



Progetto di Ricerca Operativa

*Ottimizzazione dei Costi per i Servizi di Trasporto Ordinario
e di Emergenza*

Soldà Matteo

A.A. 2022–2023

Contents

1	Introduzione	3
1.1	Abstract	3
1.2	Problema Generale	3
2	Modello	4
2.1	Insiemi	4
2.2	Parametri	4
2.3	Variabili Decisionali	4
2.4	Funzione Obiettivo	5
3	Codice AMPL	6
3.1	File <i>.mod</i>	6
4	Scenari	7
4.1	Primo Scenario	7
4.1.1	Descrizione	7
4.1.2	Codice	7
4.1.3	Output	8
4.2	Secondo Scenario	8
4.2.1	Descrizione	8
4.2.2	Codice	8
4.2.3	Output	10
4.3	Terzo Scenario	10
4.3.1	Descrizione	10
4.3.2	Codice	10
4.3.3	Output	10

1 Introduzione

1.1 Abstract

La Centrale Operativa del 118 della città di Padova necessita di un gran numero di ambulanze per svolgere i trasporti ordinari e in emergenza nell'intera provincia, ma con le ambulanze interne e in possesso degli ospedali periferici si riesce a coprire solo in minima parte il fabbisogno: si rende necessario quindi rivolgersi alle Organizzazioni di Volontariato che, in cambio di un rimborso spese, prestano ambulanze e soccorritori per lo svolgimento degli interventi. L'obiettivo del progetto è quello di minimizzare il costo per il mantenimento del servizio, garantendo comunque un pronto intervento in caso di necessità.

1.2 Problema Generale

Ogni giorno la Centrale Operativa del 118 di Padova e l'Azienda Ospedaliera ricevono una moltitudine di chiamate, sia per richiedi di supporto immediato (che vengono gestite dal SUEM), sia per trasporti programmati (ossia non in emergenza, dedicati al trasporto di persone invalide presso l'ospedale per le visite programmate oppure per la dimissione dal Pronto Soccorso, e che passano per le linee dell'Azienda Ospedaliera).

L'Azienda Ospedaliera al suo interno dispone di un determinato numero di ambulanze di tipo B (dedicate ai trasporti), mentre quelle di tipo A (dedicate al SUEM) sono fornite dagli ospedali periferici. L'insieme di questi mezzi non è però sufficiente a coprire le richieste pervenute dall'intera provincia, ma ne ricopre una minima parte. Per questo motivo, la Centrale Operativa si rivolge a tre Organizzazioni di Volontariato (OdV) che offrono il loro supporto per coprire i viaggi scoperti:

- La Croce Rossa può fornire solo ambulanze di tipo A
- La Croce Bianca può fornire solo ambulanze di tipo B
- La Croce Verde può fornire sia ambulanze di tipo A che di tipo B.

Il numero di ambulanze complessive in un determinato giorno viene stimato rispetto alla media di interventi e trasporto effettuati negli stessi giorni delle settimane precedenti, mantenendo comunque un numero arbitrario di ambulanze sia di tipo A che di tipo B in più.

Si vuole quindi minimizzare il costo complessivo settimanale per il servizio, sapendo che:

- Ogni giorno la Centrale Operativa ha necessità di un quantitativo diverso di ambulanze
- Qualora si attivasse una OdV per l'assistenza settimanale, è prevista una singola quota fissa di attivazione
- Ogni ambulanza richiamata dalle OdV prevede un rimborso spese giornaliero che varia in base all'organizzazione e al tipo di ambulanza attivata
- Le ambulanze dell'Azienda Ospedaliera e degli Ospedali periferici, se attivate in un determinato giorno prevedono dei piccoli costi di manutenzione
- Ogni giorno bisogna attivare un numero arbitrario di ambulanze in più rispetto al fabbisogno

2 Modello

2.1 Insiemi

- *Giorni*: giorni della settimana in cui è attivo il servizio
- *FornitoriA*: fornitori che dispongono di ambulanze di tipo A da attivare
- *FornitoriB*: fornitori che dispongono di ambulanze di tipo B da attivare

