

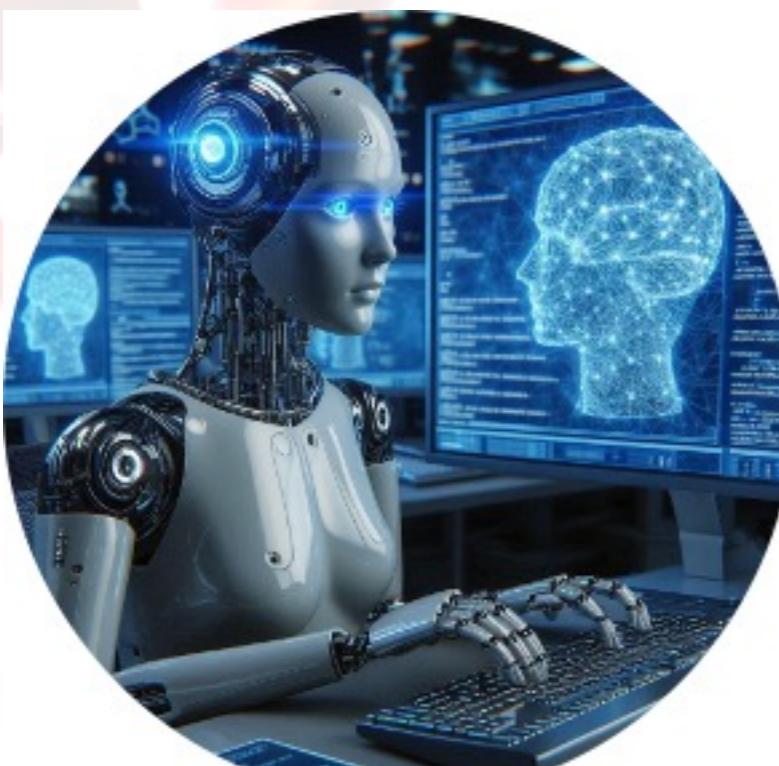
Heuristics & Metaheuristics for Optimization & Learning



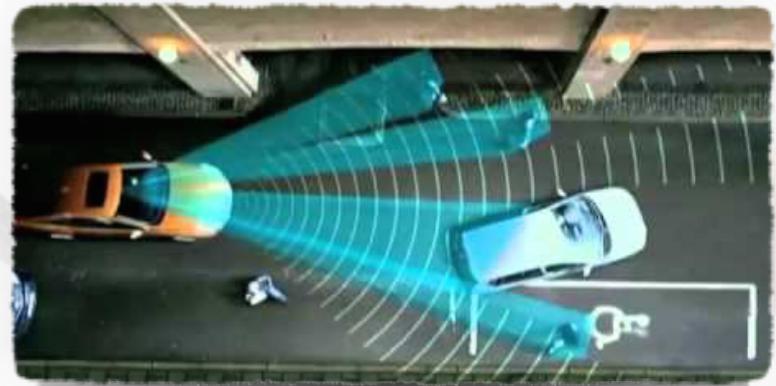
Mario Pavone

mpavone@dmi.unict.it

<http://www.dmi.unict.it/mpavone/>



What happens in real life?

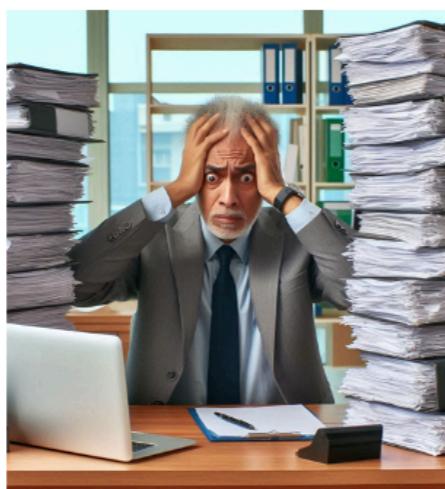


What happens in real life?



What happens in real life?

