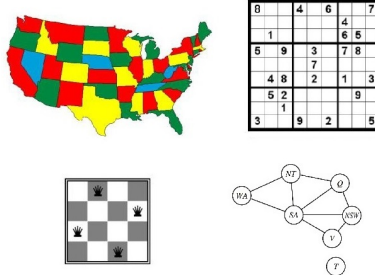


Turni di servizio

Elaborato descrittivo riguardo un modello per la risoluzione di un problema di soddisfacimento di vincoli in MiniZinc



Bernardo Manfriani

6344894

July 3, 2020

1 Introduzione

L'obiettivo dell'esercizio è quello di creare un modello per un problema di soddisfacimento dei vincoli riguardante gli orari di servizio di un insieme di n infermieri che lavorano in un ipotetico reparto ospedaliero. Ciascun infermiere deve garantire almeno k ore settimanali per non più di h ore al giorno, comprendendo (almeno) un turno notturno di 8 ore. Dal testo dell'elaborato non si comprendeva in modo univoco se i turni notturni dovevano essere solamente uno a settimana o se dovevano essere almeno uno. Per rendere il modello il più portatile e generico possibile, ho deciso di rilassare i vincoli, comprendendo **almeno** un turno a settimana, così da evidenziare più facilmente i casi con N infermieri tutte le notti, senza dover necessariamente avere un numero molto ampio di dipendenti. Inoltre chi effettua il turno di notte (22-6) deve riposare per i due giorni successivi. In ogni momento del giorno (6-22) devono essere presenti almeno D infermieri e in ogni momento della notte almeno N .

2 Esecuzione

Per eseguire il programma è necessario:

- Scariare la cartella *src* contenente il codice *AI_project_TurniDiServizio.mzn* e i file *data/data*.dzn*;
- Aprire il file *AI_project_TurniDiServizio.mz* con l'IDE di MiniZinc
- Settare il solver *Chuffed 0.10.4 [built-in]*;
- Avviare il programma premendo il tasto *RUN* scegliendo uno tra i vari *data/data*.dzn* un input.

3 Descrizione del codice

Il programma è diviso in tre sezioni:

- 1 inizialmente vengono dichiarati i parametri di input inizializzati o attraverso i file *data*.dzn* o all'interno del codice (orari, del giorno e della notte e insieme di infermieri);
- 2 dopodiché vengono dichiarate le variabili decisionali che costituiscono i risultati del modello. Queste sono implementate attraverso delle matrici che rappresentano il calendario all'interno di una settimana. La struttura è la seguente:
 - le ore da effettuare da ogni infermiere;
 - l'inizio di ogni turno di ogni infermiere;
 - la fine di ogni turno di ogni infermiere;
 - il numero di infermieri per ogni ora all'interno;
- 3 infine ci sono i *constraints* che indicano esattamente quali vincoli sono imposti dal modello che stiamo implementando. Seguono in fondo il *solver* e l'*output*.

I risultati vengono appunto rappresentati dalle varie matrici, che unite fra di loro rappresentano esattamente il calendario delle turnazioni di ogni infermiere.

Per l'effettiva implementazione rimando al codice il quale è commentato sufficientemente per esplicitare correttamente ciò che ogni *constraint* indica.

4 Test ed esempi

4.1 Ambiente dei test

I test sono stati effettuati su un calcolatore con **16 GB di RAM**, processore multicore a **64 bit Intel core i7-8xx** equipaggiato con **Windows10 Home**. Il progetto è stato realizzato sull'**IDE Minizinc V-2.4.3** ed eseguito con il solver **Chuffed 0.10.4 [built-in]** con *Default Behavior*.

4.2 Input

Qui vengono riportati all'interno della tabella tutti i valori dei parametri in input per ogni file *data*.dzn*.

