

Lezione introduttiva Ottimizzazione

Veronica Piccialli*

Roma 29 Settembre 2014

* Università degli Studi di Roma Tor Vergata

Ottimizzazione

Introduzione

● Ottimizzazione

● Ottimizzazione oggi

Modello vs
enumerazione

Esempi

L'**ottimizzazione** (o Programmazione Matematica) studia **problemi di decisione** complessi che si presentano nella vita reale in cui si richiede di trovare il minimo o il massimo di una funzione a valori reali in un dato insieme.

Ottimizzazione

Introduzione

● Ottimizzazione

● Ottimizzazione oggi

Modello vs
enumerazione

Esempi

L'**ottimizzazione** (o Programmazione Matematica) studia **problemi di decisione** complessi che si presentano nella vita reale in cui si richiede di trovare il minimo o il massimo di una funzione a valori reali in un dato insieme.

Eulero: Nulla accade in natura che non possa essere ricondotto a un problema di massimizzazione o minimizzazione

Ottimizzazione oggi

Introduzione

- Ottimizzazione
- Ottimizzazione oggi

Modello vs enumerazione

Esempi

Il semplice buon senso, ovvero l'impiego di una persona competente del settore che sulla base dell'esperienza acquisita nel corso degli anni gestisca il sistema non è più sufficiente a far fronte alla sempre più crescente complessità organizzativa della gran parte dei sistemi di produzione e servizio.

Ottimizzazione oggi

Introduzione

- Ottimizzazione
- Ottimizzazione oggi

Modello vs enumerazione

Esempi

Il semplice buon senso, ovvero l'impiego di una persona competente del settore che sulla base dell'esperienza acquisita nel corso degli anni gestisca il sistema non è più sufficiente a far fronte alla sempre più crescente complessità organizzativa della gran parte dei sistemi di produzione e servizio.

Lo sviluppo di mezzi di calcolo potenti ha favorito la diffusione della RO in quanto un calcolatore potente è uno strumento irrinunciabile per risolvere problemi di decisione complessi

Esempio di Dantzig

Introduzione

Modello vs
enumerazione

- Esempio di Dantzig
- Enumerazione
- Approccio modellistico
- Modello
- Modelli
- Modello matematico
- Problema di
assegnamento (Dantzig)

Esempi

Riportiamo l'esempio di G.B. Dantzig - Linear Programming the story about it began: some legends, a little about historical significance, and comments about where its many mathematical programming extensions may be headed in History of Mathematical programming - a collection of personal reminiscences, J.K. Lenstra, A.H.G. Rinnooy Kan and A. Schrijver eds., North Holland (1991).

Esempio di Dantzig

Introduzione

Modello vs
enumerazione

- Esempio di Dantzig
- Enumerazione
- Approccio modellistico
- Modello
- Modelli
- Modello matematico
- Problema di assegnamento (Dantzig)

Esempi

Riportiamo l'esempio di G.B. Dantzig - Linear Programming the story about it began: some legends, a little about historical significance, and comments about where its many mathematical programming extensions may be headed in History of Mathematical programming - a collection of personal reminiscences, J.K. Lenstra, A.H.G. Rinnooy Kan and A. Schrijver eds., North Holland (1991).

- (i) Supponiamo di dover assegnare 70 dipendenti a 70 diverse mansioni. Le abilità dei dipendenti non sono tutte uguali, quindi si vuole scegliere l'assegnamento che massimizza la riuscita complessiva delle mansioni (obiettivo).

Esempio di Dantzig

Introduzione

Modello vs
enumerazione

- Esempio di Dantzig
- Enumerazione
- Approccio modellistico
- Modello
- Modelli
- Modello matematico
- Problema di assegnamento (Dantzig)

Esempi

Riportiamo l'esempio di G.B. Dantzig - Linear Programming the story about it began: some legends, a little about historical significance, and comments about where its many mathematical programming extensions may be headed in History of Mathematical programming - a collection of personal reminiscences, J.K. Lenstra, A.H.G. Rinnooy Kan and A. Schrijver eds., North Holland (1991).