Time



Uncertainty



Big Data

What happens in real life?

[M. Pavone et al., "Metaheuristics for Combinatorial Optimization",
Advances in Intelligent Systems and Computing, 2021]

Every day each of us continually makes decisions during own daily activities

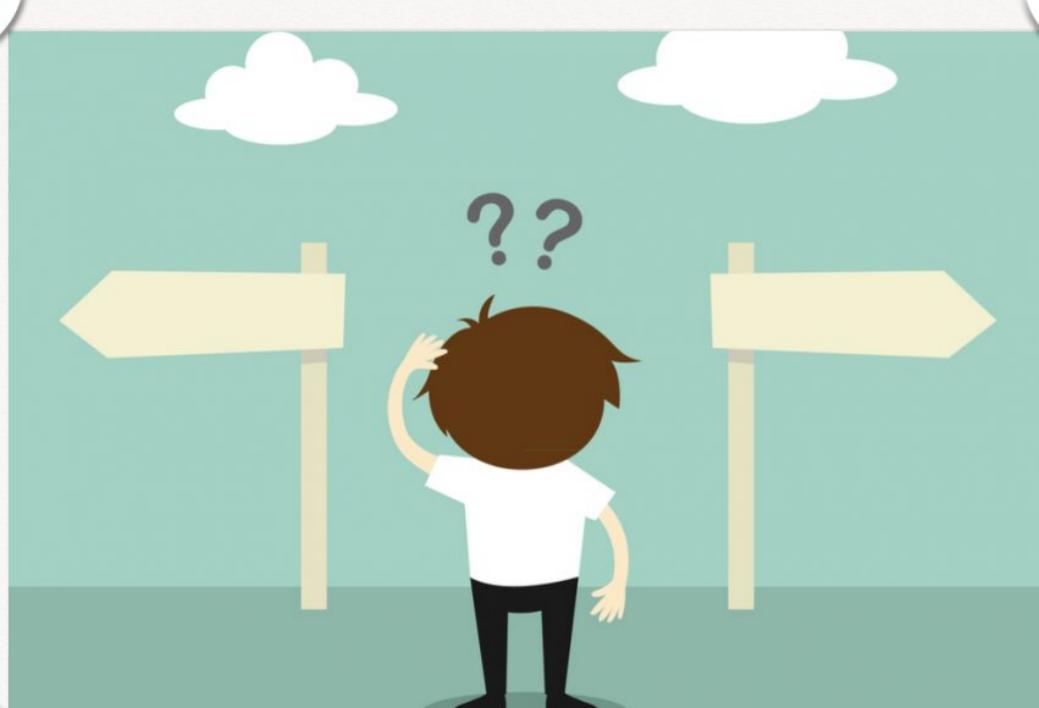


Decisions must be taken quickly and effectively

What does it mean to make a decision?

What does it mean to make a decision?

[M. Pavone et al., "Metaheuristics for Combinatorial Optimization",
Advances in Intelligent Systems and Computing, 2021]



Choosing an option or an action
from several alternatives according
to an expected utility

Select among all available options
the one that optimize a given goal

Making decision is very often challenging and complex

Large number
of information

Time
Constraints

Uncertainty

Dynamicity

What does it mean to make a decision?

[M. Pavone et al., "Metaheuristics for Combinatorial Optimization",
Advances in Intelligent Systems and Computing, 2021]

Choosing an option or an action
from several alternatives according

Agire in modo RAZIONALE

Un sistema è razionale se, date le sue conoscenze, “fa la cosa giusta” cioè “prende la decisione giusta”