Input					
data*.dzn	h	n	k	D	N
data1	5	4	30	0	0
data2	6	6	30	1	1
data3	8	9	36	2	1
data4	8	12	36	2	2
data5	10	13	40	3	2
data6	10	14	40	4	2

4.3 Tests

ORE PER TURNO							
1	2	3	4	5	6	7	
5	5	5	5	5	5	8	1
5	5	5	5	5	5	8	2
5	5	5	5	5	5	8	3
5	5	5	5	5	5	8	4
ORE INIZIO TURNO							
1	2	3	4	5	6	7	
17	17	17	17	17	17	22	1
17	17	17	17	17	17	22	2
17	17	17	17	17	17	22	3
17	17	17	17	17	17	22	4
ORE FINE TURNO							
1	2	3	4	5	6	7	
22	22	22	22	22	22	6	1
22	22	22	22	22	22	6	2
22	22	22	22	22	22	6	3
22	22	22	22	22	22	6	4
INFERMIERI PER ORA							
1	2	3	4	5	6	7	
0	0	0	0	0	0	0	6
0	0	0	0	0	0	0	7
0	0	0	0	0	0	0	8
0	0	0	0	0	0	0	9
0	0	0	0	0	0	0	10
0	0	0	0	0	0	0	11
0	0	0	0	0	0	0	12
0	0	0	0	0	0	0	13
0	0	0	0	0	0	0	14
0	0	0	0	0	0	0	15
0	0	0	0	0	0	0	16
4	4	4	4	4	4	0	17
4	4	4	4	4	4	0	18
4	4	4	4	4	4	0	19
4	4	4	4	4	4	0	20
4	4	4	4	4	4	0	21
0	0	0	0	0	0	4	22

Finished in 838msec

ORE PER TURNO							
1	2	3	4	5	6	7	
6	6	4	6	8	0	0	1
8	0	0	4	6	6	6	2
4	6	6	8	0	0	6	3
6	5	8	0	0	6	6	4
6	6	6	6	4	8	0	5
5	8	0	0	6	6	8	6
ORE INIZIO TURNO							
1	2	3	4	5	6	7	
12	6	18	12	22	6	6	1
22	6	6	18	6	6	16	2
13	12	6	22	6	6	12	3
6	17	22	6	6	12	6	4
16	12	12	6	18	22	6	5
7	22	6	6	12	16	22	6
ORE FINE TURNO							
1	2	3	4	5	6	7	
18	12	22	18	6	6	6	1
6	6	6	22	12	12	22	2
17	18	12	6	6	6	18	3
12	22	6	6	6	18	12	4
22	18	18	12	22	6	6	5
12	6	6	6	18	22	6	6
INFERMIERI PER ORA							
1	2	3	4	5	6	7	
1	1	1	1	1	1	1	6
2	1	1	1	1	1	1	7
2	1	1	1	1	1	1	8
2	1	1	1	1	1	1	9
2	1	1	1	1	1	1	10
2	1	1	1	1	1	1	11
1	2	1	1	1	1	1	12
2	2	1	1	1	1	1	13
2	2	1	1	1	1	1	14
2	2	1	1	1	1	1	15
3	2	1	1	1	2	2	16
2	3	1	1	1	2	2	17
1	1	1	1	1	1	1	18
1	1	1	1	1	1	1	19
1	1	1	1	1	1	1	20
1	1	1	1	1	1	1	21
1	1	1	1	1	1	1	22

Finished in 598msec

ORE PER TURNO							
1	2	3	4	5	6	7	
5	8	0	0	8	8	7	1
7	8	0	0	0	8	5	2
7	6	8	0	0	0	7	3
7	8	0	8	8	8	0	4
8	7	8	8	0	0	8	5
7	5	8	8	8	0	0	6
8	4	8	8	0	0	8	7
8	0	0	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	9
ORE INIZIO TURNO							
1	2	3	4	5	6	7	
15	22	6	6	6	6	12	1
15	14	22	6	6	14	17	2
6	13	14	22	6	6	6	3
13	6	6	6	14	22	6	4
12	7	6	22	6	6	22	5
15	17	14	14	22	6	6	6
14	18	14	22	6	6	14	7
22	6	6	14	6	14	6	8
6	6	6	6	14	6	22	9
ORE FINE TURNO							
1	2	3	4	5	6	7	
20	6	6	6	14	14	19	1
22	22	6	6	6	22	22	2
13	19	22	6	6	6	13	3
20	14	6	14	22	6	6	4
20	14	14	6	6	6	6	5
22	22	22	22	6	6	6	6
22	22	22	6	6	6	22	7
6	6	6	22	14	22	14	8
12	14	14	14	22	14	6	9
INFERMIERI PER ORA							
1	2	3	4	5	6	7	
2	2	2	2	2	2	2	6
2	3	2	2	2	2	2	7
2	3	2	2	2	2	2	8
2	3	2	2	2	2	2	9
2	3	2	2	2	2	2	10
2	3	2	2	2	2	2	11
2	3	2	2	2	2	3	12
2	4	2	2	2	2	2	13
3	2	3	2	2	2	2	14
6	2	3	2	2	2	2	15
6	2	3	2	2	2	2	16
6	3	3	2	2	2	3	17
6	4	3	2	2	2	3	18
6	3	3	2	2	2	2	19
3	3	3	2	2	2	2	20
3	3	3	2	2	2	2	21
1	1	1	3	1	1	2	22