- (i) Supponiamo di dover assegnare 70 dipendenti a 70 diverse mansioni. Le abilità dei dipendenti non sono tutte uguali, quindi si vuole scegliere l'assegnamento che massimizza la riuscita complessiva delle mansioni (obiettivo).
- (i) Vincoli:

Esempio di Dantzig

Introduzione

Modello vs
enumerazione

- Esempio di Dantzig
- Enumerazione
- Approccio modellistico
- Modello
- Modelli
- Modello matematico
- Problema di assegnamento (Dantzig)

Esempi

Riportiamo l'esempio di G.B. Dantzig - Linear Programming the story about it began: some legends, a little about historical significance, and comments about where its many mathematical programming extensions may be headed in History of Mathematical programming - a collection of personal reminiscences, J.K. Lenstra, A.H.G. Rinnooy Kan and A. Schrijver eds., North Holland (1991).

- (i) Supponiamo di dover assegnare 70 dipendenti a 70 diverse mansioni. Le abilità dei dipendenti non sono tutte uguali, quindi si vuole scegliere l'assegnamento che massimizza la riuscita complessiva delle mansioni (obiettivo).
- (i) Vincoli:
1. ogni dipendente deve essere assegnato a una mansione

Esempio di Dantzig

Introduzione

Modello vs
enumerazione

- Esempio di Dantzig
- Enumerazione
- Approccio modellistico
- Modello
- Modelli
- Modello matematico
- Problema di assegnamento (Dantzig)

Esempi

Riportiamo l'esempio di G.B. Dantzig - Linear Programming the story about it began: some legends, a little about historical significance, and comments about where its many mathematical programming extensions may be headed in History of Mathematical programming - a collection of personal reminiscences, J.K. Lenstra, A.H.G. Rinnooy Kan and A. Schrijver eds., North Holland (1991).

- (i) Supponiamo di dover assegnare 70 dipendenti a 70 diverse mansioni. Le abilità dei dipendenti non sono tutte uguali, quindi si vuole scegliere l'assegnamento che massimizza la riuscita complessiva delle mansioni (obiettivo).
- (i) Vincoli:
1. ogni dipendente deve essere assegnato a una mansione
 2. ogni mansione deve essere assegnata a un dipendente.

Enumerazione

Introduzione

Modello vs
enumerazione

- Esempio di Dantzig
- Enumerazione
- Approccio modellistico
- Modello
- Modelli
- Modello matematico
- Problema di assegnamento (Dantzig)

Esempi

Ci sono un numero finito di possibilità : 70!

Enumerazione

Introduzione

Modello vs
enumerazione

- Esempio di Dantzig
- Enumerazione
- Approccio modellistico
- Modello
- Modelli
- Modello matematico
- Problema di assegnamento (Dantzig)

Esempi

Ci sono un numero finito di possibilità : $70! > 10^{100}$!!!!!!

Enumerazione

Introduzione

Modello vs
enumerazione

- Esempio di Dantzig
- Enumerazione
- Approccio modellistico
- Modello
- Modelli
- Modello matematico
- Problema di assegnamento (Dantzig)

Esempi

Ci sono un numero finito di possibilità : $70! > 10^{100}$!!!!!!

Supponiamo di disporre di un calcolatore capace di effettuare un milione di calcoli al secondo e che sia in funzione dal tempo del big bang, 15 milioni di anni fa a oggi: non avrebbe ancora esaminato tutte le possibilità .

Enumerazione

Introduzione

Modello vs
enumerazione

- Esempio di Dantzig
- Enumerazione
- Approccio modellistico
- Modello
- Modelli
- Modello matematico
- Problema di assegnamento (Dantzig)

Esempi

Ci sono un numero finito di possibilità : $70! > 10^{100}$!!!!!!

Supponiamo di disporre di un calcolatore capace di effettuare un milione di calcoli al secondo e che sia in funzione dal tempo del big bang, 15 milioni di anni fa a oggi: non avrebbe ancora esaminato tutte le possibilità .

Supponiamo allora di disporre di un calcolatore che possa effettuare un bilione di assegnamenti per ogni nano secondo; la risposta sarebbe ancora no.

Enumerazione

Introduzione

Modello vs
enumerazione

- Esempio di Dantzig
- Enumerazione
- Approccio modellistico
- Modello
- Modelli
- Modello matematico
- Problema di assegnamento (Dantzig)

Esempi

Ci sono un numero finito di possibilità : $70! > 10^{100}$!!!!!!

Supponiamo di disporre di un calcolatore capace di effettuare un milione di calcoli al secondo e che sia in funzione dal tempo del big bang, 15 milioni di anni fa a oggi: non avrebbe ancora esaminato tutte le possibilità .

Supponiamo allora di disporre di un calcolatore che possa effettuare un bilione di assegnamenti per ogni nano secondo; la risposta sarebbe ancora no.

