



Bravo! Ottima decisione!

Ovvero: Ricerca Operativa

27 Feb 2012

Ricerca Operativa

Origini

Campi di applicazione

Modo di operare

Problemi di ottimizzazione

Applicazioni

Network flow, network design

Allocazione di risorse

Traveling salesman problem (TSP)

Trajectory design

Ricerca Operativa

Applicazioni

Ricerca Operativa

Ricerca Operativa

Origini

Campi di
applicazione

Modo di operare

Problemi di
ottimizzazione

Applicazioni

Cosa è ... ?

- Nata (circa) durante la II guerra mondiale (Circolo Blackett).
- ... is the discipline of applying advanced analytical methods to help make better decisions (www.informs.org). Since its inception nearly 60 years ago, O.R. has contributed billions of dollars in benefits and savings to corporations, government, and the nonprofit sector.

Ricerca Operativa

Origini

Campi di
applicazione

Modo di operare

Problemi di
ottimizzazione

Applicazioni

Cosa è ... ?

- Nata (circa) durante la II guerra mondiale (Circolo Blackett).
- ... studia, progetta ed impiega modelli matematici, metodi quantitativi, strumenti software avanzati, simulazione ed altre tecniche analitiche per affrontare e risolvere problemi complessi ed identificarne le soluzioni (www.airo.org).
- Uso ottimale di risorse (scarse).

Ricerca Operativa

Origini

Campi di
applicazione

Modo di operare

Problemi di
ottimizzazione

Applicazioni

Campi di applicazione

- economiche/finanziarie;

Ricerca Operativa

Origini

Campi di
applicazione

Modo di operare

Problemi di
ottimizzazione

Applicazioni

Campi di applicazione

- economiche/finanziarie;
- pianificazione di infrastrutture;

Ricerca Operativa

Origini

Campi di
applicazione

Modo di operare

Problemi di
ottimizzazione

Applicazioni

Campi di applicazione

- economiche/finanziarie;
- pianificazione di infrastrutture;
- gestione di impianti produttivi;

Ricerca Operativa

Origini

Campi di
applicazione

Modo di operare

Problemi di
ottimizzazione

Applicazioni

Campi di applicazione

- economiche/finanziarie;
- pianificazione di infrastrutture;
- gestione di impianti produttivi;
- logistica e trasporti;

Ricerca Operativa

Origini

Campi di
applicazione

Modo di operare

Problemi di
ottimizzazione

Applicazioni

Campi di applicazione

- economiche/finanziarie;
- pianificazione di infrastrutture;
- gestione di impianti produttivi;
- logistica e trasporti;
- turnazione del personale;

Ricerca Operativa

Origini

Campi di
applicazione

Modo di operare

Problemi di
ottimizzazione

Applicazioni

Campi di applicazione

- economiche/finanziarie;
- pianificazione di infrastrutture;
- gestione di impianti produttivi;
- logistica e trasporti;
- turnazione del personale;
- militari;

Ricerca Operativa

Origini

**Campi di
applicazione**

Modo di operare

Problemi di
ottimizzazione

Applicazioni

- economiche/finanziarie;
- pianificazione di infrastrutture;
- gestione di impianti produttivi;
- logistica e trasporti;
- turnazione del personale;
- militari;
- sudoku!;

Ricerca Operativa

Origini

Campi di
applicazione

Modo di operare

Problemi di
ottimizzazione

Applicazioni

- economiche/finanziarie;
- pianificazione di infrastrutture;
- gestione di impianti produttivi;
- logistica e trasporti;
- turnazione del personale;
- militari;
- sudoku!;
- ecc.

Ricerca Operativa

Origini

Campi di
applicazione

Modo di operare

Problemi di
ottimizzazione

Applicazioni

- economiche/finanziarie;
- pianificazione di infrastrutture;
- gestione di impianti produttivi;
- logistica e trasporti;
- turnazione del personale;
- militari;
- sudoku!;
- ecc.

