">- Introduction to nonlinear programming with functional constraints. <ul style="list-style-type: none">◦ Examples of decision models with functional constraints. Definition of Lagrangian function, Khun-Karush-Tucker (KKT) conditions.◦ Examples of application of KKT conditions.◦ Penalty approaches and barrier methods. <p>Lectures h: 6</p> <ul style="list-style-type: none">- Optimization and Machine Learning.◦ Mathematical formalization of a data-driven learning model and examples.◦ Formalization of finite sum decision models.◦ Stochastic gradient method.◦ Calculation of the gradient function on a random sample. Batch and mini-batch concept. Variants of the stochastic gradient method.◦ Optimization models for data-driven learning: Support vector machine and perceptron and their formalization as constrained optimization problems. <p>Lectures h: 8</p> <ul style="list-style-type: none">- Introduction to evolutionary optimization models.◦ Evolutionary algorithms basic ideas.◦ The selection and crossover operators.◦ Genetic algorithms and the pattern theorem.◦ Particle swarm optimization. <p>Lectures h: 6</p>
Books of reference	The course does not adopt a reference text; however, the teaching content may be supplemented by some parts found in the following texts:



	<ul style="list-style-type: none">- Models and Decisions. Tools and methods for business decisions. Vercellis Carlo. ISBN: 9788886524193- The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. 2nd ed. 2009. T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman.- Numerical Optimization, Jorge Nocedal, Stephen J. Wright, Springer, ISBN: 978-0-387-30303-1			
Notes to the books	Students who wish to do so may borrow the texts from the library. It may be convenient to check their availability through the University Library System (https://opac.uniba.it/easyweb/w8018/index.php) and contact the library to arrange borrowing. The textbooks are supplemented with slides provided by the lecturer and any further study material, made available on the ADA platform (see "virtual seat" above). Also available on the same platform are examples of decision problems to be addressed that the methodologies developed in class.			
Organization of the didactic activities				
Hours				
Total	Lectures	Practice sessions	Project work	Individual study
48 hours	48 hours			102 hours
CFU/ETCS				
6 CFU	6 CFU			
Teaching methods				
	Lectures with possible additional seminars on recent topics of application interest.			
Expected learning outcomes				
Knowledge and understanding	The course aims to introduce the learner to the issues involved in determining decision models to solve different problems involving numerical data. Various mathematical optimization models will also be studied to provide the learner with the ability to use efficient numerical codes that provide approximate solutions of the analyzed models.			
Applying knowledge and understanding	The learner will be able to acquire the theoretical knowledge to understand the potential and limitations of traditional optimization methods used in large part of numerical solution of decision models (and learning models) in the specific context of Data Science.			
Other skills	<p><i>Making judgements:</i> Mature judgment and decision-making skills related to choosing the appropriate decision-making model to solve problems an assigned data science problem.</p> <p><i>Communication skills:</i> Acquisition of advanced mathematical language and formalism necessary for consulting and understanding texts, exposition of acquired knowledge, description, analysis, and solving some problems in data science.</p> <p><i>Learning skills:</i> The learner will learn theoretical and practical concepts that will put him or her in a position to understand and use the tools of mathematical optimization to solve decision-making models constructed from numerical data degrees, while also acquiring an autonomous method of study based on the consultation of texts and from the computer implementation of the techniques exposed during the course to autonomously construct and solve new solutions for data science problems.</p>			



Assessment	
Assessment methods	The assessment method consists of an oral discussion on the main topic of the course and on a decision-making model assigned as a case study (on student request). The oral test consists of questions regarding the theoretical topics covered during the course. If the learner has opted to delve into a proposed case study from the examples discussed during the lectures, the first oral question will focus on the in-depth study carried out.
Evaluation criteria	<ul style="list-style-type: none">- Knowledge and ability to understand: the learner must demonstrate adequate knowledge of the teaching content- Applied Knowledge and Ability to Understand: Learners must demonstrate adequate knowledge of possible applications of the theoretical concepts and possess adequate ability to propose solution algorithms for such applications.- Autonomy of judgment: Learners must demonstrate adequate autonomy in selecting the theoretical concepts most suitable for solving practical problems- Communication skills: Learners must demonstrate adequate expository ability of the content studied, adequately use the proper language of mathematical optimization, and demonstrate adequate analytical and synthesis skills- Ability to learn: Learners must demonstrate a good ability to make interdisciplinary connections
Measurements and final grade	<p>The final grade is given in thirtieths. The exam is considered passed when the final grade is greater than or equal to 18. The following learning evaluation scale will apply in evaluating the oral examination and in assigning the final grade:</p> <ul style="list-style-type: none">- Poor grade (<18): Fragmentary and superficial knowledge of content, errors in applying concepts, poor exposition- Grade 18-20: Sufficient but general content knowledge, simple exposition, uncertainties in applying theoretical concepts- Grade 21-23: Appropriate but not thorough content knowledge, ability to apply theoretical concepts, ability to present content in a simple manner.- Grade 24-25: Appropriate and extensive content knowledge, fair ability to apply knowledge, ability to present content in an articulate manner.- Grade 26-27: Content knowledge accurate and complete, good ability to apply knowledge, ability to analyze, clear and correct exposition- Grade 28-29: Broad, complete and thorough content knowledge, good application of content, good ability to analyze and summarize, confident and correct exposition- Rated 30 and 30 cum laude: Very broad, complete and in-depth content knowledge, well-established ability to apply content, excellent ability to analyze, synthesize and make interdisciplinary connections, mastery of exposition.
Further information	<p>It is suggested that students rely exclusively on the information and communications provided on the official websites of the Department of Computer Science, or on social groups only if they are established and administered exclusively by the faculty members of the relevant subjects:</p> <ul style="list-style-type: none">● https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica/didattica/corsi-di-laurea● https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica● https://elearning.uniba.it/ <p>Schedules of all teachings are available at the following link:</p> <ul style="list-style-type: none">● https://elearning.uniba.it/ <p>Information that all students should know is written in the teaching regulations of the Courses of Study available on the website:</p> <ul style="list-style-type: none">● https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica/didattica/corsi-di-laurea <p>Students are suggested to be wary of information and materials circulating on unofficial sites or social groups, as they are often found to be unreliable, incorrect or incomplete. If you have any doubts, ask for a meeting with the lecturer in the manner provided for reception.</p> <p>- Learners will be invited to join a Telegram or WhatsApp group that will be created during the first lecture.</p>