Finished in 808msec

Test1(data1)							
1	2	3	4	5	6	7	
17	17	17	17	17	17	22	1
17	17	17	17	17	17	22	2
17	17	17	17	17	17	22	3
17	17	17	17	17	17	22	4
Test2(data2)							
1	2	3	4	5	6	7	
12	6	18	12	22	6	6	1
22	6	6	18	6	6	16	2
13	12	6	22	6	6	12	3
6	17	22	6	6	12	6	4
16	12	12	6	18	22	6	5
7	22	6	6	12	16	22	6
Test3(data3)							
1	2	3	4	5	6	7	
15	22	6	6	6	6	12	1
15	14	22	6	6	14	17	2
6	13	14	22	6	6	6	3
13	6	6	6	14	22	6	4
12	7	6	22	6	6	22	5
15	17	14	14	22	6	6	6
14	18	14	22	6	6	14	7
22	6	6	14	6	14	6	8
6	6	6	6	14	6	22	9
Test3(data3)							
1	2	3	4	5	6	7	
20	6	6	6	14	14	19	1
22	22	6	6	6	22	22	2
13	19	22	6	6	6	13	3
20	14	6	14	22	6	6	4
20	14	14	6	6	6	6	5
22	22	22	22	6	6	6	6
22	22	22	6	6	6	22	7
6	6	6	22	14	22	14	8
12	14	14	14	22	14	6	9
Test3(data3)							
1	2	3	4	5	6	7	
2	2	2	2	2	2	2	6
2	3	2	2	2	2	2	7
2	3	2	2	2	2	2	8
2	3	2	2	2	2	2	9
2	3	2	2	2	2	2	10
2	3	2	2	2	2	2	11
2	3	2	2	2	2	3	12
2	4	2	2	2	2	2	13
3	2	3	2	2	2	2	14
6	2	3	2	2	2	2	15
6	2	3	2	2	2	2	16
6	3	3	2	2	2	3	17
6	4	3	2	2	2	3	18
6	3	3	2	2	2	2	19
3	3	3	2	2	2	2	20
3	3	3	2	2	2	2	21
1	1	1	3	1	1	2	22

4.3.1 Test 1

Questo primo esempio rappresenta il caso base (banale) eseguito con input poco realistici ma utile ai fini esplicativi. Si nota subito che non viene richiesta esplicitamente la presenza di infermieri durante i turni, l'unica cosa da garantire è la somma delle ore settimanali, con turni di non più di 5 ore e la garanzia di un almeno un turno di 8 notturne a settimana.

4.3.2 Test 2

Il secondo test rappresenta una casistica maggiormente reale. Infatti viene richiesto che in reparto ci sia almeno un infermiera sia durante la notte che durante il giorno. Come si vede dalla matrice *infermieri per ora* in ogni ora del giorno (e dalle 22) è presente almeno un infermiere. Dato che, se un turno inizia alle 22 deve necessariamente terminare alle 6, allora è garantita la presenza di almeno un infermiere tutte le notti.

4.3.3 Test 3

Il test 3 aumenta le ore settimanali il numero di infermieri e gli infermieri presenti di giorno. Il sistema risponde bene, ancora in tempi molto brevi.