Ricerca Operativa

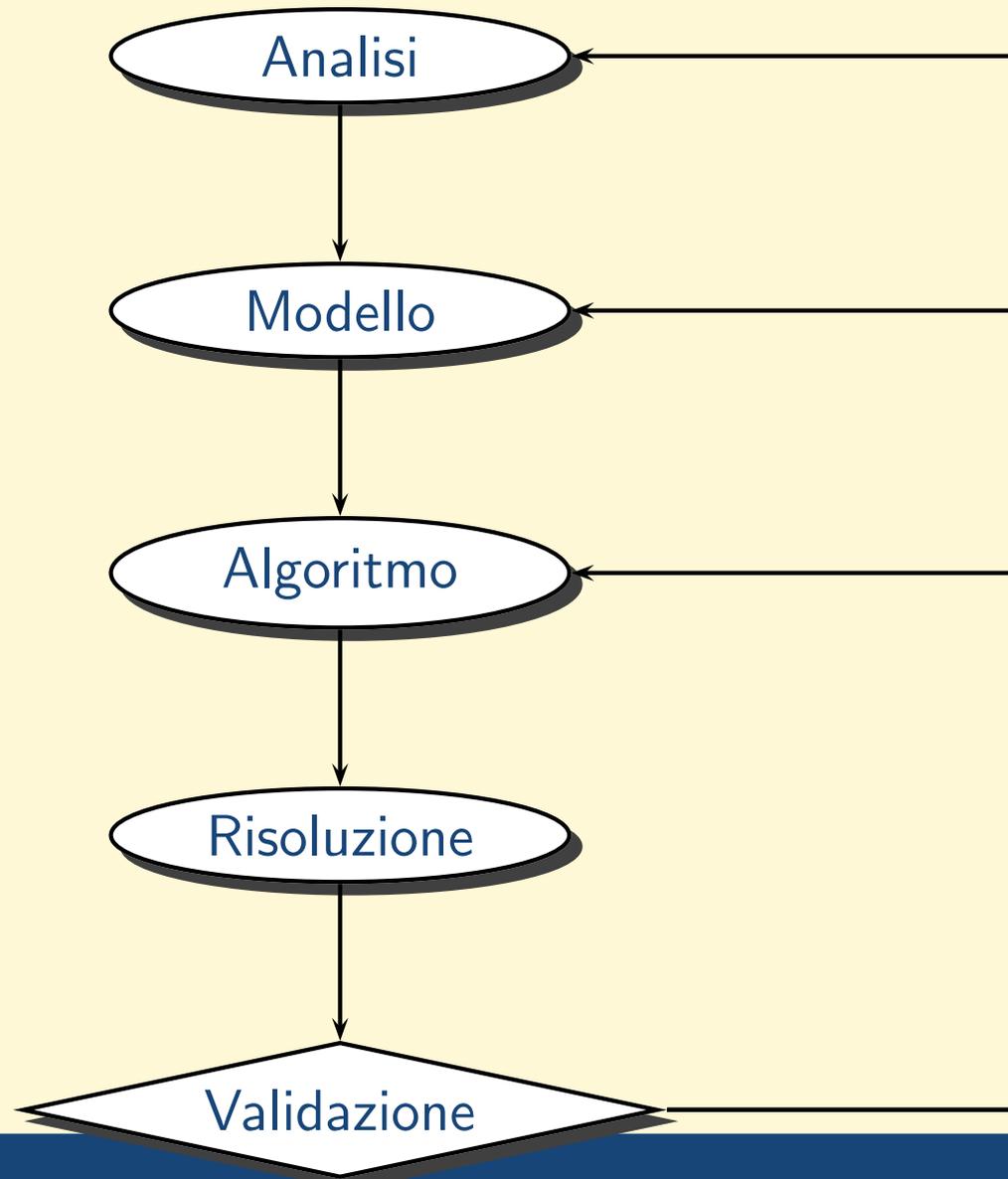
Origini

Campi di
applicazione

Modo di operare

Problemi di
ottimizzazione

Applicazioni



Ricerca Operativa

Origini

Campi di
applicazione

Modo di operare

Problemi di
ottimizzazione

Applicazioni

Problemi di ottimizzazione

maximize $f(x)$
subject to $x \in S$

minimize $f(x)$
subject to $x \in S$

$f(x)$ =funzione obiettivo

S =insieme delle soluzioni ammissibili

Ricerca Operativa

Origini