Si dovrebbe disporre di 10^{40} terre ciascuna ricoperta di calcolatori di questo tipo, in funzione dal tempo del big bang fino a quando il sole si raffredderà .

Approccio modellistico

Introduzione

Modello vs
enumerazione

- Esempio di Dantzig
- Enumerazione
- **Approccio modellistico**
- Modello
- Modelli
- Modello matematico
- Problema di assegnamento (Dantzig)

Esempi

In certe situazioni è dunque assolutamente impossibile esaminare tutti i casi possibili per determinare qual è il migliore.

Approccio modellistico

Introduzione

Modello vs
enumerazione

- Esempio di Dantzig
- Enumerazione
- **Approccio modellistico**
- Modello
- Modelli
- Modello matematico
- Problema di assegnamento (Dantzig)

Esempi

In certe situazioni è dunque assolutamente impossibile esaminare tutti i casi possibili per determinare qual è il migliore.

1. ad hoc ground-rule approach: affidarsi al buon senso di persone guidate dall'esperienza che stabilivano regole ad hoc di base che dovevano essere seguite per risolvere i problemi .

Approccio modellistico

Introduzione

Modello vs
enumerazione

- Esempio di Dantzig
- Enumerazione
- Approccio modellistico
- Modello
- Modelli
- Modello matematico
- Problema di assegnamento (Dantzig)

Esempi

In certe situazioni è dunque assolutamente impossibile esaminare tutti i casi possibili per determinare qual è il migliore.

1. ad hoc ground-rule approach: affidarsi al buon senso di persone guidate dall'esperienza che stabilivano regole ad hoc di base che dovevano essere seguite per risolvere i problemi .
2. approccio modellistico-ottimizzatorio: approccio introdotto dalla RO

Modello

Introduzione

Modello vs
enumerazione

- Esempio di Dantzig
- Enumerazione
- Approccio modellistico
- **Modello**
- Modelli
- Modello matematico
- Problema di assegnamento (Dantzig)

Esempi

Il termine **modello** è di solito usato per indicare una costruzione artificiale realizzata per evidenziare proprietà specifiche di oggetti reali.

Modello

Introduzione

Modello vs
enumerazione

- Esempio di Dantzig
- Enumerazione
- Approccio modellistico
- **Modello**
- Modelli
- Modello matematico
- Problema di assegnamento (Dantzig)

Esempi

Il termine **modello** è di solito usato per indicare una costruzione artificiale realizzata per evidenziare proprietà specifiche di oggetti reali.

1. modelli concreti prototipi di aerei o automobili

Modello

Introduzione

Modello vs
enumerazione

- Esempio di Dantzig
- Enumerazione
- Approccio modellistico
- Modello
- Modelli
- Modello matematico
- Problema di assegnamento (Dantzig)

Esempi

Il termine **modello** è di solito usato per indicare una costruzione artificiale realizzata per evidenziare proprietà specifiche di oggetti reali.

1. modelli concreti prototipi di aerei o automobili
2. modelli astratti: modelli matematici che usano il simbolismo dell'algebra per mettere in evidenza le relazioni principali dell'oggetto che deve essere modellato.

Modelli

Introduzione

Modello vs
enumerazione

- Esempio di Dantzig
- Enumerazione
- Approccio modellistico
- Modello
- **Modelli**
- Modello matematico
- Problema di assegnamento (Dantzig)

Esempi

La Ricerca Operativa utilizza un approccio modellistico ai problemi, diviso essenzialmente in 2 fasi:

Modelli

Introduzione

Modello vs
enumerazione

- Esempio di Dantzig
- Enumerazione
- Approccio modellistico
- Modello
- **Modelli**
- Modello matematico
- Problema di assegnamento (Dantzig)

Esempi

La Ricerca Operativa utilizza un approccio modellistico ai problemi, diviso essenzialmente in 2 fasi:

1. la rappresentazione del problema attraverso un modello matematico che ne astragga gli aspetti essenziali e che schematizzi le interrelazioni esistenti tra i diversi aspetti del fenomeno che si sta studiando;

Modelli

Introduzione

Modello vs
enumerazione

- Esempio di Dantzig
- Enumerazione
- Approccio modellistico
- Modello
- Modelli
- Modello matematico
- Problema di assegnamento (Dantzig)

Esempi

La Ricerca Operativa utilizza un approccio modellistico ai problemi, diviso essenzialmente in 2 fasi:

1. la rappresentazione del problema attraverso un modello matematico che ne astragga gli aspetti essenziali e che schematizzi le interrelazioni esistenti tra i diversi aspetti del fenomeno che si sta studiando;
2. lo sviluppo di metodi matematici efficienti (algoritmi di soluzione) per determinare una soluzione ottima del problema o una sua buona approssimazione.