Large number
of information

Time
Constraints

Uncertainty

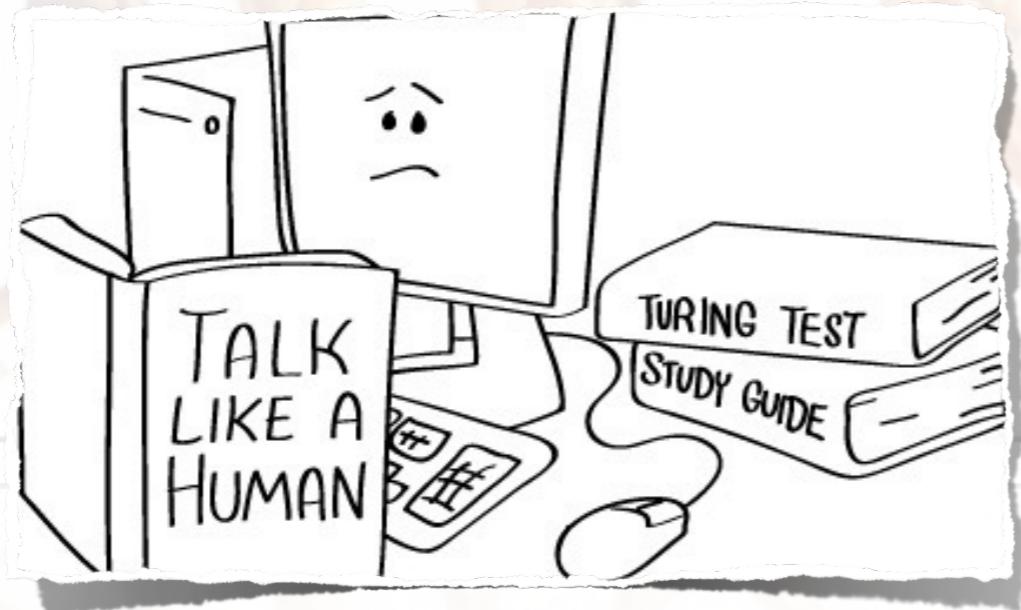
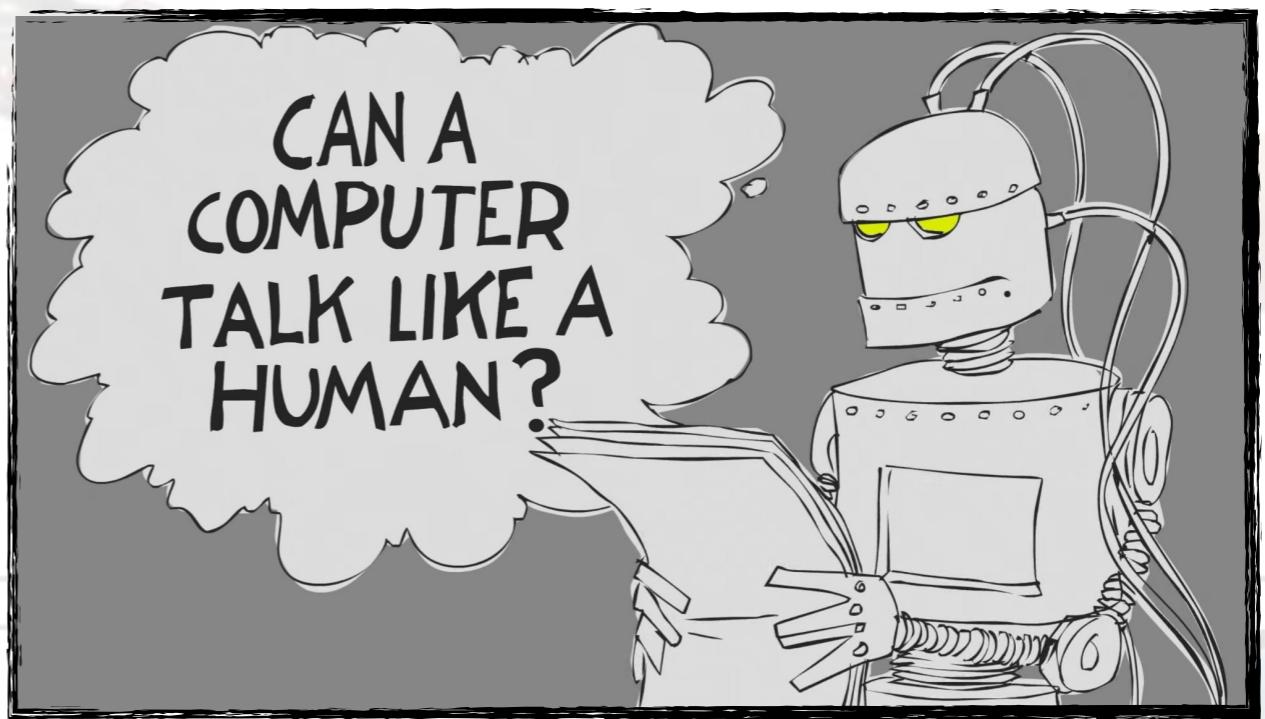
Dynamicity