Campi di
applicazione

Modo di operare

Problemi di
ottimizzazione

Applicazioni

Network flow,
network design

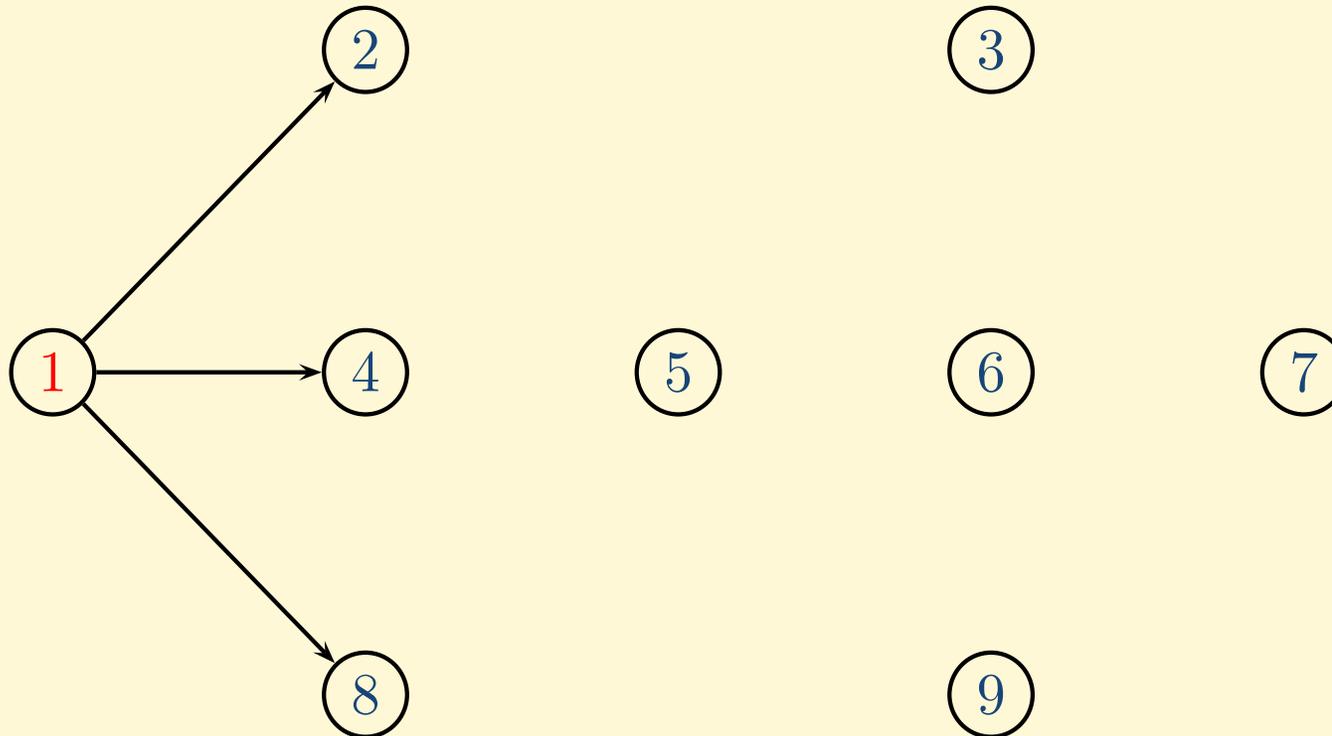
Allocazione di risorse
Traveling salesman
problem (TSP)

Trajectory design

Applicazioni

Network flow, network design

Flusso su reti. Su un grafo orientato, sono specificati nodi sorgente, nodi destinazione e nodi di transito, capacità (di trasporto) degli archi d_{ij} , costi unitari di trasporto c_{ij} .