2.2 Parametri

- *bisognoA_g*: fabbisogno per il giorno *g* di ambulanze di tipo A (escluso surplus arbitrario)
- *bisognoB_g*: fabbisogno per il giorno *g* di ambulanze di tipo B (escluso surplus arbitrario)
- *surplusA_g*: surplus di ambulanze di tipo A per il giorno *g*
- *surplusB_g*: surplus di ambulanze di tipo B per il giorno *g*
- *maxA_{fa}*: numero massimo di ambulanze di tipo A che il fornitore *fa* può fornire
- *maxB_{fb}*: numero massimo di ambulanze di tipo B che il fornitore *fb* può fornire
- *costoGiornalieroA_{fa}*: costo per l'attivazione giornaliera per una singola ambulanza di tipo A del fornitore *fa*
- *costoGiornalieroB_{fb}*: costo per l'attivazione giornaliera per una singola ambulanza di tipo B del fornitore *fb*
- *costoAttivazioneA_{fa}*: costo settimanale per l'attivazione di un fornitore *fa* per la fornitura settimanale di ambulanze di tipo A
- *costoAttivazioneB_{fb}*: costo settimanale per l'attivazione di un fornitore *fb* per la fornitura settimanale di ambulanze di tipo B
- *BigM*: utilizzato per vincolare l'utilizzo delle ambulanze rispetto all'attivazione del fornitore (costante sufficientemente grande), Questo, nei file **.dat** è stato definito utilizzando la più vicina potenza del 2 rispetto a $Max(bisognoA, bisognoB) + Max(surplusA, surplusB)$.

2.3 Variabili Decisionali

- *ambulanzeA_{fa,ga}* = numero di ambulanze del fornitore *fa* attivate il giorno *ga*;
- *ambulanzeB_{fb,gb}* = numero di ambulanze del fornitore *fb* attivate il giorno *gb*;
- *attivazioneSettimanaleA_{fa}* =

$$\begin{cases} 1 & \text{se viene attivato il fornitore di ambulanze di tipo A } fa \text{ per la settimana} \\ 0 & \text{altrimenti} \end{cases}$$

- *attivazioneSettimanaleB_{fb}* =

$$\begin{cases} 1 & \text{se viene attivato il fornitore di ambulanze di tipo B } fb \text{ per la settimana} \\ 0 & \text{altrimenti} \end{cases}$$

2.4 Funzione Obiettivo

La funzione obiettivo del problema può essere espressa in forma generale come segue:

$$\min \quad \text{Costo Giornaliero Ambulanze Tipo A} + \text{Costo Giornaliero Ambulanze Tipo B} \\ + \text{Costo Attivazione Ambulanze Tipo A} + \text{Costo Attivazione Ambulanze Tipo B}$$

Dove i termini sono così definiti:

$$\text{Costo Giornaliero Ambulanze Tipo A} = \sum_{f \in \text{FornitoriA}, g \in \text{Giorni}} \text{ambulanzeA}[f, g] \cdot \text{costoGiornalieroA}[f]$$

$$\text{Costo Giornaliero Ambulanze Tipo B} = \sum_{f \in \text{FornitoriB}, g \in \text{Giorni}} \text{ambulanzeB}[f, g] \cdot \text{costoGiornalieroB}[f]$$

$$\text{Costo Attivazione Ambulanze Tipo A} = \sum_{f \in \text{FornitoriA}} \text{attivazioneSettimanaleA}[f] \cdot \text{costoAttivazioneA}[f]$$

$$\text{Costo Attivazione Ambulanze Tipo B} = \sum_{f \in \text{FornitoriB}} \text{attivazioneSettimanaleB}[f] \cdot \text{costoAttivazioneB}[f]$$

subject to

- Ogni giorno la Centrale Operativa ha necessità di un numero diverso di ambulanze:

$$\sum_{f \in \text{FornitoriA}} \text{ambulanzeA}[f, g] \geq \text{bisognoA}[g] + \text{surplusA}[g] \quad \forall g \in \text{Giorni}$$

$$\sum_{f \in \text{FornitoriB}} \text{ambulanzeB}[f, g] \geq \text{bisognoB}[g] + \text{surplusB}[g] \quad \forall g \in \text{Giorni}$$

