

Corsi di Analisi Numerica

- **Metodi Numerici per Equazioni Differenziali**
3 corsi
- **Algebra Lineare Numerica**
1 corso
- **Approssimazione di Dati e Funzioni**
1 corso
- **Machine Learning (NEW!)**
1 corso

Gruppo di Analisi Numerica:

4 docenti, 2 ricercatori, 1 assegnista, 1 dottorando

Tabella Riassuntiva

	I semestre	II semestre
1° anno 21/22	Approssimazione di Equazioni Differenziali Ordinarie B. Ayuso (solo nel 21/22)	Metodi Numerici per Equazioni Differenziali alle Derivate Parziali A. Russo
2° anno 22/23	Metodi Numerici Avanzati per Equazioni Differenziali alle Derivate Parziali L. Beirao	Modelli e Metodi di Approssimazione M. Rossini (dal 22/23)
1° anno oppure 2° anno		Matematica Numerica per il Machine Learning B. Ayuso – A. Russo (NEW!)
		Algebra Lineare Numerica C. Tablino

Metodi Numerici per Equazioni Differenziali

	I semestre	II semestre
1° anno 21/22	Approssimazione di Equazioni Differenziali Ordinarie B. Ayuso (solo nel 21/22)	Metodi Numerici per Equazioni Differenziali alle Derivate Parziali A. Russo
2° anno 22/23	Metodi Numerici Avanzati per Equazioni Differenziali alle Derivate Parziali L. Beirao	Modelli e Metodi di Approssimazione M. Rossini (dal 22/23)
1° anno oppure 2° anno		Matematica Numerica per il Machine Learning B. Ayuso – A. Russo (NEW!)
		Algebra Lineare Numerica C. Tablino

- **1° anno:**
 - **Approssimazione di Equazioni Differenziali Ordinarie**
8 CFU, I semestre (B. Ayuso) (solo nel 21/22)
 - **Metodi Numerici per Equazioni Differenziali alle Derivate Parziali**
8 CFU, II semestre (A. Russo)
- **2° anno:**
 - **Metodi Numerici **Avanzati** per Equazioni Differenziali alle Derivate Parziali**
8 CFU, I semestre (L. Beirão da Veiga)

Approssimazione di Equazioni Differenziali Ordinarie

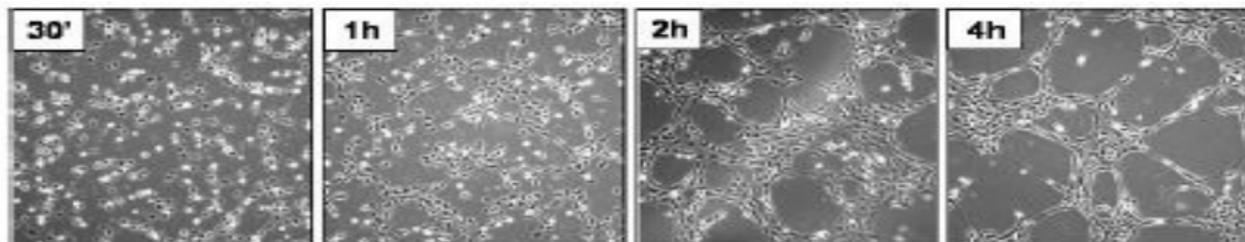
Prof.ssa Blanca Ayuso de Dios

8 CFU, 1° anno, I Semestre (attivato solo nel 21/22)

$$\frac{dy}{dt} = f(t, y)$$

Applicazioni:

biologia, astronomia, meccanica, molecular dynamics,....



Approssimazione di Equazioni Differenziali Ordinarie

Prof.ssa Blanca Ayuso de Dios

8 CFU, 1° anno, I Semestre (attivato solo nel 21/22)

Costruzione e Analisi teorica di metodi di integrazione numerica per (sistemi di) Equazioni Differenziali Ordinarie. Argomenti del corso:

- Metodi ad un passo (*Runge Kutta*) e metodi adattativi.
- Analisi teorica di **Convergenza e Stabilità**. Problemi Stiff.
- Metodi di Collocazione. Metodi partizionati e di tipo Splitting.
- *Integratori Geometrici*: studio qualitativo delle soluzioni
- *Stime di parametri*: cenni di Data Assimilation

- Implementazione in MATLAB.