ORE PER TURNO							
1	2	3	4	5	6	7	
7	8	0	0	7	7	7	1
1	8	8	7	7	8	0	2
8	8	0	0	7	8	7	3
0	0	0	7	7	6	0	4
8	0	0	7	7	6	8	5
8	4	8	8	0	0	8	6
8	4	8	8	0	0	8	7
7	8	8	0	0	7	8	8
5	8	8	7	8	0	0	9
8	8	8	0	0	7	7	10
8	8	8	8	8	0	0	11
8	8	8	7	8	0	0	12

ORE INIZIO TURNO							
1	2	3	4	5	6	7	
15	22	6	6	13	6	13	1
21	6	14	15	15	22	6	2
13	22	6	6	14	13	15	3
6	6	6	13	6	16	22	4
22	6	6	15	15	16	22	5
18	18	6	22	6	6	6	6
14	18	6	22	6	6	22	7
6	14	22	6	6	6	14	8
17	14	6	6	22	6	6	9
6	6	22	6	6	12	6	10
6	14	6	6	22	6	6	11
6	14	14	14	6	22	6	12

ORE FINE TURNO							
1	2	3	4	5	6	7	
22	6	6	6	20	13	20	1
22	14	22	22	22	6	6	2
21	6	6	6	21	21	22	3
6	6	6	20	6	22	6	4
6	6	6	22	22	22	6	5
22	22	14	6	6	6	14	6
22	22	14	6	6	6	6	7
13	22	6	6	13	22	6	8
22	22	14	13	6	6	6	9
14	14	6	6	6	19	13	10
14	22	14	14	6	6	6	11
14	22	22	21	14	6	6	12

INFERMIERI PER ORA							
1	2	3	4	5	6	7	
4	2	4	2	2	2	2	6
4	2	4	2	2	2	2	7
4	2	4	2	2	2	2	8
4	2	4	2	2	2	2	9
4	2	4	2	2	2	2	10
4	2	4	2	2	2	2	11
4	2	4	2	2	3	2	12
4	2	4	2	2	2	2	13
3	4	2	2	2	2	2	14
4	4	2	2	4	3	15	15
4	4	2	4	4	4	3	16
5	4	2	4	4	4	3	17
5	6	2	4	4	4	3	18
5	6	2	4	4	3	3	19
5	6	2	3	3	3	20	20
5	6	2	2	2	2	2	21
5	2	2	2	2	2	2	22

Finished in 1s 32msc

Test4(data4)

ORE PER TURNO							
1	2	3	4	5	6	7	
8	0	0	10	10	7	6	1
7	10	7	8	0	0	8	2
8	10	8	6	8	0	0	3
7	8	0	0	9	10	6	4
3	10	8	0	0	10	10	5
9	9	7	0	7	1	8	6
10	2	10	8	0	0	10	7
5	1	10	6	10	8	0	8
9	9	7	7	8	0	0	9
10	8	0	0	10	6	10	10
8	0	0	10	5	10	8	11
10	2	8	0	0	10	10	12
10	10	10	10	6	8	0	13

ORE INIZIO TURNO							
1	2	3	4	5	6	7	
22	6	6	6	6	6	16	1
15	6	15	22	6	6	22	2
13	10	6	16	22	6	6	3
6	22	6	6	13	6	16	4
19	6	22	6	6	12	6	5
12	13	15	6	6	16	22	6
12	20	6	22	6	6	6	7
7	21	6	16	12	22	6	8
13	11	15	6	22	6	6	9
6	22	6	6	6	16	12	10
22	6	6	12	17	11	22	11
10	20	22	6	6	6	6	12
6	6	12	6	16	22	6	13

ORE FINE TURNO							
1	2	3	4	5	6	7	
6	6	6	16	16	13	22	1
22	16	22	6	6	6	6	2
21	20	14	22	6	6	6	3
13	6	6	6	22	16	22	4
22	16	6	6	6	22	16	5
21	22	22	6	13	22	6	6
22	22	16	6	6	6	16	7
12	22	16	22	22	6	6	8
22	20	22	13	6	6	6	9
16	6	6	6	16	22	22	10
6	6	6	22	22	21	6	11
20	22	6	6	6	16	16	12
16	16	22	16	22	6	6	13

INFERMIERI PER ORA							
1	2	3	4	5	6	7	
3	3	3	3	3	3	3	6
4	3	3	3	3	3	3	7
4	3	3	3	3	3	3	8
4	3	3	3	3	3	3	9
5	4	3	3	3	3	3	10
5	5	3	3	3	4	3	11
6	5	4	3	4	4	4	12
7	6	4	3	4	4	4	13
7	6	3	3	4	4	4	14
8	6	6	3	4	4	4	15
6	3	4	3	3	3	3	16
6	3	4	3	4	3	3	17
6	3	4	3	4	3	3	18
7	3	4	3	4	3	3	19
6	3	4	3	4	3	3	20
4	4	4	3	4	3	3	21
2	2	2	2	2	2	3	22