- I fornitori dispongono di un numero massimo di ambulanze fornibili durante la settimana:

$$\text{ambulanze}[f, g] \leq \text{maxA}[f] \quad \forall f \in \text{FornitoriA}, g \in \text{Giorni}$$

$$\text{ambulanze}[f, g] \leq \text{maxB}[f] \quad \forall f \in \text{FornitoriB}, g \in \text{Giorni}$$

- Le ambulanze di un determinato fornitore si possono attivare se e solo se si è pagata la quota di attivazione settimanale:

$$\text{ambulanzeA}[f, g] \leq \text{BigM} \cdot \text{attivazioneSettimanaleA}[f]$$

$$\text{ambulanzeB}[f, g] \leq \text{BigM} \cdot \text{attivazioneSettimanaleB}[f]$$

Domini:

- $\text{ambulanzeA}_{f,g}, \text{ambulanzeB}_{f,g} \geq 0$
- $\text{attivazioneSettimanaleA}_f, \text{attivazioneSettimanaleB}_f \in 0, 1$

3 Codice AMPL

3.1 File *.mod*

N.B.: il codice ben commentato si trova nella cartella AMPL.

```
### INSIEMI ###
set Giorni ordered;
set FornitoriA;
set FornitoriB;

### PARAMETRI ###
param bisognoA { Giorni } >= 0 integer default 0;
param bisognoB { Giorni } >= 0 integer default 0;
param surplusA { Giorni } >= 2 integer default 2;
param surplusB { Giorni } >= 1 integer default 1;
param maxA { FornitoriA } >= 0 integer default 15;
param maxB { FornitoriB } >= 0 integer default 5;
param costoGiornalieroA { FornitoriA } > 0 default 10;
param costoGiornalieroB { FornitoriB } > 0 default 5;
param costoAttivazioneA { FornitoriA } >= 0 default 100;
param costoAttivazioneB { FornitoriB } >= 0 default 75;
param BigM >= 0 integer default 500;

### VARIABILI ###
var ambulanzeA { fa in FornitoriA, ga in Giorni } integer >= 0;
var ambulanzeB { fb in FornitoriB, gb in Giorni } integer >= 0;
var attivazioneSettimanaleA { f in FornitoriA } binary;
var attivazioneSettimanaleB { f in FornitoriB } binary;

### FUNZIONE OBIETTIVO ###
minimize costo:
    (sum { f in FornitoriA, g in Giorni } ambulanzeA[f, g] *
      costoGiornalieroA[f]) +
    (sum { f in FornitoriB, g in Giorni } ambulanzeB[f, g] *
      costoGiornalieroB[f]) +
    (sum { f in FornitoriA } attivazioneSettimanaleA[f] *
      costoAttivazioneA[f]) +
    (sum { f in FornitoriB } attivazioneSettimanaleB[f] *
      costoAttivazioneB[f])
;

### VINCOLI ###
subject to necessitaGiornalieraA {g in Giorni} : sum { f in FornitoriA }
    ambulanzeA[f, g] >= bisognoA[g] + surplusA[g];
subject to necessitaGiornalieraB {g in Giorni} : sum { f in FornitoriB }
    ambulanzeB[f, g] >= bisognoB[g] + surplusB[g];

subject to disponibilitaA { f in FornitoriA, g in Giorni } : ambulanzeA[f,
    g] <= maxA[f];
subject to disponibilitaB { f in FornitoriB, g in Giorni } : ambulanzeB[f,
    g] <= maxB[f];

subject to attivazioneA { f in FornitoriA, g in Giorni } : ambulanzeA[f,
    g] <= BigM * attivazioneSettimanaleA[f];
subject to attivazioneB { f in FornitoriB, g in Giorni } : ambulanzeB[f,
    g] <= BigM * attivazioneSettimanaleB[f];
```

4 Scenari

4.1 Primo Scenario

4.1.1 Descrizione

In questo primo scenario, i dati sono stati inseriti manualmente, con un numero di ambulanze necessarie tale da permettere di trovare una soluzione ottima.