Metodi Numerici per Equazioni Differenziali alle Derivate Parziali

Prof. Alessandro Russo

8 CFU, 1° anno, II Semestre

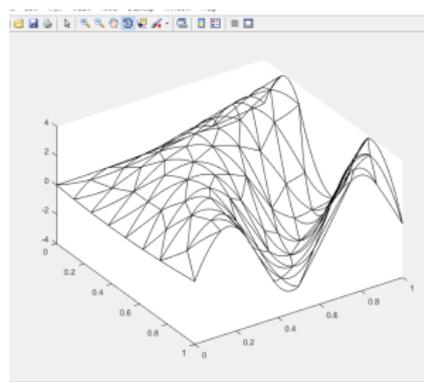
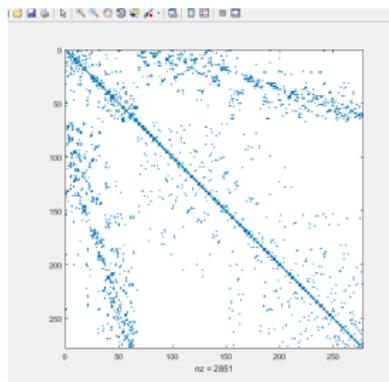
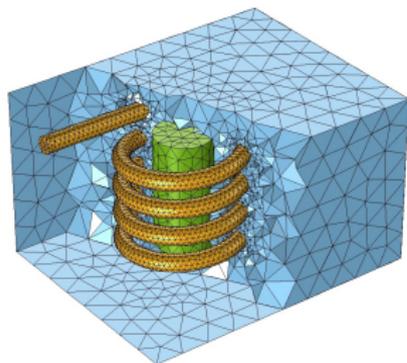
Metodo degli Elementi Finiti

$$-\Delta u = f$$

Discretizzazione del dominio \implies

Sistema lineare \implies

Soluzione discreta



Metodi Numerici per Equazioni Differenziali alle Derivate Parziali

Prof. Alessandro Russo

8 CFU, 1° anno, II Semestre

Il Metodo degli Elementi Finiti è di gran lunga il metodo più utilizzato per l'approssimazione di equazioni alle derivate parziali.

Argomenti del corso:

- Introduzione al Metodo degli Elementi Finiti;
- Analisi teorica dell'errore per i problemi ellittici (\approx equazione di Laplace);
- Implementazione in MATLAB.

E' consigliabile aver seguito il corso di **Analisi Superiore** (1° anno, 1° semestre)

Metodi Numerici **Avanzati** per Equazioni Differenziali alle Derivate Parziali

Prof. Lourenço Beirão da Veiga

8 CFU, 2° anno, I Semestre

Propedeuticità: nozioni di base di Analisi Funzionale, corso “Metodi Numerici per Equazioni Differenziali alle Derivate Parziali”.

Approssimazione di problemi alle derivate parziali col **metodo degli elementi finiti**:

- problemi non-stazionari
- problemi in forma mista, con applicazione a
 - problema di Stokes
 - diffusione in mezzi porosi
- stime a posteriori e adattività / problema di Navier-Stokes

Il corso include sia una forte **componente teorica** di analisi dei metodi sia una **componente di implementazione** in laboratorio informatico.