Test di Turing



“Machines take me by surprise
with great frequency”

Alan Turing



Superare il Test di Turing

Capacità da possedere:

interpretazione del linguaggio naturale

rappresentazione della conoscenza

apprendimento per adattarsi

ragionamento automatico

visione artificiale

manipolare oggetti e muoversi

Superare il Test di Turing

for winning the Turing Test we need to develop computational methodologies able to work well also in environments with strong uncertainty!

Common Features



Local versus Global vision

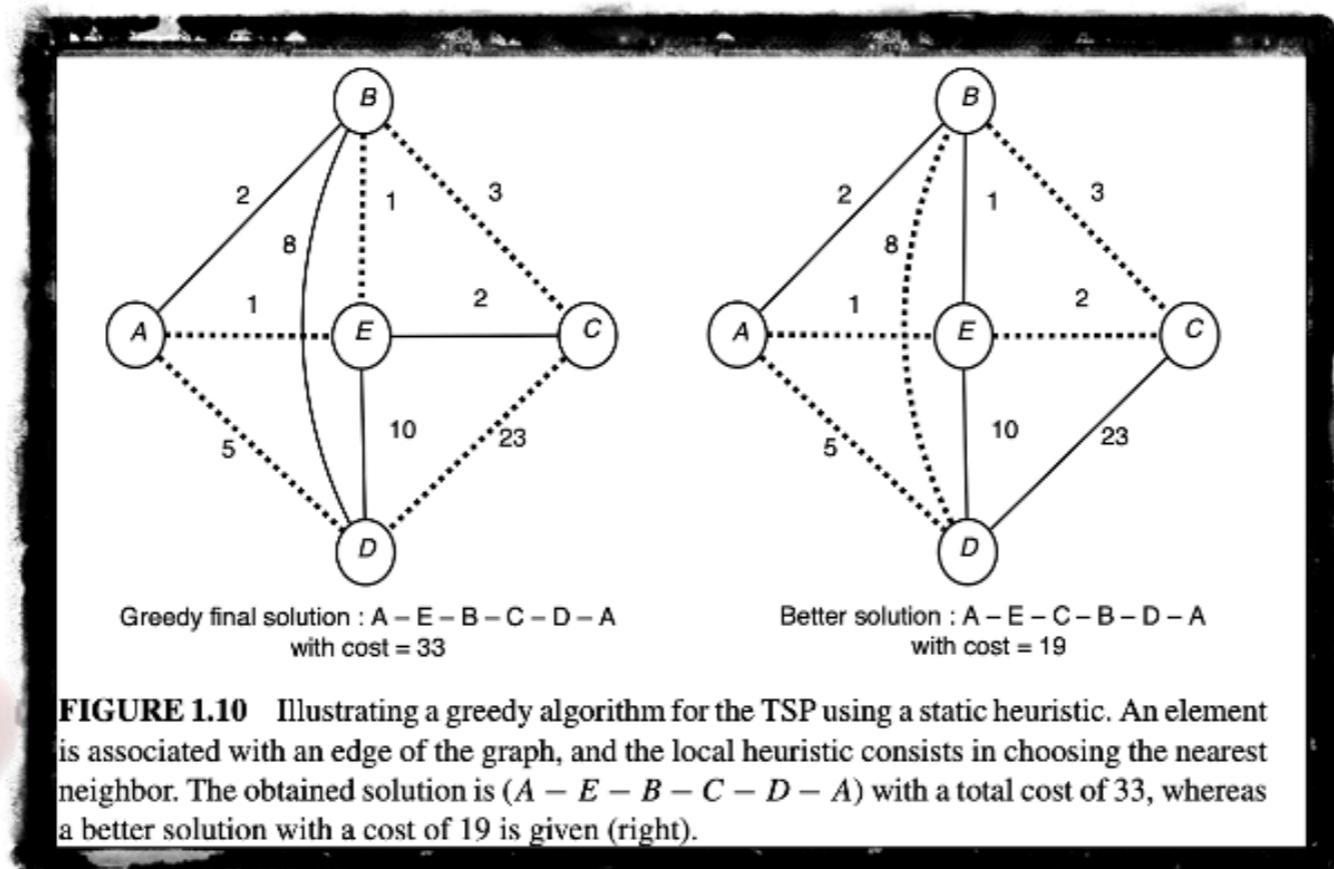


FIGURE 1.10 Illustrating a greedy algorithm for the TSP using a static heuristic. An element is associated with an edge of the graph, and the local heuristic consists in choosing the nearest neighbor. The obtained solution is $(A - E - B - C - D - A)$ with a total cost of 33, whereas a better solution with a cost of 19 is given (right).

