

# Relazione Crosswords AI

Marco Chisci

Febbraio 2021

## 1 Introduzione

Il progetto consiste nella realizzazione di un modello (sviluppato nell'ambiente MiniZinc) che, assegnato un dataset corrispondente ad un cruciverba da risolvere, produce una soluzione (se esiste).

Questo cruciverba è una variante in cui si utilizzano numeri al posto delle lettere e le definizioni sono i valori delle somme dei numeri delle relative caselle. Per esempio:

<sup>1</sup> 5	<sup>2</sup> 4		<sup>3</sup> 6	2	<sup>4</sup> 1	3
<sup>5</sup> 3	5	4	2		7	
<sup>6</sup> 3	1			<sup>7</sup> 5	4	<sup>8</sup> 2
2		<sup>9</sup> 3	<sup>10</sup> 5	5		4
	<sup>11</sup> 5	1	2	4	3	

Definizioni

Orizzontali	Verticali
1. 9	1. 13
3. 12	2. 10
5. 14	3. 8
6. 4	4. 12
7. 11	7. 14
9. 13	8. 6
11. 15	9. 4
	10. 7

## 2 Constraint Satisfaction Problem

La creazione di questo modello riguarda la risoluzione di problemi di soddisfazione di vincolo. Dato un set di variabili (con i loro rispettivi domini) si cerca una soluzione che rispetti i vincoli del problema.

In questo caso, dati lo schema del cruciverba e le sue definizioni (questi rappresentano implicitamente le variabili e i vincoli), MiniZinc risolve il cruciverba utilizzando il modello creato.

### 3 Implementazione e codice

Il modello riceve un dataset composto da questi parametri:

1.  $n$  e  $m$ : rispettivamente il numero di righe e di colonne del cruciverba
2.  $r$  e  $s$ :  $r$  maggiore di 0. Tutti i numeri posizionati nelle caselle bianche devono avere valori compresi tra  $r$  ed  $s$ .
3.  $\text{num\_o}$  e  $\text{num\_v}$ : rispettivamente il numero di definizioni orizzontali e verticali
4.  $\text{def\_o}$  e  $\text{def\_v}$ : rispettivamente le definizioni orizzontali e verticali. Con queste definisco con precisione lo schema del cruciverba.  
Sono matrici di 4 colonne che contengono le seguenti informazioni sulle definizioni:  
la prima colonna rappresenta la coordinata di riga della matrice  
la seconda colonna rappresenta la coordinata di colonna della matrice  
la terza colonna rappresenta il valore della definizione  
la quarta colonna rappresenta il numero di caselle bianche entro cui va rispettata la definizione.

Con questi parametri il modello crea la variabile "crossword". Crossword è una matrice  $n \times m$  di interi. Ogni intero rappresenta una cella: se l'intero è 0 significa che la cella è "nera", se è diverso da 0 l'intero rappresenta il valore contenuto in quella cella per la soluzione.

Il modello implementa i seguenti vincoli per risolvere il cruciverba.

```
16% Section 3: constraints "schema" (neri/ bianchi)
17 constraint
18     forall(i in 1..num_o)(
19         if def_o[i,2]+def_o[i,4]<=m then crossword[def_o[i,1],def_o[i,2]+def_o[i,4]]=0 endif);
20 constraint
21     forall(i in 1..num_o)(
22         forall(y in def_o[i,2]..def_o[i,2]+def_o[i,4]-1)(crossword[def_o[i,1],y] in PuzzleRange));
23 constraint
24     forall(i in 1..num_v)(
25         if def_v[i,1]+def_v[i,4]<=n then crossword[def_v[i,1]+def_v[i,4],def_v[i,2]]=0 endif);
26 constraint
27     forall(i in 1..num_v)(
28         forall(x in def_v[i,1]..def_v[i,1]+def_v[i,4]-1)(crossword[x,def_v[i,2]] in PuzzleRange));
```

I primi vincoli riguardano lo schema: con questi si costringe la soluzione ad avere valori compresi tra  $r$  e  $s$  (PuzzleRange) se si trova in una cella bianca e avere valore 0 se si trova in una cella nera. Il codice prende tutti le definizioni (orizzontali e verticali) e impone il vincolo di appartenere a PuzzleRange alle celle che sono "appartenenti" alla definizione (dalle coordinate da cui parte la definizione + il numero di celle bianche che attraversa). Inoltre impone il vincolo di avere valore 0 nelle celle che si trovano dopo la fine di una definizione poichè è un cruciverba (ovviamente prima controlla che non si trovi fuori dalla matrice).

```

30 constraint
31   forall(i in 1..num_o)(
32     sum(y in def_o[i,2]..def_o[i,2]+def_o[i,4]-1)(crossword[def_o[i,1],y])=def_o[i,3] );
33 constraint
34   forall(i in 1..num_v)(
35     sum(x in def_v[i,1]..def_v[i,1]+def_v[i,4]-1)(crossword[x,def_v[i,2]])=def_v[i,3] );

```

I secondi vincoli riguardano le definizioni. Il codice impone che le somma dei valori nelle celle bianche "attraversate" dalla definizione sia il valore imposto dalla definizione corrispondente (ovviamente sia per definizioni orizzontali che verticali).

Con questi vincoli e queste variabili il modello necessita solo di un dataset opportuno per risolvere il problema (semplicemente soddisfacendo i vincoli).

## 4 Esperimenti e risultati

Gli esperimenti consistono nella costruzione di 3 diversi dataset e la verifica che le soluzioni trovate dal modello rispettino le definizioni fornite. I risultati sono i seguenti:

Schema con definizioni e risultato del modello:

Definizioni									
Orizzontali					Verticali				
1. 9	3. 12	5. 14	6. 4	7. 11	1. 13	2. 10	3. 8	4. 12	7. 14
9. 13	11. 15				8. 6	9. 4	10. 7		

  

1	8	0	7	3	1	1
3	1	9	1	0	9	0
3	1	0	0	8	2	1
6	0	3	6	4	0	5
0	9	1	1	2	2	0

I risultati non sono identici in questo ma sono equivalenti

Definizioni									
Orizzontali					Verticali				
1. 12	4. 11	6. 13	7. 9	8. 12	1. 20	3. 15	2. 3	5. 10	

  

3	5	4	0	7
11	0	5	3	3
3	10	0	4	5
3	3	3	3	0

  

Definizioni									
Orizzontali					Verticali				
2. 15	5. 16	6. 12	7. 5	8. 5	1. 15	2. 12	3. 12	4. 16	7. 12
9. 8	10. 12	13. 7	14. 20		11. 7	12. 8			

  

5	0	2	7	2	2	2
2	5	4	3	2	0	8
2	2	6	2	0	3	2
2	3	0	0	4	2	2
2	2	5	3	0	5	2
2	7	2	5	2	2	0

In conclusione gli esperimenti verificano che il modello utilizzato è corretto.