Modello matematico

Introduzione

Modello vs
enumerazione

- Esempio di Dantzig
- Enumerazione
- Approccio modellistico
- Modello
- Modelli
- Modello matematico
- Problema di assegnamento (Dantzig)

Esempi

1. Si parte da una descrizione verbale del problema quantitativa/logica.

Modello matematico

Introduzione

Modello vs
enumerazione

- Esempio di Dantzig
- Enumerazione
- Approccio modellistico
- Modello
- Modelli
- Modello matematico
- Problema di assegnamento (Dantzig)

Esempi

1. Si parte da una descrizione verbale del problema quantitativa/logica.
2. Si individuano le **variabili di decisione** (ovvero le grandezze di interesse che si possono controllare) che costituiscono le **incognite** del problema.

Modello matematico

Introduzione

Modello vs
enumerazione

- Esempio di Dantzig
- Enumerazione
- Approccio modellistico
- Modello
- Modelli
- **Modello matematico**
- Problema di assegnamento (Dantzig)

Esempi

1. Si parte da una descrizione verbale del problema quantitativa/logica.
2. Si individuano le **variabili di decisione** (ovvero le grandezze di interesse che si possono controllare) che costituiscono le **incognite** del problema.
3. Si esprimono **quantitativamente** i legami tra le variabili e le limitazioni sulle variabili stesse, che definiscono i vincoli (relazioni tecnologiche, leggi fisiche, vincoli di mercato, etc.) e definiscono l'**insieme ammissibile**. Se il problema è stato ben formulato, deve essere non vuota e non banale (infiniti punti).

Modello matematico

Introduzione

Modello vs
enumerazione

- Esempio di Dantzig
- Enumerazione
- Approccio modellistico
- Modello
- Modelli
- **Modello matematico**
- Problema di assegnamento (Dantzig)

Esempi

1. Si parte da una descrizione verbale del problema quantitativa/logica.
2. Si individuano le **variabili di decisione** (ovvero le grandezze di interesse che si possono controllare) che costituiscono le **incognite** del problema.
3. Si esprimono **quantitativamente** i legami tra le variabili e le limitazioni sulle variabili stesse, che definiscono i vincoli (relazioni tecnologiche, leggi fisiche, vincoli di mercato, etc.) e definiscono l'**insieme ammissibile**. Se il problema è stato ben formulato, deve essere non vuota e non banale (infiniti punti).
4. Si definisce la funzione obiettivo che si vuole minimizzare o massimizzare.

Modello matematico

Introduzione

Modello vs
enumerazione

- Esempio di Dantzig
- Enumerazione
- Approccio modellistico
- Modello
- Modelli
- **Modello matematico**
- Problema di assegnamento (Dantzig)

Esempi

1. Si parte da una descrizione verbale del problema quantitativa/logica.
2. Si individuano le **variabili di decisione** (ovvero le grandezze di interesse che si possono controllare) che costituiscono le **incognite** del problema.
3. Si esprimono **quantitativamente** i legami tra le variabili e le limitazioni sulle variabili stesse, che definiscono i vincoli (relazioni tecnologiche, leggi fisiche, vincoli di mercato, etc.) e definiscono l'**insieme ammissibile**. Se il problema è stato ben formulato, deve essere non vuota e non banale (infiniti punti).
4. Si definisce la funzione obiettivo che si vuole minimizzare o massimizzare.

Complessivamente il problema è della forma

$$\min \quad f(x) \\ x \in S.$$

Problema di assegnamento (Dantzig)

Introduzione

Modello vs
enumerazione

- Esempio di Dantzig
- Enumerazione
- Approccio modellistico
- Modello
- Modelli
- Modello matematico
- Problema di assegnamento (Dantzig)

Esempi

1. Variabili di decisione: x_{ij} variabili binarie, pari a 1 se il dipendente i svolge la mansione j , 0 altrimenti per $i, j = 1, \dots, 70$.