In most of Optimization Problems, the local view of Greedy Heuristics decreases their performance compared to the Iterative Algorithms



Look the nature and
be inspired!

Struttura del Corso

Heuristics & Metaheuristics for Optimization & Learning

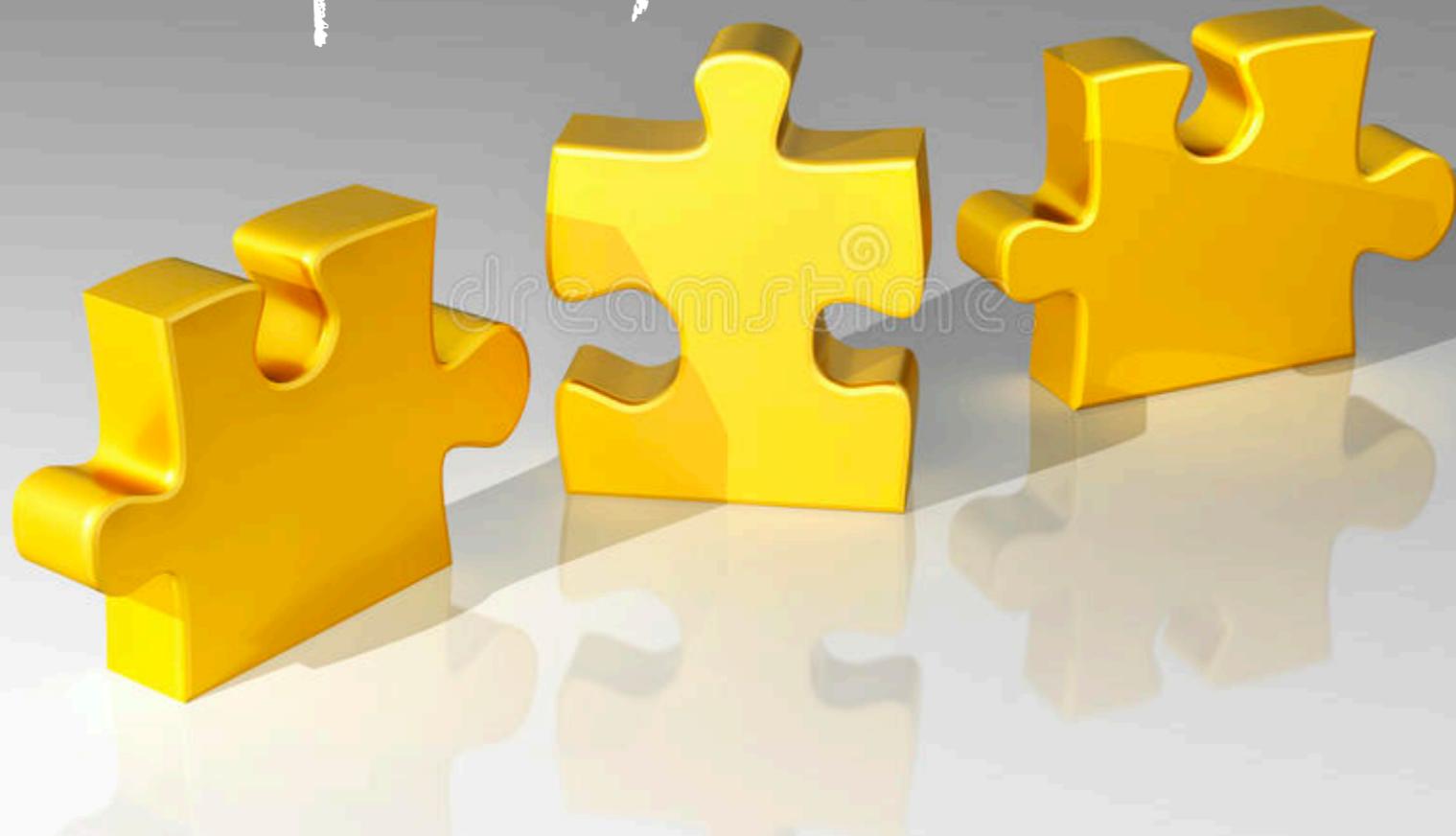
Il corso introduce alla progettazione e implementazione di euristiche e meta-euristiche, inclusi gli algoritmi che prendono ispirazione dalla natura e dalla biologia, nonché alle caratteristiche chiavi necessari all'ottenimento di algoritmi di successo. Verranno altresì analizzate varie applicazioni di diverse metodologie di ottimizzazione e learning in ambito dell'ottimizzazione, della sicurezza, della teoria delle decisioni e della teoria dei giochi.