sorg. = 1

Ricerca Operativa

Applicazioni

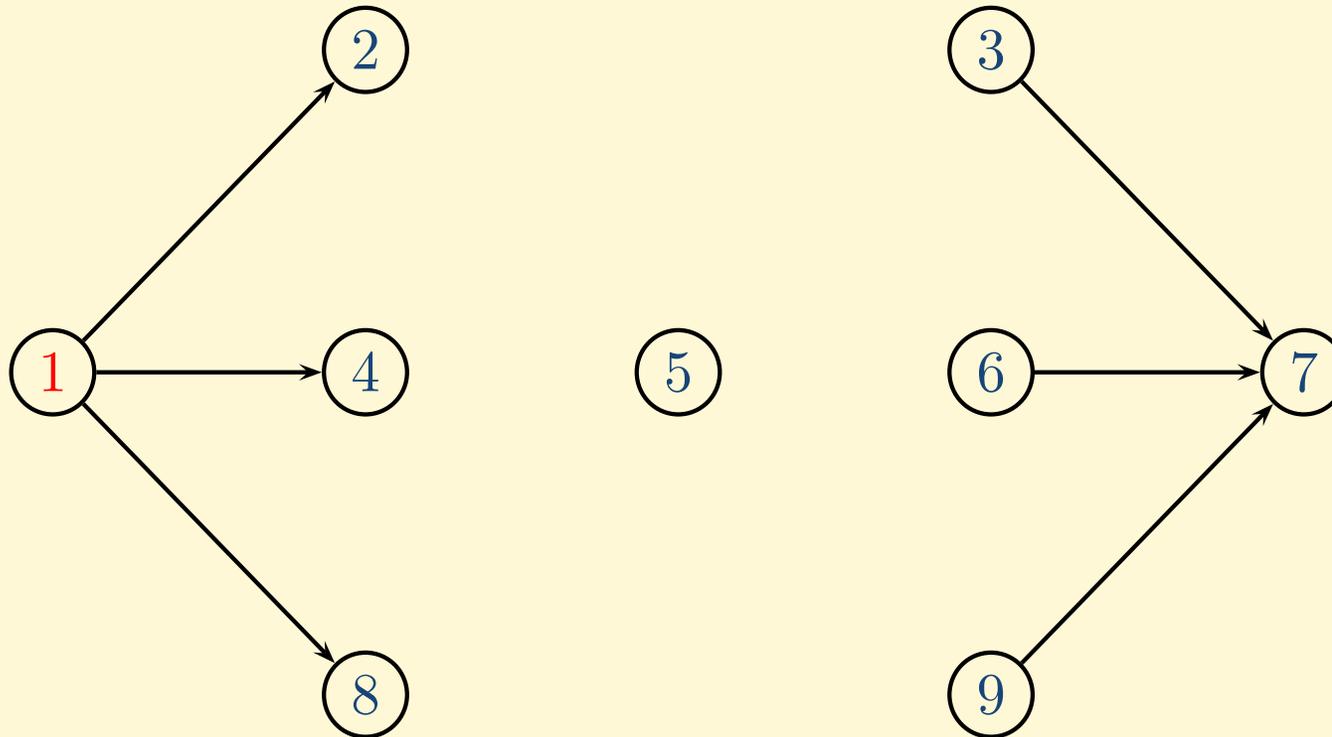
Network flow,
network design

Allocazione di risorse
Traveling salesman
problem (TSP)

Trajectory design

Network flow, network design

Flusso su reti. Su un grafo orientato, sono specificati nodi sorgente, nodi destinazione e nodi di transito, capacità (di trasporto) degli archi d_{ij} , costi unitari di trasporto c_{ij} .



sorg. = 1
dest. = 7

Ricerca Operativa

Applicazioni

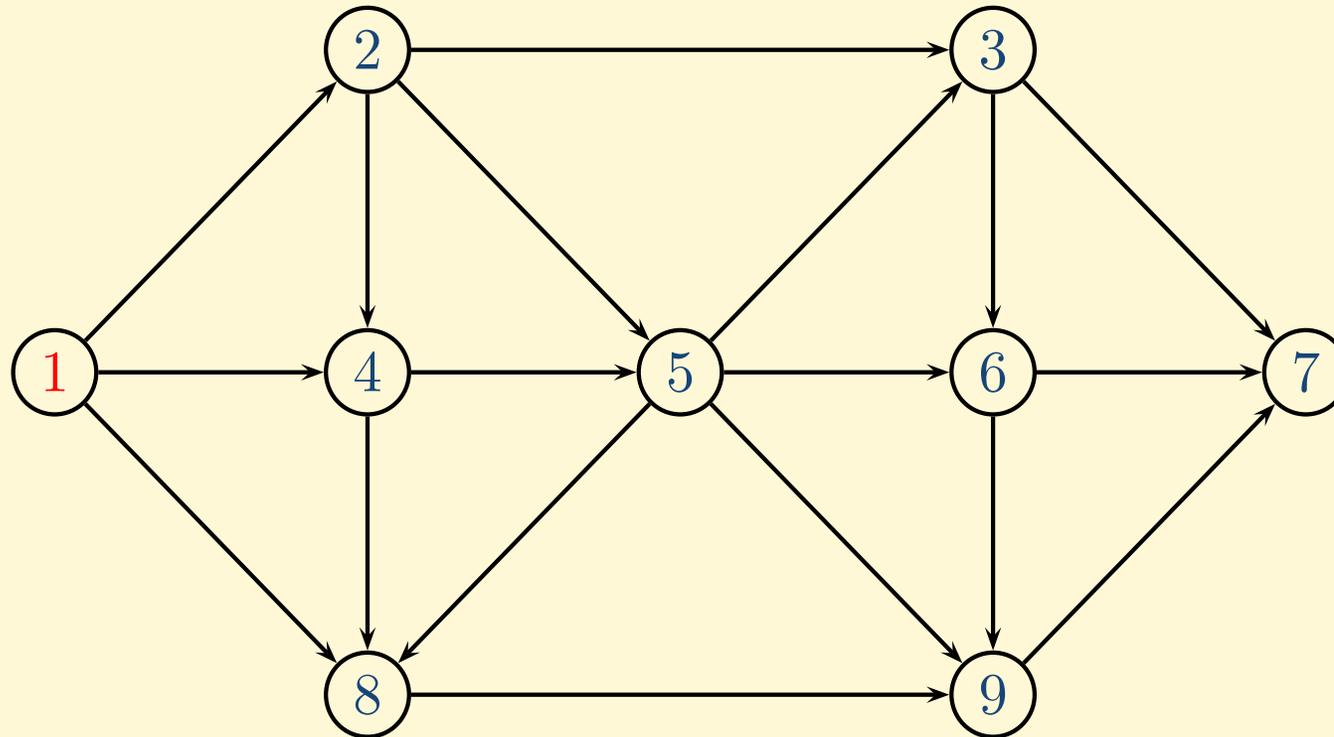
Network flow,
network design

Allocazione di risorse
Traveling salesman
problem (TSP)