4.1.2 Codice

```
### INSIEMI ###
set Giorni := lunedì martedì mercoledì giovedì venerdì sabato domenica;
set FornitoriA := rossa verde interna;
set FornitoriB := bianca verde interna;

### PARAMETRI ###
param bisognoA :=
lunedì 20
martedì 22
mercoledì 10
giovedì 20
venerdì 30
sabato 30
domenica 15
;

param bisognoB :=
lunedì 3
martedì 5
mercoledì 2
giovedì 3
venerdì 4
sabato 2
domenica 0
;

param surplusA :=
lunedì 3
martedì 3
mercoledì 3
giovedì 2
venerdì 5
sabato 6
domenica 4
;

param surplusB :=
lunedì 1
martedì 3
mercoledì 1
giovedì 1
venerdì 2
sabato 1
domenica 1
;

param maxA :=
rossa 15
```

```

verde 20
interna 3
;

param maxB :=
bianca 5
verde 10
interna 8
;

param costoGiornalieroA :=
rossa 15
verde 18
interna 8
;

param costoGiornalieroB :=
bianca 20
verde 12
interna 5
;

param costoAttivazioneA :=
rossa 130
verde 50
interna 0
;

param costoAttivazioneB :=
bianca 70
verde 55
interna 0
;

param BigM := 64;

```

4.1.3 Output

L'esecuzione del file **.run** mostra che il costo minimo è di €2929

4.2 Secondo Scenario

4.2.1 Descrizione

Il secondo set di dati è stato costruito manualmente con una richiesta di ambulanze non soddisfabile, impedendo quindi di trovare una soluzione.

4.2.2 Codice

```

### INSIEMI ###
set Giorni := lunedì martedì mercoledì giovedì venerdì sabato domenica;
set FornitoriA := rossa verde interna;
set FornitoriB := bianca verde interna;

### PARAMETRI ###
param bisognoA :=
lunedì 150
martedì 22

```



```

mercoledì 10
giovedì 20
venerdì 30
sabato 30
domenica 15
;

param bisognoB :=
lunedì 65
martedì 5
mercoledì 2
giovedì 3
venerdì 4
sabato 2
domenica 0
;

param surplusA :=
lunedì 3
martedì 3
mercoledì 3
giovedì 2
venerdì 5
sabato 6
domenica 4
;

param surplusB :=
lunedì 1
martedì 3
mercoledì 1
giovedì 1
venerdì 2
sabato 1
domenica 1
;

param maxA :=
rossa 15
verde 20
interna 3
;

param maxB :=
bianca 5
verde 10
interna 8
;

param costoGiornalieroA :=
rossa 15
verde 18
interna 8
;

param costoGiornalieroB :=
bianca 20
verde 12

```

```

interna 5
;

param costoAttivazioneA :=
  rossa 130
  verde 50
  interna 0
;

param costoAttivazioneB :=
  bianca 70
  verde 55
  interna 0
;

param BigM := 256;

```

4.2.3 Output

Ovviamente, il costo minimo trovato eseguendo il file **.run** sarà pari a €0.

4.3 Terzo Scenario

4.3.1 Descrizione

Nel terzo scenario sono stati definiti soltanto gli insiemi, così da poter sfruttare i valori di default.

4.3.2 Codice

```

### INSIEMI ###
set Giorni := lunedì martedì mercoledì giovedì venerdì sabato domenica;
set FornitoriA := rossa verde interna;
set FornitoriB := bianca verde interna;

### PARAMETRI ###
# Non definiti per test valori di default

```

4.3.3 Output

Eseguendo il file **.run** e utilizzando quindi i dati di default, il costo minimo risulta essere di €350.