



Principali informazioni sull'insegnamento

Denominazione dell'insegnamento	Fondamenti di matematica per la Data Science	
Corso di studio	Data Science	
Anno Accademico	2025/26	
Crediti formativi universitari (CFU) / European Credit Transfer and Accumulation System (ECTS)	9 CFU	
Settore Scientifico Disciplinare	MATH-05/A	
Lingua di erogazione	Italiano	
Anno di corso	Primo	
Periodo di erogazione	1° semestre, le date esatte sono riportate nel manifesto/regolamento	
Obbligo di frequenza	La frequenza è fortemente raccomandata	
Sito web del corso di studio	https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica/didattica/corsi-di-laurea/corsi-di-laurea	

Docenti

Nome e cognome	Antonella Falini
Indirizzo email	antonella.falini@uniba.it
Telefono	0805443285
Sede	Dipartimento di Informatica, Via Orabona 4, 70125, Bari. Stanza n.575, piano V
Sede virtuale	Piattaforma e-learning UNIBA - https://elearning.uniba.it/
Sito web del docente	
Ricevimento (giorni, orari e modalità, es. su appuntamento)	Martedì 11:30—13:30 Oppure su appuntamento tramite email.

Syllabus

Obiettivi formativi	
---------------------	--



	Padroneggiare sia i concetti fondamentali che quelli avanzati di algebra lineare numerica per la modellistica di problemi reali. Abilità nello sviluppo di algoritmi efficienti per le applicazioni nell'Image-processing e nel data-mining.
Prerequisiti	<i>Conoscenza di base di calcolo numerico.</i>
Contenuti di insegnamento (Programma)	<ul style="list-style-type: none">• Algebra lineare numerica: Spazi vettoriali e sottospazi. Matrici e operazioni. I 4 sottospazi fondamentali. Rango. Connettività. Determinante di una matrice e sue proprietà. Trasformazioni lineari. Sistemi lineari e consistenza. Similarità. Norme, prodotti interni ed esterni. Ortogonalità. Algoritmo di ortonormalizzazione di Gram-Schmidt. Fattorizzazione QR. Decomposizione ai valori singolari (SVD) e proprietà. SVD-Troncata. Teorema di Eckart-Young. Analisi delle componenti principali (PCA). Applicazioni all'Image-processing e al text-mining.• Autovalori e Autovettori: Numeri complessi (cenni) Definizione di autovalore e autovettore. Calcolo degli autospazi associati. Calcolo di autovalori per matrici 2×2. Molteplicità algebrica e geometrica. Diagonalizzabilità. Forma di Jordan. Teoremi di Schur. Metodo delle potenze. Matrici stocastiche, catene di Markov. Teoria di Perron-Frobenius per matrici non negative (cenni). Applicazioni: algoritmo di Google Page-Ranking, clustering spettrale, algoritmo HITS.• Minimi quadrati: Introduzione al problema dei minimi quadrati. Regressione lineare e non. Tecniche di linearizzazione. Studio del sistema normale e sue proprietà di consistenza. Uso della fattorizzazione QR e della regressione alle componenti principali. Esempi su dataset reali per problemi di fitting e forecasting.• Analisi di segnali (cenni): Trasformata discreta di Fourier, convoluzione.• Ottimizzazione (cenni): Calcolo vettoriale. Minimi e massimi. Estremi vincolati e teorema dei moltiplicatori di Lagrange.
Testi di riferimento	<ol style="list-style-type: none">1. C. Meyer, Matrix Analysis and Applied Linear Algebra, SIAM, 2003.2. Lars Eldén, Matrix Methods in Data Mining and Pattern Recognition, SIAM 20073. Gilbert Strang, Calculus, Wellesley-Cambridge press, 1991 (Chapter 13)4. Jorge Nocedal, Stephen Wright - Numerical Optimization. Springer Series in Operations Research and Financial Engineering, Second Edition (2006, Springer) (Chapters 1-2) <p>Gli studenti che lo desiderano possono ottenere i testi in prestito dalla Biblioteca. Può convenire verificarne la disponibilità mediante il Sistema Bibliotecario di Ateneo https://opac.uniba.it/easyweb/w8018/index.php? e contattare la biblioteca per concordare il prestito.</p>



Note ai testi di riferimento	Tutte le referenze sono integrate dalle slides e le note scritte dal docente, nonché dai codici di calcolo scientifico spiegati e commentati durante le
-------------------------------------	---



		lezioni. Inoltre, altri articoli scientifici per approfondimenti verranno forniti dal docente.	
Organizzazione della didattica			
Ore			
Totali	Didattica frontale	Pratica (laboratorio ed esercitazioni)	Studio individuale
276 ore	48 ore	45 ore	183 ore
CFU/ETCS			
9 CFU	6 CFU	3 CFU	