Problema di assegnamento (Dantzig)

Introduzione

Modello vs
enumerazione

- Esempio di Dantzig
- Enumerazione
- Approccio modellistico
- Modello
- Modelli
- Modello matematico
- Problema di assegnamento (Dantzig)

Esempi

1. Variabili di decisione: x_{ij} variabili binarie, pari a 1 se il dipendente i svolge la mansione j , 0 altrimenti per $i, j = 1, \dots, 70$.
2. Ogni dipendente svolge esattamente una mansione :

$$\sum_{j=1}^{70} x_{ij} = 1, \quad \forall i = 1, \dots, 70$$

Problema di assegnamento (Dantzig)

Introduzione

Modello vs enumerazione

- Esempio di Dantzig
- Enumerazione
- Approccio modellistico
- Modello
- Modelli
- Modello matematico
- Problema di assegnamento (Dantzig)

Esempi

1. Variabili di decisione: x_{ij} variabili binarie, pari a 1 se il dipendente i svolge la mansione j , 0 altrimenti per $i, j = 1, \dots, 70$.
2. Ogni dipendente svolge esattamente una mansione :

$$\sum_{j=1}^{70} x_{ij} = 1, \quad \forall i = 1, \dots, 70$$

3. Ogni mansione deve essere affidata esattamente a un dipendente:

$$\sum_{i=1}^{70} x_{ij} = 1, \quad \forall j = 1, \dots, 70$$

Problema di assegnamento (Dantzig)

Introduzione

Modello vs
enumerazione

- Esempio di Dantzig
- Enumerazione
- Approccio modellistico
- Modello
- Modelli
- Modello matematico
- Problema di assegnamento (Dantzig)

Esempi

1. Variabili di decisione: x_{ij} variabili binarie, pari a 1 se il dipendente i svolge la mansione j , 0 altrimenti per $i, j = 1, \dots, 70$.
2. Ogni dipendente svolge esattamente una mansione :

$$\sum_{j=1}^{70} x_{ij} = 1, \quad \forall i = 1, \dots, 70$$

3. Ogni mansione deve essere affidata esattamente a un dipendente:

$$\sum_{i=1}^{70} x_{ij} = 1, \quad \forall j = 1, \dots, 70$$

4. Il parametro c_{ij} rappresenta le capacità del dipendente i di svolgere la mansione j : la funzione obiettivo è

$$\max \sum_{i=1}^{70} \sum_{j=1}^{70} c_{ij} x_{ij}$$

Esempi di problemi di decisione I

(i) Problemi in ambito industriale:

Introduzione

Modello vs
enumerazione

Esempi

- Esempi di problemi di decisione I
- Esempi di problemi di decisione II
- Esempi di problemi di decisione III
- Esempi di problemi di decisione IV
- Esempi di problemi di decisione IV
- Classificazione di problemi

Esempi di problemi di decisione I

Introduzione

Modello vs
enumerazione

Esempi

- Esempi di problemi di decisione I
- Esempi di problemi di decisione II
- Esempi di problemi di decisione III
- Esempi di problemi di decisione IV
- Esempi di problemi di decisione IV
- Classificazione di problemi

(i) Problemi in ambito industriale:

1. **Pianificazione della produzione:** come assegnare la forza lavoro alle varie attività della nostra impresa? Su quali macchine e per quanto tempo ci conviene effettuare i nostri processi? Si tratta di pianificare i livelli di produzione e/o l'utilizzazione di risorse in modo da massimizzare o minimizzare un qualche criterio.

Esempi di problemi di decisione I

Introduzione

Modello vs
enumerazione

Esempi

- Esempi di problemi di decisione I
- Esempi di problemi di decisione II
- Esempi di problemi di decisione III
- Esempi di problemi di decisione IV
- Esempi di problemi di decisione IV
- Classificazione di problemi

(i) Problemi in ambito industriale:

1. **Pianificazione della produzione:** come assegnare la forza lavoro alle varie attività della nostra impresa? Su quali macchine e per quanto tempo ci conviene effettuare i nostri processi? Si tratta di pianificare i livelli di produzione e/o l'utilizzazione di risorse in modo da massimizzare o minimizzare un qualche criterio.
2. **gestione ottima delle scorte:** decidere quando e quanto utilizzare i magazzini durante un processo produttivo così da rispettare le consegne minimizzando i costi.