Trajectory design

Network flow, network design

Flusso su reti. Su un grafo orientato, sono specificati nodi sorgente, nodi destinazione e nodi di transito, capacità (di trasporto) degli archi d_{ij} , costi unitari di trasporto c_{ij} .



sorg. = 1

dest. = 7

Ricerca Operativa

Applicazioni

Network flow,
network design

Allocazione di risorse
Traveling salesman
problem (TSP)

Trajectory design

- Determinare il massimo flusso (sorg→dest) che può attraversare la rete (max-flow).

Ricerca Operativa

Applicazioni

Network flow,
network design

Allocazione di risorse
Traveling salesman
problem (TSP)

Trajectory design

- Determinare il massimo flusso (sorg→dest) che può attraversare la rete (max-flow).
- Determinare l'instradamento a costo totale minimo di una data quantità di flusso tra sorgente e destinazione (min-cost flow).

Ricerca Operativa

Applicazioni

Network flow,
network design

Allocazione di risorse
Traveling salesman
problem (TSP)

Trajectory design

- Determinare il massimo flusso (sorg→dest) che può attraversare la rete (max-flow).
- Determinare l'instradamento a costo totale minimo di una data quantità di flusso tra sorgente e destinazione (min-cost flow).
- Distinguere flussi di tipo diverso (multicommodity).

Ricerca Operativa

Applicazioni

Network flow,
network design

Allocazione di risorse
Traveling salesman
problem (TSP)

Trajectory design

- Determinare il massimo flusso (sorg→dest) che può attraversare la rete (max-flow).
- Determinare l'instradamento a costo totale minimo di una data quantità di flusso tra sorgente e destinazione (min-cost flow).
- Distinguere flussi di tipo diverso (multicommodity).
- Decidere se installare capacità su un arco e in quale misura, ed eventualmente anche instradare (network design).

Ricerca Operativa

Applicazioni

Network flow,
network design

Allocazione di risorse

Traveling salesman
problem (TSP)

Trajectory design

Assegnamento. Dati n task ed n risorse, ed un costo di assegnamento c_{ij} da pagare per assegnare una risorsa i ad un task j , calcolare l'assegnamento (uno-a-uno) delle risorse ai task a costo minimo totale.

Ricerca Operativa

Applicazioni

Network flow,
network design

Allocazione di risorse

Traveling salesman
problem (TSP)

Trajectory design

Allocazione di risorse

Assegnamento. Dati n task ed n risorse, ed un costo di assegnamento c_{ij} da pagare per assegnare una risorsa i ad un task j , calcolare l'assegnamento (uno-a-uno) delle risorse ai task a costo minimo totale.

① ② ③ ④ ⑤

Ⓐ Ⓑ Ⓒ Ⓓ Ⓔ

$$\begin{array}{c} A \\ B \\ C \\ D \\ E \end{array} \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 20 & 12 & 9 & 11 & 8 \\ 8 & 2 & 10 & 5 & 9 \\ 0 & 2 & 8 & 9 & 1 \\ -1 & 7 & 15 & 8 & 8 \\ 12 & 7 & 20 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