Tabella Riassuntiva

	I semestre	II semestre
1° anno 21/22	Approssimazione di Equazioni Differenziali Ordinarie B. Ayuso (solo nel 21/22)	Metodi Numerici per Equazioni Differenziali alle Derivate Parziali A. Russo
2° anno 22/23	Metodi Numerici Avanzati per Equazioni Differenziali alle Derivate Parziali L. Beirao	Modelli e Metodi di Approssimazione M. Rossini (dal 22/23)
1° anno oppure 2° anno		Matematica Numerica per il Machine Learning B. Ayuso – A. Russo (NEW!)
		Algebra Lineare Numerica C. Tablino

Algebra Lineare Numerica

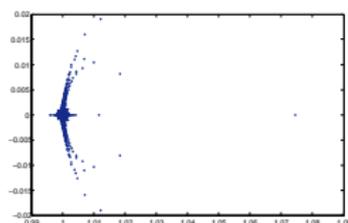
	I semestre	II semestre
1° anno 21/22	Approssimazione di Equazioni Differenziali Ordinarie B. Ayuso (solo nel 21/22)	Metodi Numerici per Equazioni Differenziali alle Derivate Parziali A. Russo
2° anno 22/23	Metodi Numerici Avanzati per Equazioni Differenziali alle Derivate Parziali L. Beirao	Modelli e Metodi di Approssimazione M. Rossini (dal 22/23)
1° anno oppure 2° anno		Matematica Numerica per il Machine Learning B. Ayuso – A. Russo (NEW!)
		Algebra Lineare Numerica C. Tablino

Algebra Lineare Numerica

Prof.ssa Cristina Tablino Possio

8 CFU, 1° oppure 2° anno, II Semestre

Vengono presentati metodi di riferimento per la risoluzione di sistemi lineari di grandi dimensioni e relativi strumenti per l'analisi spettrale. Si considerano applicazioni a sistemi lineari derivanti dalla discretizzazione di equazioni a derivate parziali e di equazioni integrali.



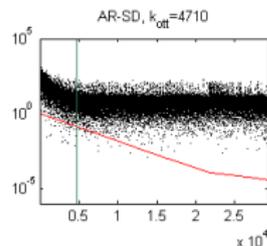
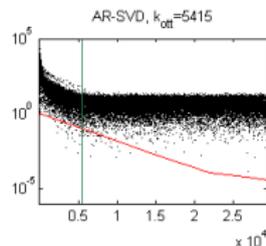
PCG		
n	P1	P2
37	4	8
169	4	10
721	4	11
2977	4	11
12095	4	13
48769	4	16

PGMRES		
n	P1	P2
37	4	8
169	4	9
721	4	9
2977	4	10
12095	4	11
48769	4	13

AR - TSVD



AR - TSD



Argomenti del corso:

- Metodi di Krylov per sistemi lineari simmetrici e non simmetrici.
- Analisi spettrale e tecniche di preconditionamento.
- Metodi di multigrid geometrico e algebrico.
- Decomposizione ai valori singolari.
- Trasformate veloci.
- Applicazioni all'approssimazione di equazioni di (convezione) -diffusione e al problema di Deblurring di immagini.
- Implementazioni in Matlab e sperimentazione numerica.

Approssimazione di Dati e Funzioni

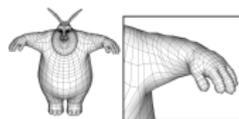
	I semestre	II semestre
1° anno 21/22	Approssimazione di Equazioni Differenziali Ordinarie B. Ayuso (solo nel 21/22)	Metodi Numerici per Equazioni Differenziali alle Derivate Parziali A. Russo
2° anno 22/23	Metodi Numerici Avanzati per Equazioni Differenziali alle Derivate Parziali L. Beirao	Modelli e Metodi di Approssimazione M. Rossini (dal 22/23)
1° anno oppure 2° anno		Matematica Numerica per il Machine Learning B. Ayuso – A. Russo (NEW!)
		Algebra Lineare Numerica C. Tablino

Obiettivo: costruire un **modello** numerico che

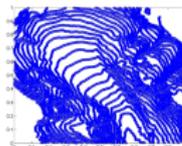
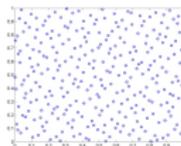
- descriva le informazioni a disposizione e permetta di fare previsioni in locazioni diverse da quelle assegnate
- consenta la messa a punto di algoritmi stabili ed efficienti e fornisca risultati accurati