Metodi didattici	
	<i>Lezioni frontali. Esperimenti numerici con codici software opensource.</i>

Risultati di apprendimento previsti	
Conoscenza e capacità di comprensione	<ul style="list-style-type: none">○ Conoscere e comprendere le tecniche di algebra lineare numerica utili per il trattamento di dati strutturati.○ Applicare metodi di ottimizzazione per risolvere problemi nei contesti di data-mining, image-processing e information-retrival.
Conoscenza e capacità di comprensione applicate	<ul style="list-style-type: none">○ Acquisire le tecniche fondamentali dell'algebra lineare numerica per il trattamento di problemi reali. Capacità di sviluppo di codici numerici efficienti ed accurati per l'analisi di problemi nel contesto dell'image-processing, data mining e information retrieval.○ Padronanza delle tecniche fondamentali e delle tecniche avanzate dell'algebra lineare numerica per modellare problemi reali.
Competenze trasversali	<p>Autonomia di giudizio</p> <ul style="list-style-type: none">○ Studio critico ed individuale.○ Esercizi mirati durante il corso. <p>Abilità comunicative</p> <ul style="list-style-type: none">○ Uso del lessico tecnico appropriato per la descrizione degli argomenti trattati. <p>Capacità di apprendere in modo autonomo</p>



- Apprendimento della metodologia e del problem-solving attraverso lo studio dei testi consigliati e l'implementazione pratica delle tecniche teoriche presentate durante il corso.

Valutazione	
Modalità di verifica dell'apprendimento	<p>Durante le lezioni verranno discussi, in modo partecipato, diversi quesiti ed esercizi simili per tipologia a quelli comunemente somministrati durante gli esami e gli esoneri. La finalità è duplice: monitorare in tempo reale lo stato di preparazione degli studenti frequentanti, perfezionandone la preparazione in vista dell'esame o degli esoneri; agevolare lo studio in itinere degli aspetti pratici della disciplina, motivando concretamente i corsisti a sostenere l'esame in tempi brevi, sfruttando possibilmente la modalità degli esoneri. Sono previste due prove parziali scritte per facilitare la preparazione all'esame. Entrambe le date per le prove parziali sono concordate, nei limiti consentiti, con gli studenti frequentanti. Di seguito sono elencati ulteriori vantaggi riservati ai frequentanti:</p> <ul style="list-style-type: none">- La partecipazione alle prove parziali consente di avere informazioni sulle parti di programma che vanno approfondite e quindi migliorare la preparazione all'esame finale.- Le prove parziali sono prese in considerazione per i tre appelli che seguono la fine delle attività didattiche. <p>Lo studente che non ha sostenuto le prove parziali sosterrà l'esame scritto completo.</p> <p>In entrambi i casi (con prove parziali o non) l'orale risulta opzionale.</p> <p>Il punteggio massimo conseguibile con solo la parte scritta è 25. L'orale è accessibile solo con un punteggio dello scritto maggiore o uguale a 18, inoltre, la prova orale consente di migliorare il punteggio ottenuto con lo scritto. La parte orale prevede anche la discussione di codici assegnati una settimana precedente la data dell'esame. Gli esercizi proposti sono simili a quelli svolti a lezione e disponibili sulle piattaforme Teams e/o ADA.</p>
Criteri di valutazione	<ul style="list-style-type: none">● Conoscenza e capacità di comprensione:<ul style="list-style-type: none">○ Tecniche di algebra lineare numerica e di ottimizzazione○ Identificazione del metodo migliore per la trattazione di problemi reali● Conoscenza e capacità di comprensione applicate:<ul style="list-style-type: none">○ Implementazione e sviluppo di codici efficienti per la trattazione di problemi di natura applicativa.● Autonomia di giudizio:<ul style="list-style-type: none">○ Studio critico del materiale fornito dal docente● Abilità comunicative:<ul style="list-style-type: none">○ Utilizzo di linguaggio scientifico tecnico appropriato alla descrizione del problema trattato.○ Capacità di sintesi e di presentazione dei risultati ottenuti● Capacità di apprendere:



	<ul style="list-style-type: none">○ Autonomia critica nel saper approfondire e nel saper risolvere problemi di natura simile a quelli affrontati durante il corso, ma non necessariamente uguale.
Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale	<p>Gi studenti sono valutati sulla correttezza e la comprensione degli argomenti presentati a lezione.</p> <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/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 degli insegnamenti sono disponibili qui:</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 e manifesti degli studi disponibili nel sito:</p> <ul style="list-style-type: none">• https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica/didattica/corsi-di-laurea/corsi-di-laurea



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.