Ricerca Operativa

Applicazioni

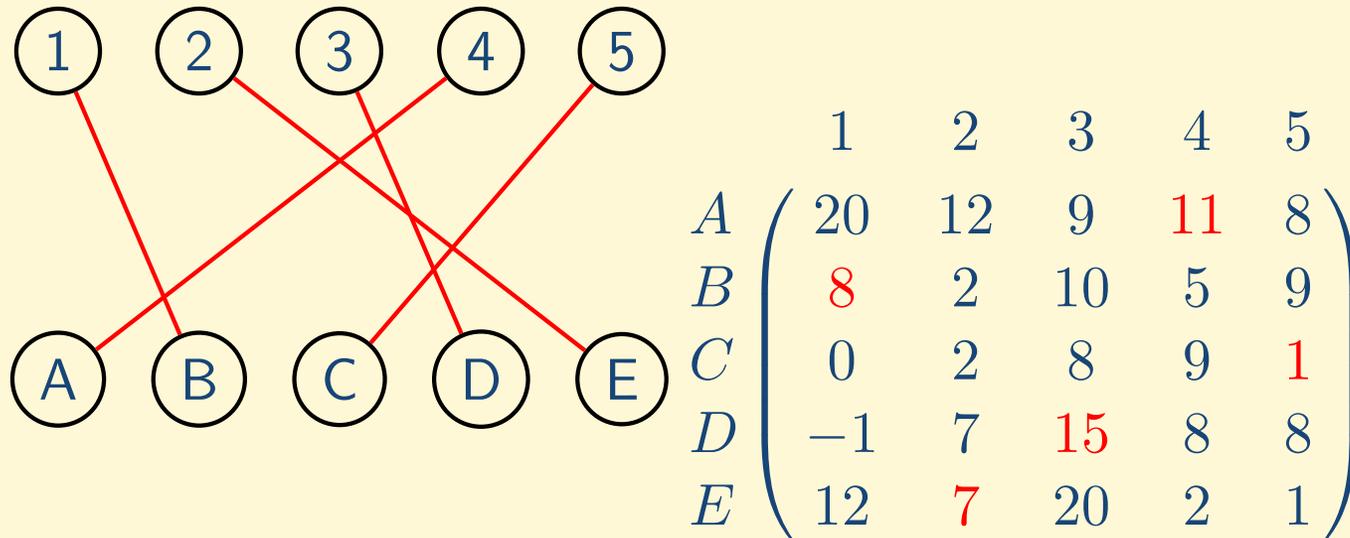
Network flow,
network design

Allocazione di risorse

Traveling salesman
problem (TSP)

Trajectory design

Assegnamento. Dati n task ed n risorse, ed un costo di assegnamento c_{ij} da pagare per assegnare una risorsa i ad un task j , calcolare l'assegnamento (uno-a-uno) delle risorse ai task a costo minimo totale.



- Problema di base “facile” .

Ricerca Operativa

Applicazioni

Network flow,
network design

Allocazione di risorse

Traveling salesman
problem (TSP)

Trajectory design

- Problema di base “facile” .
- Allocazione di risorse nel tempo: schedulazione.
 - ◆ Risorse (macchine) con capacità limitata.
 - ◆ Gestione di tempi di rilascio e consegna.

Ricerca Operativa

Applicazioni

Network flow,
network design

Allocazione di risorse

Traveling salesman
problem (TSP)

Trajectory design

- Problema di base “facile” .
- Allocazione di risorse nel tempo: schedulazione.
 - ◆ Risorse (macchine) con capacità limitata.
 - ◆ Gestione di tempi di rilascio e consegna.
- Risorse umane: turnazione del personale.
 - ◆ Modelli in genere molto complessi.
 - ◆ Sequenze notti-riposi, fine-settimana garantiti, etc.
 - ◆ Oggi risolvibile (anche) con solver MILP.

Ricerca Operativa

Applicazioni

Network flow,
network design

Allocazione di risorse

Traveling salesman
problem (TSP)

Trajectory design

Traveling salesman problem (TSP)

Problema. Un commesso viaggiatore deve visitare n città; per spostarsi tra la città i e la città j il commesso sostiene un costo c_{ij} ; determinare un itinerario che permetta al commesso di visitare una sola volta le città partendo dalla 1 e facendovi infine ritorno, minimizzando i costi totali di spostamento.