Esempi di problemi di decisione I

Introduzione

Modello vs
enumerazione

Esempi

● Esempi di problemi di
decisione I

● Esempi di problemi di
decisione II

● Esempi di problemi di
decisione III

● Esempi di problemi di
decisione IV

● Esempi di problemi di
decisione IV

● Classificazione di
problemi

(i) Problemi in ambito industriale:

1. **Pianificazione della produzione:** come assegnare la forza lavoro alle varie attività della nostra impresa? Su quali macchine e per quanto tempo ci conviene effettuare i nostri processi? Si tratta di pianificare i livelli di produzione e/o l'utilizzazione di risorse in modo da massimizzare o minimizzare un qualche criterio.
2. **gestione ottima delle scorte:** decidere quando e quanto utilizzare i magazzini durante un processo produttivo così da rispettare le consegne minimizzando i costi.
3. **localizzazione e dimensionamento di impianti:** decidere dove installare impianti di produzione in modo da rifornire in modo ottimale aree distribuite su un territorio, ad es. dove costruire degli ospedali (o scuole o stazioni dei vigili del fuoco) in modo da ottimizzare il servizio fornito (o rete GSM per cellulari)

Esempi di problemi di decisione II

(ii) Problemi di progettazione ottima:

Introduzione

Modello vs
enumerazione

Esempi

- Esempi di problemi di decisione I
- Esempi di problemi di decisione II
- Esempi di problemi di decisione III
- Esempi di problemi di decisione IV
- Esempi di problemi di decisione IV
- Classificazione di problemi

Esempi di problemi di decisione II

Introduzione

Modello vs
enumerazione

Esempi

- Esempi di problemi di decisione I
- **Esempi di problemi di decisione II**
- Esempi di problemi di decisione III
- Esempi di problemi di decisione IV
- Esempi di problemi di decisione IV
- Classificazione di problemi

(ii) Problemi di progettazione ottima:

1. **progettazione di reti e loro gestione:** definire i collegamenti e dimensionare una rete stradale, di telecomunicazione, di trasmissione dati, di circuiti, in modo da garantire il traffico tra le varie origini e destinazioni e minimizzare il costo complessivo;

Esempi di problemi di decisione II

Introduzione

Modello vs
enumerazione

Esempi

- Esempi di problemi di decisione I
- **Esempi di problemi di decisione II**
- Esempi di problemi di decisione III
- Esempi di problemi di decisione IV
- Esempi di problemi di decisione IV
- Classificazione di problemi

(ii) Problemi di progettazione ottima:

1. **progettazione di reti e loro gestione:** definire i collegamenti e dimensionare una rete stradale, di telecomunicazione, di trasmissione dati, di circuiti, in modo da garantire il traffico tra le varie origini e destinazioni e minimizzare il costo complessivo;
2. **progettazione strutturale:** definire il progetto di un edificio, in modo che resista al meglio a sollecitazioni derivanti da agenti esterni (terremoti, venti forti) oppure il progetto del profilo di un'ala di un aereo in modo che, ad esempio, sia massimizzata la portanza;

Esempi di problemi di decisione II

Introduzione

Modello vs
enumerazione

Esempi

- Esempi di problemi di decisione I
- **Esempi di problemi di decisione II**
- Esempi di problemi di decisione III
- Esempi di problemi di decisione IV
- Esempi di problemi di decisione IV
- Classificazione di problemi

(ii) Problemi di progettazione ottima:

1. **progettazione di reti e loro gestione:** definire i collegamenti e dimensionare una rete stradale, di telecomunicazione, di trasmissione dati, di circuiti, in modo da garantire il traffico tra le varie origini e destinazioni e minimizzare il costo complessivo;
2. **progettazione strutturale:** definire il progetto di un edificio, in modo che resista al meglio a sollecitazioni derivanti da agenti esterni (terremoti, venti forti) oppure il progetto del profilo di un'ala di un aereo in modo che, ad esempio, sia massimizzata la portanza;
3. **calcolo delle traiettorie ottime:** determinare la traiettoria che permette ad un veicolo spaziale di arrivare sulla luna e tornare usando la quantità minima di carburante

Esempi di problemi di decisione II

Introduzione

Modello vs
enumerazione

Esempi

- Esempi di problemi di decisione I
- **Esempi di problemi di decisione II**
- Esempi di problemi di decisione III
- Esempi di problemi di decisione IV
- Esempi di problemi di decisione IV
- Classificazione di problemi

(ii) Problemi di progettazione ottima:

1. **progettazione di reti e loro gestione:** definire i collegamenti e dimensionare una rete stradale, di telecomunicazione, di trasmissione dati, di circuiti, in modo da garantire il traffico tra le varie origini e destinazioni e minimizzare il costo complessivo;
2. **progettazione strutturale:** definire il progetto di un edificio, in modo che resista al meglio a sollecitazioni derivanti da agenti esterni (terremoti, venti forti) oppure il progetto del profilo di un'ala di un aereo in modo che, ad esempio, sia massimizzata la portanza;
3. **calcolo delle traiettorie ottime:** determinare la traiettoria che permette ad un veicolo spaziale di arrivare sulla luna e tornare usando la quantità minima di carburante
4. **VLSI design:** (allocazione ottima di componenti elettronici): disegnare una piastra madre in modo che, ad esempio, siano minimizzate le lunghezze dei percorsi dei segnali elettrici

Esempi di problemi di decisione III

(iii) Problemi di organizzazione:

Introduzione

Modello vs
enumerazione

Esempi

- Esempi di problemi di decisione I
- Esempi di problemi di decisione II
- Esempi di problemi di decisione III
- Esempi di problemi di decisione IV
- Esempi di problemi di decisione IV
- Classificazione di problemi

Esempi di problemi di decisione III

Introduzione

Modello vs
enumerazione

Esempi

- Esempi di problemi di decisione I
- Esempi di problemi di decisione II
- **Esempi di problemi di decisione III**
- Esempi di problemi di decisione IV
- Esempi di problemi di decisione IV
- Classificazione di problemi

(iii) Problemi di organizzazione:

1. **determinazione dei turni del personale:** scelta dei turni del personale in maniera tale da garantire copertura di un servizio minimizzando i costi;

Esempi di problemi di decisione III

Introduzione

Modello vs
enumerazione

Esempi

- Esempi di problemi di decisione I
- Esempi di problemi di decisione II
- **Esempi di problemi di decisione III**
- Esempi di problemi di decisione IV
- Esempi di problemi di decisione IV
- Classificazione di problemi

(iii) Problemi di organizzazione:

1. **determinazione dei turni del personale:** scelta dei turni del personale in maniera tale da garantire copertura di un servizio minimizzando i costi;
2. **instradamento di veicoli:** scegliere i percorsi che i veicoli di una flotta di automezzi devono seguire per, ad esempio, raccogliere l'immondizia, o rifornire una rete di negozi, in modo da minimizzare le distanze complessive percorse;

Esempi di problemi di decisione III

Introduzione

Modello vs
enumerazione

Esempi

- Esempi di problemi di decisione I
- Esempi di problemi di decisione II
- **Esempi di problemi di decisione III**
- Esempi di problemi di decisione IV
- Esempi di problemi di decisione IV
- Classificazione di problemi

(iii) Problemi di organizzazione:

1. **determinazione dei turni del personale:** scelta dei turni del personale in maniera tale da garantire copertura di un servizio minimizzando i costi;
2. **instradamento di veicoli:** scegliere i percorsi che i veicoli di una flotta di automezzi devono seguire per, ad esempio, raccogliere l'immondizia, o rifornire una rete di negozi, in modo da minimizzare le distanze complessive percorse;
3. **project planning:** decidere durata e risorse di un progetto e come sequenziare le attività che lo costituiscono in modo da minimizzare i costi e garantire dei risultati attesi.

Esempi di problemi di decisione IV

(iv) Problemi di economia e finanza:

Introduzione

Modello vs
enumerazione

Esempi

- Esempi di problemi di decisione I
- Esempi di problemi di decisione II
- Esempi di problemi di decisione III
- Esempi di problemi di decisione IV
- Esempi di problemi di decisione IV
- Classificazione di problemi

Esempi di problemi di decisione IV

Introduzione

Modello vs
enumerazione

Esempi

- Esempi di problemi di decisione I
- Esempi di problemi di decisione II
- Esempi di problemi di decisione III
- **Esempi di problemi di decisione IV**
- Esempi di problemi di decisione IV
- Classificazione di problemi

(iv) Problemi di economia e finanza:

1. **scelta di investimenti**: scegliere fra un vasto numero di possibilità di investimento rispettando i vincoli imposti da un budget finanziario e massimizzando il guadagno;

Esempi di problemi di decisione IV

Introduzione

Modello vs
enumerazione

Esempi

- Esempi di problemi di decisione I
- Esempi di problemi di decisione II
- Esempi di problemi di decisione III
- **Esempi di problemi di decisione IV**
- Esempi di problemi di decisione IV
- Classificazione di problemi

(iv) Problemi di economia e finanza:

1. **scelta di investimenti**: scegliere fra un vasto numero di possibilità di investimento rispettando i vincoli imposti da un budget finanziario e massimizzando il guadagno;
2. **composizione di un portafoglio**: decidere quali titoli e con quali quote investire capitali in modo da massimizzare il ricavo o minimizzare il rischio;

Esempi di problemi di decisione IV

Introduzione

Modello vs
enumerazione

Esempi

- Esempi di problemi di decisione I
- Esempi di problemi di decisione II
- Esempi di problemi di decisione III
- **Esempi di problemi di decisione IV**
- Esempi di problemi di decisione IV
- Classificazione di problemi

(iv) Problemi di economia e finanza:

1. **scelta di investimenti:** scegliere fra un vasto numero di possibilità di investimento rispettando i vincoli imposti da un budget finanziario e massimizzando il guadagno;
2. **composizione di un portafoglio:** decidere quali titoli e con quali quote investire capitali in modo da massimizzare il ricavo o minimizzare il rischio;
3. **determinazione del prezzo di derivati finanziari:** si vuole determinare il prezzo di un prodotto derivato finanziario (per esempio di un'opzione) in funzione del tempo e dell'andamento del titolo sottostante

Esempi di problemi di decisione IV

(v) Problemi matematico - scientifici

Introduzione

Modello vs
enumerazione

Esempi

- Esempi di problemi di decisione I
- Esempi di problemi di decisione II
- Esempi di problemi di decisione III
- Esempi di problemi di decisione IV
- Esempi di problemi di decisione IV
- Classificazione di problemi

Esempi di problemi di decisione IV

Introduzione

Modello vs
enumerazione

Esempi

- Esempi di problemi di decisione I
- Esempi di problemi di decisione II
- Esempi di problemi di decisione III
- Esempi di problemi di decisione IV
- Esempi di problemi di decisione IV
- Classificazione di problemi

(v) Problemi matematico - scientifici

(vi) Problemi in ambito medico

Esempi di problemi di decisione IV

Introduzione

Modello vs
enumerazione

Esempi

- Esempi di problemi di decisione I
- Esempi di problemi di decisione II
- Esempi di problemi di decisione III
- Esempi di problemi di decisione IV
- **Esempi di problemi di decisione IV**
- Classificazione di problemi

(v) Problemi matematico - scientifici

(vi) Problemi in ambito medico

(vii) Problemi in ambito ambientale

Esempi di problemi di decisione IV

Introduzione

Modello vs
enumerazione

Esempi

- Esempi di problemi di decisione I
- Esempi di problemi di decisione II
- Esempi di problemi di decisione III
- Esempi di problemi di decisione IV
- Esempi di problemi di decisione IV
- Classificazione di problemi

(v) Problemi matematico - scientifici

(vi) Problemi in ambito medico

(vii) Problemi in ambito ambientale

(viii) Progettazione di sistemi di apprendimento

Classificazione di problemi

Introduzione

Modello vs
enumerazione

Esempi

- Esempi di problemi di decisione I
- Esempi di problemi di decisione II
- Esempi di problemi di decisione III
- Esempi di problemi di decisione IV
- Esempi di problemi di decisione IV
- Classificazione di problemi

1. **Un** decisore che persegue **un** singolo obiettivo: problemi di **programmazione matematica**

Classificazione di problemi

Introduzione

Modello vs
enumerazione

Esempi

- Esempi di problemi di decisione I
- Esempi di problemi di decisione II
- Esempi di problemi di decisione III
- Esempi di problemi di decisione IV
- Esempi di problemi di decisione IV
- Classificazione di problemi

1. **Un** decisore che persegue **un** singolo obiettivo: problemi di **programmazione matematica**
2. **Un** decisore che persegue **più** obiettivi: problemi di **programmazione multiobiettivo**

Classificazione di problemi

Introduzione

Modello vs
enumerazione

Esempi

- Esempi di problemi di decisione I
- Esempi di problemi di decisione II
- Esempi di problemi di decisione III
- Esempi di problemi di decisione IV
- Esempi di problemi di decisione IV
- **Classificazione di problemi**

1. **Un** decisore che persegue **un** singolo obiettivo: problemi di **programmazione matematica**
2. **Un** decisore che persegue **più** obiettivi: problemi di **programmazione multiobiettivo**
3. **Più** decisori che perseguono **uno o più** obiettivi: **teoria dei giochi/problemi di equilibrio**