Main information on the course

Course name	Mathematics Fundamentals for Data Science	
Degree	Data Science	
Academic year	2025/26	
European Credit Transfer and Accumulation System (ECTS), in Italian Crediti Formativi Universitari (CFU)		9 CFU
Settore Scientifico Disciplinare	MATH-05/A	
Course language	Italian	
Anno di corso	First	
Periodo di erogazione	First Semester	
Obbligo di frequenza	It is highly recommended to attend classes	
Sito web del corso di studio	https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica/didattica/corsi-di-laurea/corsi-di-laurea	

Teacher(s)

Name and Surname	Antonella Falini
email	antonella.falini@uniba.it
phone	0805443285
office	Computer Science department, room n 575, V floor
e-learning platform	https://elearning.uniba.it/
Teacher's homepage	
Office hours	Tuesdays 11:30—13:30, Or by email appointment.

Syllabus

Course goals	Mastering basic and advanced numerical linear algebra techniques to model real world problems. Ability to design and to implement efficient algorithms for the treatment of data-mining and image processing applications.
Prerequisites/requirements	Basic knowledge of numerical calculus
Course program	<ul style="list-style-type: none">Numerical linear algebra: Vector spaces and subspaces. Matrices and operation with matrices. The 4 fundamental subspaces. Rank. Connectivity. Determinant of a matrix and its properties. Linear functions and transformations. Linear systems and consistency. Similarity. Norms, inner and outer products. Orthogonality. Gram-Schmidt ortho-normalization algorithm. QR factorization. Singular Value Decomposition (SVD) and its properties. Truncated-SVD. Eckart-Young theorem. Principal component analysis (PCA). Applications to image-processing and text-mining.Eigenvalues and Eigenvectors: Definition. Computation of the associated eigenspace. Computation of the eigenvalues for 2x2 matrices. Algebraic and geometric multiplicity. Diagonalizability. Canonical Jordan form. Schur's theorems. Power method. Stochastic Matrices, Markov chains. Perron-Frobenius theory for non-negative matrices (elements). Applications: Google Page-Ranking algorithm, spectral clustering, HITS algorithm.



- Least squares:

Introduction to the least squares problems. Linear and non linear regression. Linearization techniques. Normal system and its consistency properties. Use of the QR factorization and of the principal component regression. Examples on real dataset for fitting and forecasting problems.

- Signal analysis (elements): Discrete Fourier Transform, convolution
- Optimization (elements):
Vector calculus. Critical points, Constrained maxima and minima. Lagrange multipliers.



Books of reference	<ol style="list-style-type: none"> 1. C. Meyer, Matrix Analysis and Applied Linear Algebra, SIAM, 2003. 2. Lars Eldèn, Matrix Methods in Data Mining and Pattern Recognition, SIAM 2007 3. Gilbert Strang, Calculus, Wellesley-Cambridge press, 1991 (Chapter 13) 4. Jorge Nocedal, Stephen Wright - Numerical Optimization. Springer Series in Operations Research and Financial Engineering, Second Edition (2006, Springer) (Chapters 1-2) <p>The interested students may borrow the books from the Library. It is useful to check if the books are available via the “Sistema Bibliotecario di Ateneo” https://opac.uniba.it/easyweb/w8018/index.php? And check with the library to get a loan.</p>
Notes to the books	All the references will be integrated by suggested readings, articles, slides and notes provided during the lectures, besides the programming codes suitable presented during class time.
Organization of the didactic activities	
Hours	
Total	Lectures Practice sessions Individual study
Hours 276	Hours 48 hours 45 Hours 183
CFU/ETCS	
CFU 9	CFU 6 CFU 3
Teaching methods	
	Lectures. Laboratory experiments with open source software and available datasets.
Expected learning outcomes	
Knowledge and understanding	<ul style="list-style-type: none"> ○ Knowledge and understanding of numerical linear algebra techniques useful for treating structured data.



	<ul style="list-style-type: none">○ Application of optimization methods for solving problems in data mining, image processing and information retrieval.
Applying knowledge and understanding	<ul style="list-style-type: none">○ Understanding the fundamental techniques of numerical linear algebra for the treatment of real problems. Ability to design and develop efficient numerical codes to analyze real problems in the context of image-processing, data-mining and information retrieval.○ Mastering the fundamental techniques and the advanced techniques of numerical linear algebra to model real problems.
Other skills	<p><i>Making judgements</i></p> <ul style="list-style-type: none">○ Judgment autonomy is acquired through critical study and interpretation of texts. The achievement of an adequate autonomy is verified through the exercises, which are held during the teaching program and with the final written and oral examination. <p><i>Communication</i></p> <ul style="list-style-type: none">○ Students should be able to express the topics included in the teaching programme by employing the specific lexicon of the discipline. <p><i>Learning skills</i></p> <ul style="list-style-type: none">○ Learning an appropriate studying methodology, supported by text consultation and implementation of the techniques proposed during the course.