Ricerca Operativa

Applicazioni

Network flow,
network design

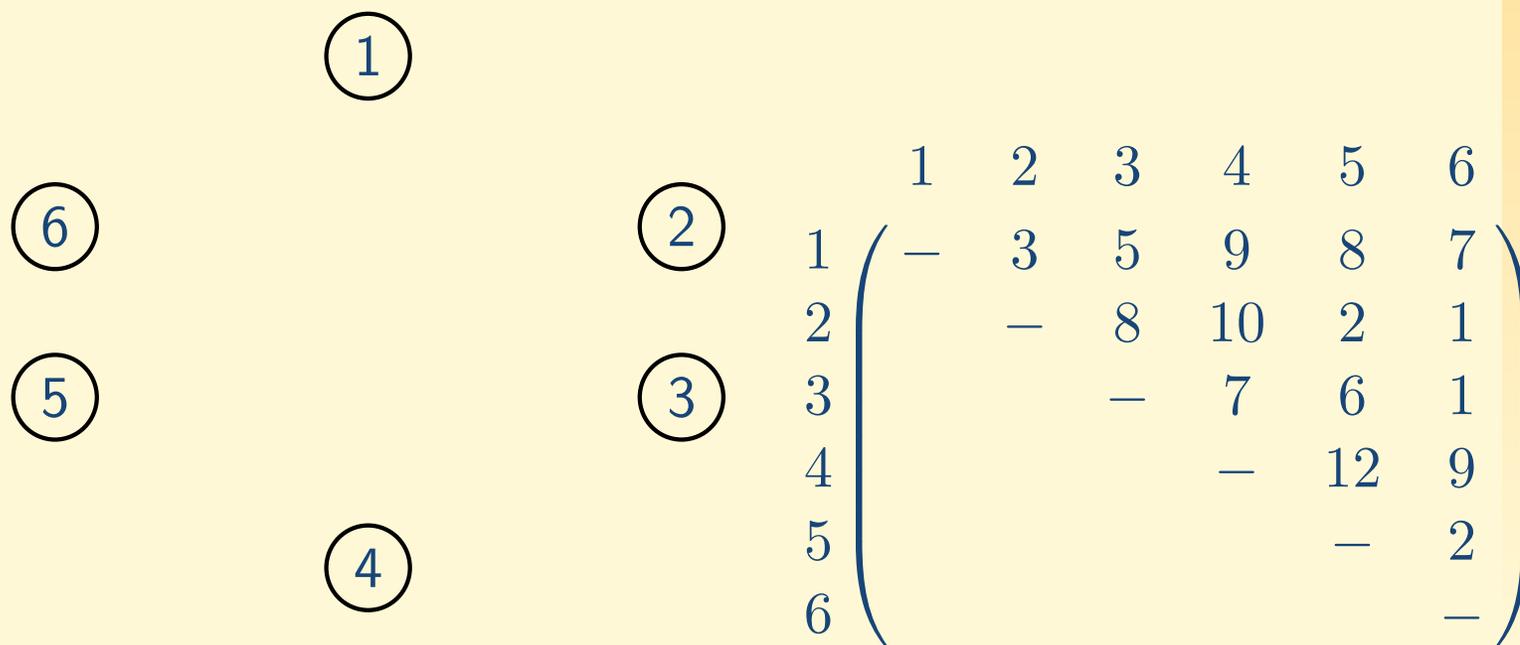
Allocazione di risorse

Traveling salesman
problem (TSP)

Trajectory design

Traveling salesman problem (TSP)

Problema. Un commesso viaggiatore deve visitare n città; per spostarsi tra la città i e la città j il commesso sostiene un costo c_{ij} ; determinare un itinerario che permetta al commesso di visitare una sola volta le città partendo dalla 1 e facendovi infine ritorno, minimizzando i costi totali di spostamento.



Ricerca Operativa

Applicazioni

Network flow,
network design

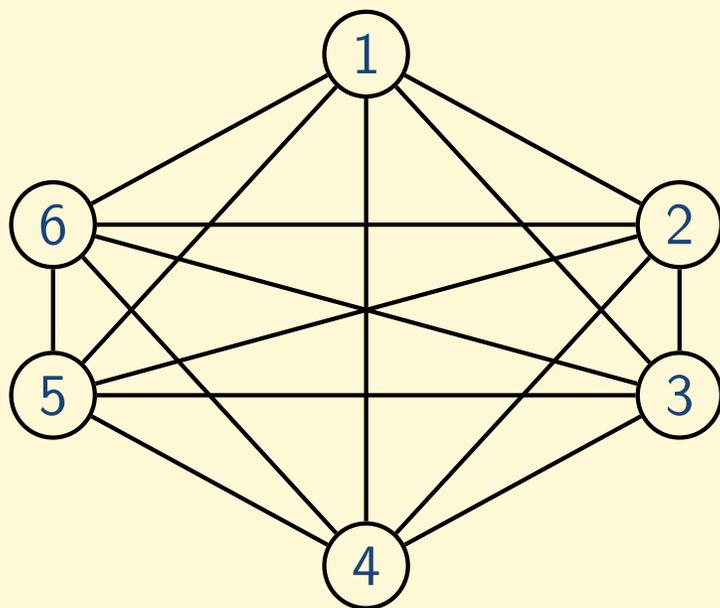
Allocazione di risorse

Traveling salesman
problem (TSP)

Trajectory design

Traveling salesman problem (TSP)

Problema. Un commesso viaggiatore deve visitare n città; per spostarsi tra la città i e la città j il commesso sostiene un costo c_{ij} ; determinare un itinerario che permetta al commesso di visitare una sola volta le città partendo dalla 1 e facendovi infine ritorno, minimizzando i costi totali di spostamento.



$$\begin{matrix} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{matrix} & \left(\begin{array}{cccccc} - & 3 & 5 & 9 & 8 & 7 \\ & - & 8 & 10 & 2 & 1 \\ & & - & 7 & 6 & 1 \\ & & & - & 12 & 9 \\ & & & & - & 2 \\ & & & & & - \end{array} \right) \end{matrix}$$