Prerequisiti Richiesti

Il corso presuppone una buona conoscenza di strumenti matematici (discreti e continui), algoritmi e strutture dati, nonché ottima conoscenza dei linguaggi di programmazione C, C++, Java Python e/o Matlab.

Programma del Corso (1/3)

Il corso si suddivide in
tre parti fondamentali



Programma del Corso (1/3)

- ◆ *Introduzione alla Teoria della Computabilità: problemi NP-completi*
- ◆ *Introduzione ai concetti di Machine Learning & Computational Learning Theory*
- ◆ *Landscape; Search Space & Modelli per l'Ottimizzazione*
- ◆ *Ottimizzazione non vincolata; ottimizzazione vincolata; ottimizzazione multi-obiettivo*

Programma del Corso(2/3)

1. METODI DI OTTIMIZZAZIONE:

- Algoritmi Greedy
- Metodi Esatti: *dynamic programming; A*; branch & bound algorithm; constraint programming*
- Meta-euristiche a singola soluzione: *local search; tabu search; iterated local search; simulated annealing; guided local search; and GRASP*
- Meta-euristiche basate su popolazione: *concetti base*

2. ALGORITMI BIO-INSPIRED

- *Algoritmi Genetici e Programmazione Genetica;*
- *Sistemi Immunitari Artificiali;*
- Swarm Intelligence: *Particle Swarm Optimization, Ant Colony Optimization, Artificial Bee Colony*
- *Differential Evolution*

3. HYBRID METAHEURISTICS

4. PARALLEL METAHEURISTICS

5. ALGORITMI BIO-INSPIRATI per l'ottimizzazione multi-obiettivo e decision making

6. MACHINE LEARNING & METAHEURISTICS

Programma del Corso(3/3)

Esempi di applicazione in:

Games

Network Sciences

Computer Security

Robotics

Internet of Things

Art & Design

Obiettivi Formativi

- 1. conoscenza e maturazione dei concetti base*
- 2. conoscenza del funzionamento dei “sistemi intelligenti”*
- 3. capacità autonoma di implementazione SI***

Problem Solving!

