



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

## SYLLABUS DEL CORSO

### Ricerca Operativa e Pianificazione delle Risorse

2627-3-E3101Q128

---

#### Obiettivi

Le Ricerca operativa (OR) riguarda lo studio di metodi analitici di supporto al processo decisionale. È una disciplina della matematica applicata con un ampio spettro di applicazioni tra i quali informatica, ingegneria ed economia. L'obiettivo di questo corso è quello di fornire agli studenti le competenze necessarie per la formulazione di modelli matematici che rappresentino i problemi del mondo reale e per identificare le metodologie più idonee alla soluzione di questi modelli. Verranno affrontati i seguenti argomenti: ottimizzazione di funzioni non lineari, programmazione lineare, programmazione intera, con diversi esempi di applicazione.

In riferimento ai descrittori di Dublino:

#### Conoscenza e comprensione

Al termine del corso, lo studente sarà in grado di:

Conoscere i fondamenti teorici della programmazione matematica: problemi di programmazione lineare (PL), lineare intera (PLI) e non lineare (PNL), incluse dualità e condizioni di ottimalità (KKT)

Comprendere in profondità algoritmi chiave quali: Metodo grafico, Simplexso e dualità per PL, Branch and Bound per PLI., Tecniche di ottimizzazione non lineare: bisezione, Newton, gradienti, KKT

Assimilare l'uso di Python con la libreria PuLP come strumento per modellazione e soluzione di problemi

#### Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente sarà capace di:

Tradurre problemi reali (ingegneristici, economici, informatici) in modelli di PL, PLI e PNL.

Eseguire manualmente (grafico, Simplexso, Branch and Bound) e con software (PuLP/Python) la risoluzione dei modelli.

Interpretare e analizzare i risultati (ottimo, costi, analisi di Sensitività), anche attraverso esempi applicativi

#### Autonomia di giudizio

Competenze critiche sviluppate tramite:

Esercitazioni durante le quali si modellano e risolvono problemi reali, giustificando ipotesi e scelta del metodo .

Prove scritte che richiedono di selezionare il corretto approccio (PL/PLI/PNL), eseguire calcoli e motivare le

procedure adottate.

Prova orale (non obbligatoria) in cui gli studenti devono giustificare le scelte metodologiche e discutere criticamente i risultati .

### **Abilità comunicative**

Lo studente svilupperà capacità comunicative mediante:

Assignments (non obbligatori) ed esame scritto con esercizi e domande aperte, in cui espone la formulazione del problema, la strategia di soluzione e le conclusioni.

Discussioni in aula per motivare le decisioni prese e confrontarsi con i docenti e i colleghi sugli esiti

Prova orale facoltativa, in cui viene misurata l'arte di comunicare chiaramente conoscenze, metodi e risultati ottenuti .

### **Capacità di apprendere autonomamente**

Strumenti e metodi per favorire uno studio continuativo:

Materiale didattico supplementare: slide, esempi risolti, oltre a bibliografie e testi (Hillier & Lieberman, Bertsimas & Tsitsiklis, Bazaraa et al.)

Uso della libreria PuLP e Python, che incoraggia l'autoformazione e l'estensione degli esercizi a nuove casistiche.

## **Contenuti sintetici**

- A. Programmazione lineare
- B. Programmazione lineare intera
- C. Programmazione non lineare

## **Programma esteso**

### **Introduzione alla Programmazione Matematica**

#### **A. Programmazione lineare**

1. Introduzione alla programmazione lineare (PL): proprietà dei problemi di PL, strategie di modellizzazione
2. Soluzione grafica: soluzione grafica per problemi di PL
3. Geometria della Programmazione lineare e metodo del simplesso
4. Dualità

#### **B. Programmazione lineare intera**

1. Introduzione alla programmazione lineare intera (PLI)
2. proprietà dei problemi di PLI e strategie di modellizzazione
3. Metodo del Branch and Bound

#### **C. Ottimizzazione non lineare**

1. Ottimizzazione di funzioni non lineari ad una variabile: ricerca dicotomia-metodo Bisezione- metodo Newton
2. Ottimizzazione di funzioni non lineari multivariate: metodo Gradiente-metodo Newton
3. Ottimizzazione non lineare vincolata: condizioni di Karush-Kuhn-Tucker

## **Prerequisiti**

- Algebra lineare; vettori, matrici, sistemi di equazioni lineari, ...
- Funzione; in una variabile, in più variabili, convessa, derivata, gradiente, hessiana, ...