Ricerca Operativa

Applicazioni

Network flow,
network design

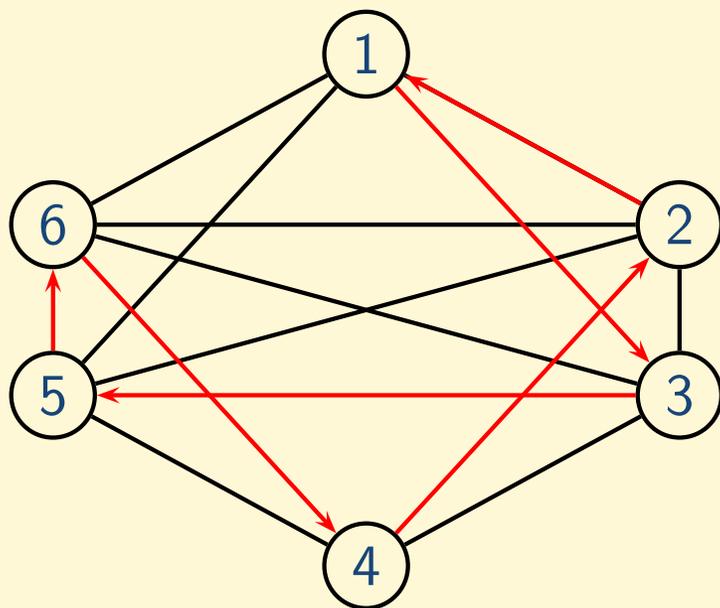
Allocazione di risorse

Traveling salesman
problem (TSP)

Trajectory design

Traveling salesman problem (TSP)

Problema. Un commesso viaggiatore deve visitare n città; per spostarsi tra la città i e la città j il commesso sostiene un costo c_{ij} ; determinare un itinerario che permetta al commesso di visitare una sola volta le città partendo dalla 1 e facendovi infine ritorno, minimizzando i costi totali di spostamento.



	1	2	3	4	5	6
1	—	3	5	9	8	7
2		—	8	10	2	1
3			—	7	6	1
4				—	12	9
5					—	2
6						—

Ricerca Operativa

Applicazioni

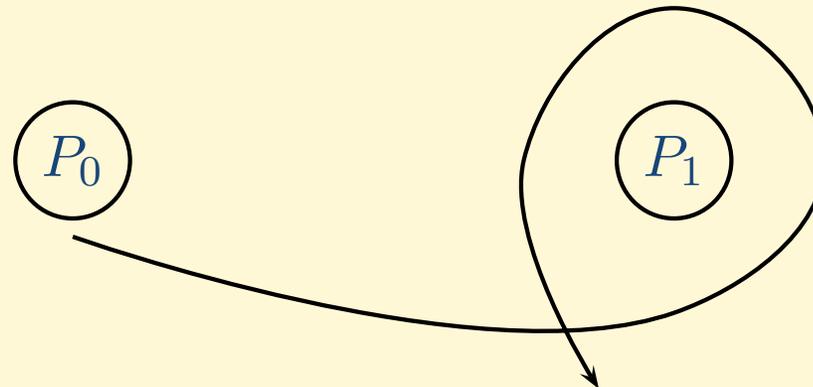
Network flow,
network design

Allocazione di risorse

Traveling salesman
problem (TSP)

Trajectory design

- Sequenza di pianeti P_1, P_2, \dots, P_k .
- Manovre realizzabili a distanza ravvicinata (fionda gravitazionale).
- Manovre nello spazio profondo.



Ricerca Operativa

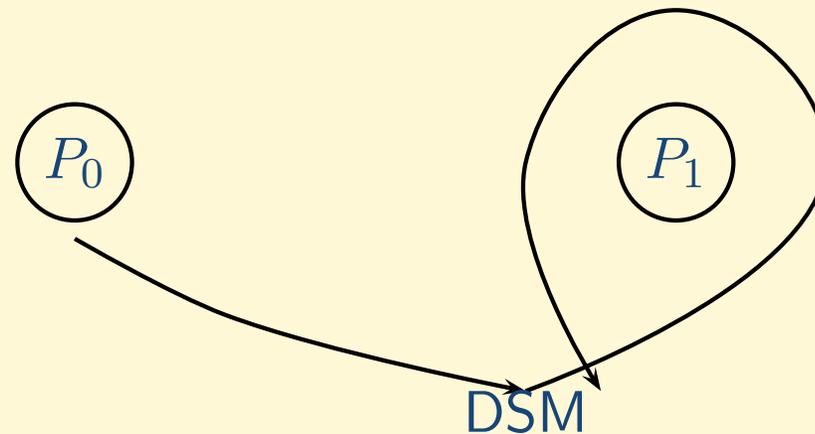
Applicazioni

Network flow,
network design

Allocazione di risorse
Traveling salesman
problem (TSP)

Trajectory design

- Sequenza di pianeti P_1, P_2, \dots, P_k .
- Manovre realizzabili a distanza ravvicinata (fionda gravitazionale).
- Manovre nello spazio profondo.



Ricerca Operativa

Applicazioni

Network flow,
network design

Allocazione di risorse
Traveling salesman
problem (TSP)

Trajectory design