Modalità di Valutazione

◆ *Criteri:*

- ◆ *accertamento del livello minimo per il conseguimento degli obiettivi formativi*
- ◆ *livello di maturazione acquisita della disciplina*

◆ *Esame:*

- ◆ *Progetto & Relazione*
- ◆ *Presentazione orale del progetto svolto*

Modalità di Valutazione

Le due prove sono da considerarsi *propedeutiche*

- ◆ *Esame:*
 - ◆ *Progetto & Relazione*
 - ◆ *Presentazione orale del progetto svolto*

Progetto & Relazione

- ◆ Il candidato dovrà **sviluppare un algoritmo visto a lezione** per un dato problema complesso;
- ◆ Saranno fornite le seguenti informazioni:
 1. problema da risolvere;
 2. insieme di istanze del problema dato;
 3. funzione obiettivo;
 4. protocollo sperimentale;
 5. elenco di algoritmi candidati da implementare, con relative specifiche caratteristiche.
- ◆ Il candidato deve **implementare un algoritmo scelto dall'elenco** al punto 5 che risolva approssimativamente le istanze date, utilizzando il protocollo sperimentale fornito al punto 4

Progetto & Relazione

- ◆ *Alla conclusione del progetto, vanno consegnati per email ai fini della valutazione:*
 - ◆ *codice dell'algoritmo sviluppato (e tutto ciò necessario per il funzionamento);*
 - ◆ *file testo (.txt) di accompagnamento che descrive la modalità di esecuzione del codice;*
 - ◆ *Relazione scritta in LaTeX (min. 4 pag - max. 12 pag): .pdf & .tex*

Relazione

- ◆ *Introduzione al progetto svolto*
- ◆ *descrizione algoritmo implementato*
- ◆ *descrizione dei risultati ottenuti*
- ◆ *proprie conclusioni*

Progetto & Relazione: Tempistica

- ◆ *Obbligo di prenotazione all'esame*
- ◆ *Alla data dell'appello ufficiale verranno forniti per email ai prenotati tutte le informazioni relative ai precedenti punti I-5*
- ◆ *Entro 24h dalla data al punto precedente il candidato dovrà comunicare per email l'algoritmo da implementare scelto dall'elenco (punto 5)*
- ◆ *La consegna finale viene fissata 20 giorni successivi alla data di assegnazione del progetto.*

Criteri di Valutazione del Progetto & Relazione

- ◆ *originalità del lavoro prodotto;*
- ◆ *complessità dell'algoritmo progettato;*
- ◆ *risultati ottenuti dall'algoritmo sviluppato;*
- ◆ *qualità della relazione prodotta.*

Colloquio Orale

- ◆ *discussione orale sul progetto sviluppato*
- ◆ *il candidato deve descrivere l'elaborato prodotto **tramite presentazione** in powerpoint, latex, or pdf*
- ◆ *al candidato verrà assegnato un tempo massimo di **10 minuti per l'esposizione***
- ◆ *La data del colloquio verrà comunicato alla consegna del progetto*

Useful Information

- Prof. Mario F. Pavone

- Email: mario.pavone@unict.it

- Home Page:

- <http://www.dmi.unict.it/mpavone/>

- Ufficio: stanza 316 – Blocco I

- Tel: 095 738 3034

- Ricevimento:

- Mercoledì dalle 11:00 alle 12:00

- Come contattarmi:

- only by email

- Pagina del corso:

- <http://www.dmi.unict.it/mpavone/hemol.html>

- Avvisi DMI:

- <http://web.dmi.unict.it/corsi/Lm-18/avvisi-docente>

- canale Telegram del DMI

- Pagina del corso