Finished in 8s 630msc

Test5(data5)

ORE PER TURNO							
1	2	3	4	5	6	7	
9	6	10	10	6	8	0	1
10	10	10	6	8	0	0	2
8	0	0	6	10	6	10	3
8	0	0	10	10	6	10	4
6	10	10	10	10	8	0	5
6	7	8	0	0	10	9	6
10	10	6	6	8	0	0	7
6	8	0	0	10	6	10	8
6	6	10	10	6	6	8	9
9	6	8	0	0	10	10	10
6	6	6	10	6	10	8	11
6	10	6	8	0	0	10	12
10	8	0	0	6	10	6	13
10	7	10	8	0	0	6	14

ORE INIZIO TURNO							
1	2	3	4	5	6	7	
13	16	12	6	16	22	6	1
6	6	6	16	22	6	6	2
22	6	6	16	6	16	6	3
22	6	6	6	6	16	6	4
16	6	6	6	6	22	6	5
6	6	22	6	6	6	13	6
6	6	16	16	22	6	6	7
6	22	6	6	6	16	6	8
16	16	12	12	16	6	22	9
13	16	22	6	6	12	12	10
6	16	16	6	16	6	22	11
6	6	6	22	6	6	6	12
6	22	6	6	16	6	16	13
6	6	6	22	6	6	16	14

ORE FINE TURNO							
1	2	3	4	5	6	7	
22	22	22	16	22	6	6	1
16	16	16	22	6	6	6	2
6	6	6	22	16	22	16	3
6	6	6	16	16	22	16	4
22	16	16	16	16	6	6	5
12	13	6	6	6	16	22	6
16	16	22	22	6	6	6	7
12	6	6	6	16	22	16	8
22	22	22	22	22	12	6	9
22	22	6	6	6	22	22	10
12	22	22	16	22	16	6	11
12	16	12	6	6	6	16	12
16	6	6	6	22	16	22	13
16	13	16	6	6	6	22	14

INFERMIERI PER ORA							
1	2	3	4	5	6	7	
8	6	4	4	4	4	4	6
8	6	4	4	4	4	4	7
8	6	4	4	4	4	4	8
8	6	4	4	4	4	4	9
8	6	4	4	4	4	4	10
8	6	4	4	4	4	4	11
4	6	5	5	4	4	5	12
6	4	5	5	4	4	6	13
6	4	5	5	4	4	6	14
4	4	4	4	4	4	4	15
4	4	4	4	4	4	4	16
4	4	4	4	4	4	4	17
4	4	4	4	4	4	4	18
4	4	4	4	4	4	4	19
4	4	4	4	4	4	4	20
4	4	4	4	4	4	4	21
2	2	2	2	2	2	2	22

Finished in 1m 11s

Test6(data6)

4.3.4 Test 4

Il test guardo stressa il sistema nel caso in cui ci debbano essere più di un infermiere a notte. Questo caso è risolto con 12 infermieri poiché il vincolo di turno notturno ne garantisce almeno uno a settimana, e non uno soltanto. Questo comporta la riduzione del numero di infermieri necessari, che altrimenti sarebbero dovuti essere almeno 14, poiché un infermiere può fare più di un turno notturno a settimana, con la restrizione che abbia due giorni liberi successivamente. Come si vede dal test, gli infermieri 4 e 5 fanno due turni notturni nell'arco di una settimana, uno il lunedì e uno la domenica.

4.3.5 Test 5

Il test 5 stressa il sistema aumentando il numero di infermieri, il numero di ore settimanali e le presenze giornaliere. Il tempo di esecuzione inizia ad essere percepibile adesso (8"). Questo potrebbe essere dettato dall' utilizzo di matrici e dalla loro scrittura.

4.3.6 Test 6

Il test 6 aumenta ancora le il valore delle variabili operative. Nonostante si utilizzi il solver più rapido *Chuffed* il tempo aumenta eccessivamente fino ad essere troppo lungo (1'). Il problema deriva probabilmente dalla struttura con matrici e viene impiegato tanto tempo per generare tutte le possibili combinazioni di orari. Comunque vengono rispettati i vincoli e i test risultano funzionanti.