Scelta del modello: dipende dal tipo di dati

- **dati con struttura:** i dati sono vertici di una *mesh poligonale*

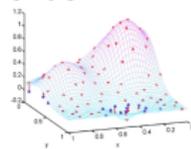
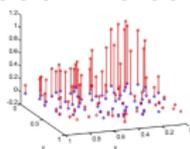
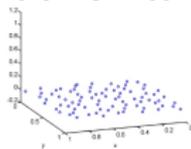


- **dati sparsi** (no mesh): le locazioni dei dati sono *sparse* nel dominio



Argomenti

- Criteri di approssimazione (interpolazione e minimi quadrati)
- Panoramica di metodi classici per dati su mesh
- Metodi **Mesh-free** per dati sparsi in \mathbb{R}^d : basi radiali e tecniche di partizione dell'unità per dati molto numerosi



- Lezioni + implementazione in MATLAB
- Nessuna propedeuticità

Machine Learning

	I semestre	II semestre
1° anno 21/22	Approssimazione di Equazioni Differenziali Ordinarie B. Ayuso (solo nel 21/22)	Metodi Numerici per Equazioni Differenziali alle Derivate Parziali A. Russo
2° anno 22/23	Metodi Numerici Avanzati per Equazioni Differenziali alle Derivate Parziali L. Beirao	Modelli e Metodi di Approssimazione M. Rossini (dal 22/23)
1° anno oppure 2° anno		Matematica Numerica per il Machine Learning B. Ayuso – A. Russo (NEW!)
		Algebra Lineare Numerica C. Tablino

Matematica Numerica per il Machine Learning

Prof.ssa B. Ayuso de Dios e Prof. A. Russo

8 CFU, 1° oppure 2° anno, II Semestre

Il **Machine Learning** (in italiano *Apprendimento automatico*) è una branca dell'intelligenza artificiale che raccoglie metodi sviluppati negli ultimi anni in varie comunità scientifiche, sotto diversi nomi quali: *statistica computazionale, riconoscimento di pattern, reti neurali artificiali, filtraggio adattivo, teoria dei sistemi dinamici, elaborazione delle immagini, data mining, algoritmi adattivi, eccetera.*

Il **Machine Learning** utilizza metodi matematici e statistici per migliorare la performance di un algoritmo nell'identificare pattern nei dati; si applica in situazioni in cui è impraticabile progettare un algoritmo *esplicito* (tipo quello dell'*interpolazione*...).

Il **Machine Learning** è alla base delle tecniche di **Intelligenza Artificiale** che stanno rivoluzionando la nostra vita.

Matematica Numerica per il Machine Learning

Prof.ssa B. Ayuso de Dios e Prof. A. Russo

8 CFU, 1° oppure 2° anno, II Semestre

L'obiettivo di questo corso è di dare una definizione matematicamente precisa di **Rete Neurale** e di analizzare alcune delle **tecniche matematiche e numeriche più importanti**. In particolare svilupperemo i seguenti punti:

- Reti Neurali
 - motivazione e definizione
 - universal approximation
 - metodo del Gradiente Stocastico
- Regressione generalizzata (*minimi quadrati*)
 - minimizzazione empirica
 - Reproducing Kernel Hilbert Spaces (RKHS)
- Problemi di classificazione
 - SVD – Principal Component Analysis (PCA) and Kernel extension

Sono previsti laboratori in **MATLAB** o **Python**.

Tabella Riassuntiva

	I semestre	II semestre
1° anno 21/22	Approssimazione di Equazioni Differenziali Ordinarie B. Ayuso (solo nel 21/22)	Metodi Numerici per Equazioni Differenziali alle Derivate Parziali A. Russo
2° anno 22/23	Metodi Numerici Avanzati per Equazioni Differenziali alle Derivate Parziali L. Beirao	Modelli e Metodi di Approssimazione M. Rossini (dal 22/23)
1° anno oppure 2° anno		Matematica Numerica per il Machine Learning B. Ayuso – A. Russo (NEW!)
		Algebra Lineare Numerica C. Tablino