## **Modalità didattica**

Lezioni, esercizi e demo sw.

Il corso verterà erogato in italiano.

- 32 lezioni teoriche di 2 ore l'una in presenza sotto forma di didattica erogativa
- 20 esercitazioni di 2 ore l'una in presenza sotto forma di didattica erogativa
- 24 ore di laboratorio di cui fino ad un massimo di 3 ore erogate in modalità interattiva in presenza e 3 ore erogate in modalità interattiva online

## **Materiale didattico**

Libro di testo principale

- Frederick S. Hillier and Gerald J. Lieberman, Ricerca Operativa, McGraw-Hill, nona edizione, 2010.

Libri di testo addizionali

- Dimitris Bertsimas and John Tsitsiklis, introduzione all'ottimizzazione lineare, Belmont, Massachusetts, 2008.
- Mokhtar S. Bazaraa, John J. Jarvis, Hanif D. Sherali, Linear Programming and Network Flows, Wiley, 4th edition, 2010.
- Mokhtar S. Bazaraa, Hanif D. Sherali, C. M. Shetty, Nonlinear programmazione: teorie e algoritmi, Wiley, 3th edition, 2006.

Software

- Python + Libreria PuLP: <https://www.python.org/> + <https://pypi.org/project/PuLP/>

Materiale aggiuntivo; saranno rese disponibili le slide delle lezioni ed alcuni esercizi risolti.

## **Periodo di erogazione dell'insegnamento**

Primo semestre

## **Modalità di verifica del profitto e valutazione**

Due modalità alternative:

### **1. Durante l'erogazione delle lezioni - PROVE PARZIALI**

- due prove parziali, con esercizi e domande aperte, ogni prova assegna un massimo di 15 punti,
- le date delle due prove parziali saranno comunicate entro la prima settimana di erogazione delle lezioni
- le due prove parziali si svolgono nei laboratori dell'Università di Milano-Bicocca
- si accede alla seconda prova parziale se si ottiene un voto almeno pari a 6 punti su 15 nel primo parziale, in caso contrario si veda modalità d'esame 2)
- la seconda prova parziale è da considerarsi superata se si ottiene un punteggio almeno pari a 6 punti su 15, in caso contrario si veda modalità d'esame 2)
- il voto assegnato nelle due prove parziali si somma e determina il voto finale (arrotondato per eccesso)
- l'esame si considera superato (verbalizzato) se il voto finale è maggiore o uguale a 18
- la prova orale è facoltativa, a richiesta del candidato che abbia meritato un voto almeno pari a 18, e assegna un punteggio massimo di 3 punti che si vanno a sommare al voto delle due prove parziali.
- se la prova orale fosse particolarmente negativa è possibile che il voto delle due prove parziali venga diminuito fino ad un massimo di 3 punti

## **2. Al termine dell'erogazione delle lezioni - PROVA ORDINARIA**

- la prova d'esame ordinaria si svolge nei laboratori dell'Università di Milano-Bicocca
- la prova d'esame ordinaria consiste di due fasi
- la prima fase della prova d'esame ordinaria prevede 10 domande a risposta chiusa sui pre-requisiti del corso
- si viene ammessi alla seconda fase della prova d'esame ordinaria se si risponde correttamente ad almeno 6 domande
- la seconda fase della prova d'esame ordinaria assegna un massimo di 30 punti (arrotondamento per eccesso) e consiste di esercizi e domande aperte
- prima e seconda fase della prova d'esame ordinaria hanno luogo sequenzialmente e senza interruzione temporale
- la prova d'esame è superata (verbalizzata) se si ottiene un voto maggiore o uguale a 18
- la prova orale è facoltativa e a richiesta del candidato che abbia meritato un voto almeno pari a 18, e assegna un massimo di 3 punti che si vanno a sommare al voto della prova in laboratorio
- se la prova orale fosse particolarmente negativa è possibile che il voto della prova in laboratorio venga diminuito fino ad un massimo di 3 punti

## **Orario di ricevimento**

Guglielmo Lulli su appuntamento  
 Enza Messina su appuntamento  
 Mauro Passacantando su appuntamento  
 Fabio Stella su appuntamento

## **Sustainable Development Goals**

ENERGIA PULITA E ACCESSIBILE | IMPRESE, INNOVAZIONE E INFRASTRUTTURE | CITTÀ E COMUNITÀ SOSTENIBILI | CONSUMO E PRODUZIONE RESPONSABILI

---