Assessment	
Assessment methods	<p>During the lessons, various questions and exercises similar in type to those commonly administered during exams and exemptions will be discussed in a participatory manner. The aim is twofold: to monitor the real-time preparation status of attending students, enhancing their preparation for the exam or exemptions; to facilitate ongoing study of the practical aspects of the discipline, actively motivating participants to take the exam promptly, possibly utilizing the exemption mode. Two written partial tests are scheduled to facilitate exam preparation: the first during the mid-course break, and the second at the end of the course. Both dates are agreed upon, within permissible limits, with attending students. Below are further advantages reserved for attendees:</p> <ul style="list-style-type: none">• Participation in partial tests provides information on the parts of the program that need further study, thus improving preparation for the final exam.• The partial test is assessed overall during the oral exam when recovering insufficient topics, aiming to enhance the overall evaluation.• Partial tests are considered for the three exam sessions following the end of didactic activities. <p>Students who have not taken the partial tests will undergo a complete oral exam, demonstrating their knowledge of theoretical topics and their ability to solve exercises. This knowledge can also be demonstrated by solving written exercises. All students during the oral exam will present and discuss the solution of Python exercises assigned to them the week before the oral exam. The proposed exercises</p>



	are similar to those solved during lessons and available on the Teams and/or ADA platforms.
Evaluation criteria	<ul style="list-style-type: none">• <i>Knowledge and understanding</i><ul style="list-style-type: none">○ numerical linear algebra techniques useful for treating structured data.• <i>Applying knowledge and understanding</i><ul style="list-style-type: none">○ Acquiring the main numerical linear algebra techniques for treating real world problems. Ability to design efficient numerical codes implementing numerical techniques for solving problems in data mining, image processing and information retrieval.○ Mastering basic and advanced numerical linear algebra techniques to model real world problems. Ability to design and to implement efficient algorithms for the treatment of data-mining and image processing applications.• <i>Autonomy of judgment</i><ul style="list-style-type: none">○ Judgment autonomy is acquired through critical study and interpretation of texts. The achievement of an adequate autonomy is verified through the exercises, which are held during the teaching program and with the final written and oral examinations.• <i>Communicating knowledge and understanding</i><ul style="list-style-type: none">○ Students should be able to express the topics included in the teaching programme by employing the specific lexicon of the discipline.• <i>Communication skills</i><ul style="list-style-type: none">○ Students should be able to express the topics included in the teaching programme by employing the specific lexicon of the discipline.• <i>Capacities to continue learning</i><ul style="list-style-type: none">○ Learning an appropriate studying methodology, supported by text consultation and implementation of the techniques proposed during the course.
Measurements and final grade	<p>Students will be evaluated on level of their knowledge concerning the various topics included in the syllabus.</p> <p>The final grade is assigned on a scale of thirty. The exam is considered passed when the final grade is greater than or equal to 18. In the evaluation of the oral exam and in the assignment of the final grade, the following learning assessment scale will be used:</p> <ul style="list-style-type: none">• Insufficient (<18): Fragmented and superficial knowledge of the contents, errors in applying concepts, deficient presentation.• 18-20: Sufficient but general knowledge of the contents, simple presentation, uncertainties in applying theoretical concepts.• 21-23: Appropriate but not in-depth knowledge of the contents, ability to apply theoretical concepts, ability to present the contents in a simple manner.• 24-25: Appropriate and extensive knowledge of the contents, fair ability to apply knowledge, ability to present the contents coherently.• 26-27: Precise and comprehensive knowledge of the contents, good application of knowledge, analytical ability, clear and correct presentation.



	<ul style="list-style-type: none">• 28-29: Broad, comprehensive, and in-depth knowledge of the contents, good application of contents, good analytical and synthesis skills, confident and correct presentation.• 30 and "lode" (with praise): Very broad, comprehensive, and in-depth knowledge of the contents, well-established ability to apply the contents, excellent analytical, synthesis, and interdisciplinary connection skills, mastery of presentation.
Further information	<p>Students are strongly recommended to rely only on official information/communication displayed on the Computer Science web page, on the social media group only if established and administrated by the course teachers:</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>The course programs are available here: https://elearning.uniba.it/</p> <p>All the students are required to acquire the information by consulting “Regolamenti didattici” and “manifesti degli studi” available here:</p> <ul style="list-style-type: none">• https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica/didattica/corsi-di-laurea/corsi-di-laurea <p>Students are strongly recommended to not trust information of teaching material available from NOT official sources. For any doubt or further information students are required to get in touch with the corresponding teachers.</p>