



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## RICERCA OPERATIVA

**ANTONIO FRANGIONI**

Academic year	2023/24
Course	INFORMATICA
Code	029AA
Credits	6

Modules	Area	Type	Hours	Teacher(s)
RICERCA OPERATIVA	MAT/09	LEZIONI	48	ANTONIO FRANGIONI

### Obiettivi di apprendimento

#### *Conoscenze*

Il corso presenta gli strumenti necessari alla costruzione e alla risoluzione di modelli analitici di ottimizzazione per problemi di gestione ed allocazione delle risorse, con applicazioni in moltissimi campi della scienza e dell'ingegneria ed attività economiche (logistica, trasporti, telecomunicazioni, finanza, energia, salute, ...). Verrà innanzi tutto introdotto il concetto di modellazione matematica per due classi particolarmente rilevanti di problemi di ottimizzazione, la Programmazione Lineare e la Programmazione Lineare Intera, mostrando come sia possibile attraverso di esse costruire modelli di moltissime situazioni reali (o realistiche, o anche completamente immaginarie). Verranno poi illustrate le proprietà teoriche ed alcune delle principali tecniche algoritmiche per la soluzione di tre grandi classi di problemi di ottimizzazione: problemi di flusso su reti, di programmazione lineare e di programmazione lineare intera.

#### *Modalità di verifica delle conoscenze*

Esame scritto seguito da prova orale. Sono previste verifiche intermedie (tipicamente tre) che sostituiscono l'esame scritto.

#### *Capacità*

Lo studente sarà in grado di sviluppare modelli di situazioni reali (o realistiche, o anche del tutto immaginarie) sotto forma di problemi di Programmazione Lineare o Programmazione Lineare Intera. Lo studente sarà quindi in grado di analizzare e sviluppare algoritmi risolutivi per problemi appartenenti a queste classi, tra cui quelli a flusso di rete.

#### *Modalità di verifica delle capacità*

Le capacità di modellazione che quelle di analisi e sviluppo di algoritmi saranno verificate sia attraverso l'esame scritto che attraverso l'esame orale.

#### *Comportamenti*

Lo studente potrà sviluppare capacità critiche, sia a livello modellistico che algoritmico, per affrontare problemi di ottimizzazione del mondo reale (o realistici, o anche del tutto immaginari), che risulteranno rilevanti in svariati ambiti lavorativi, sia a livello progettuale che implementativo.

#### *Modalità di verifica dei comportamenti*

Le capacità critiche dello studente per affrontare problemi di ottimizzazione del mondo reale (o realistici, o anche del tutto immaginari) saranno valutate durante le sessioni di esercitazioni.

### Prerequisiti (conoscenze iniziali)

- Logica elementare: connettivi logici, proposizioni, principio di induzione, metodi di dimostrazione
- Spazi vettoriali: spazi, semispazi, vettori, combinazioni lineari, indipendenza lineare, basi, coordinate
- Geometria del piano e dello spazio tridimensionale: sottospazi affini, equazione di rette, piani e semispazi
- Prodotto scalare euclideo, ortogonalità
- Matrici: operazioni con le matrici, determinante, invertibilità
- Concetto di funzione, funzioni lineari (ed affini)
- Sistemi lineari di equazioni e loro risoluzione
- Cosa è un algoritmo
- Complessità di un algoritmo
- Classi P e NP



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

- Strutture dati: fila, pila, deque, code di priorità, heap
- Grafi: nodi, archi, alberi, cammini, cicli
- Grafi: rappresentazione e visite (DFS e BFS)
- Alberi: rappresentazioni e visite
- Ricerca dei punti di massimo e minimo di funzioni di una variabile

### Indicazioni metodologiche

Modalità: lezioni frontali, possibilmente con l'aiuto di slides, e sessioni di esercitazioni.

Sito di elearning del corso: download di materiali didattici, pubblicazione di test per esercizi a casa (con relative soluzioni).

Attività di apprendimento: partecipazione alle lezioni e studio individuale.

Frequenza: consigliata

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

#### Introduzione (2 ore)

- Problemi decisionali e problemi di ottimizzazione
- Classi di problemi ed esempi

#### Modelli e loro formulazione (6 ore)

- Tipi di variabili: quantitative, logiche, continue, discrete
- Formulazione di vincoli
- Formulazione della funzione obiettivo

#### Grafi e Reti di flusso (16 ore)

- Modello generale dei problemi di flusso
- Alberi, cammini e tagli, visite di grafi e alberi
- Il problema dei cammini minimi
- Il problema del flusso massimo
- Il problema del flusso di costo minimo
- Il problema dell'albero di copertura di costo minimo

#### Programmazione Lineare (16 ore)

- Geometria della programmazione lineare e teorema fondamentale
- Dualità e scarti complementari
- Basi: complementarità, degenericità ed ottimalità
- Algoritmi del simplesso primale e duale

#### Programmazione Lineare Intera (8 ore)

- Metodi poliedrali: tagli ed algoritmo di Gomory
- Metodi enumerativi: l'algoritmo "Branch&Bound"
- Implementazioni ad-hoc per i problemi dello zaino e del commesso viaggiatore

### Bibliografia e materiale didattico

Testi di base: Appunti di Ricerca Operativa rilasciati dai docenti.

Altro possibile materiale didattico:

1. Jon Lee [A First Course in Linear Optimization](#) Reex Press, 2013
2. Fabio Schoen [Optimization Models](#), free e-book version, 2022
3. D. Simchi-Levi, X. Chen and J. Bramel *Logic of Logistics: Theory, algorithms, and applications for logistics and supply chain* Springer-Verlag, 2004
4. M.S.Bazaraa, J.J.Jarvis, H.D.Sherali *Linear programming and network flows* John Wiley & Sons
5. L.A. Wolsey *Integer programming* John Wiley & Sons
6. G. Ghiani, R. Musmanno *Modelli e Metodi per l'Organizzazione dei Sistemi Logistici* Pitagora, 2000
7. R.K. Ahuja, T.L. Magnanti, J. Orlin *Network flows. Theory, algorithms and applications* Prentice Hall, 1993
8. F.S. Hillier, G.J. Lieberman *Ricerca Operativa - Fondamenti* McGraw-Hill, 2010
9. C. Vercellis *Ottimizzazione. Teoria, metodi, applicazioni* McGraw Hill, 2008

Alcune utili risorse web (software):

- [The Computational Infrastructure for Operations Research \(COIN-OR\)](#)
- [The SMS++ Structured Modelling System](#)
- [The SCIP \(Solver Constraint Integer Programs\) solver](#)
- [The IBM/ILOG CPLEX solver](#)
- [The Gurobi solver](#)



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

- [The Mosek solver](#)
- [The Pyomo python modelling system](#)
- [The PuLP python modelling system](#)
- [The JuMP Julia modelling system](#)
- [The YALMIP Matlab modelling system](#)
- [The MCFClass project](#)

### Indicazioni per non frequentanti

Il testo di base (gratuito) ed i testi di esame scritto (con soluzioni) forniti dai docenti sono più che sufficienti per completare il corso anche non frequentando.

### Modalità d'esame

Esame scritto seguito da prova orale. Sono previste verifiche intermedie (tipicamente tre) che sostituiscono l'esame scritto.

### Pagina web del corso

<https://elearning.di.unipi.it/course/view.php?id=495>

### Altri riferimenti web

[The Commalab Web Page](#)

*Ultimo aggiornamento 26/07/2023 12:56*