

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO

SCC 0218 – Algoritmos Avançados e Aplicações

Projeto 1
Backtracking - FUTOSHIKI

Nomes:

WESLEY TIOZZO

WESLEI RENATO DE LIMA

Número USP:

8077925

6511258

Prof. Dr. Gustavo Batista

São Carlos



Outubro de 2016

1. Execução

Supondo que o código-fonte tenha sido compilado com o nome “projeto1.exe”. Para executar o programa com backtracking simples, sem poda, basta digitar na linha de comando:

```
projeto1.exe < arquivo_entrada > arquivo_saida
```

Para executar o backtracking com verificação adiante, é necessário acrescentar a opção “-va”:

```
projeto1.exe -va < arquivo_entrada > arquivo_saida
```

Para executar o backtracking com verificação adiante e MVR é necessário acrescentar as duas opções “-va” e “-mvr”:

```
projeto1.exe -va -mvr < arquivo_entrada > arquivo_saida
```

2. Comentário sobre a implementação

Quanto à implementação, o tabuleiro de futoshiki é armazenado numa matriz de inteiros alocada dinamicamente e as restrições apresentadas são todas armazenadas num vetor de registros também alocado dinamicamente. Para a execução da heurística de verificação adiante é alocado um segundo tabuleiro de futoshiki onde cada posição é na verdade um vetor de inteiros “vflags” onde cada índice representa um valor do domínio e a posição correspondente armazena dois possíveis valores: se vflags[i] armazena o valor “0” então a variável livre pode receber o valor “i”, caso contrário, se vflags[i] armazena o valor “1” então o valor “i” não é permitido à variável; finalmente a quantidade de valores permitidos é armazenado em cada posição na variável inteira “available”, o que facilita a verificação se uma variável livre possui ou não possibilidade de valores (bastando verificar se o valor de available é zero).

3. Resultados.

As saídas estão numeradas conforme a ordem de entrada do arquivo 'futoshiki.dat':

- número de saída
- número de resposta (caso houver)
- número de atribuições feitas à variáveis
- tempo total medido (em segundos)

3.1 Resultados obtidos - backtracking simples sem poda.

1	30	60
4 3 1 2	2 3 5 1 4	1 7 4 6 5 3 2
3 2 4 1	5 2 3 4 1	2 4 1 5 6 7 3
1 4 2 3	4 5 1 3 2	4 1 3 2 7 5 6
2 1 3 4	1 4 2 5 3	5 6 2 7 3 1 4
Numero de Atribuicoes: 213	3 1 4 2 5	6 5 7 3 4 2 1
Tempo da busca: 0.000000	Numero de Atribuicoes: 3615	3 2 5 4 1 6 7
	Tempo da busca: 0.000000	7 3 6 1 2 4 5
10		Numero de Atribuicoes:
2 4 1 3		3185502
1 3 4 2	40	Tempo da busca: 10.187000
3 1 2 4	3 5 6 4 1 2	
4 2 3 1	6 1 4 5 2 3	70
Numero de Atribuicoes: 111	1 2 3 6 4 5	Numero de atribuicoes excede
Tempo da busca: 0.000000	5 4 2 3 6 1	limite maximo
	4 3 1 2 5 6	Solucao nao encontrada.
20	2 6 5 1 3 4	
3 1 2 4 5	Numero de Atribuicoes:	80
5 4 1 3 2	1858719	Numero de atribuicoes excede
4 2 3 5 1	Tempo da busca: 5.163000	limite maximo
2 3 5 1 4		Solucao nao encontrada.
1 5 4 2 3	50	
Numero de Atribuicoes: 408	Numero de atribuicoes excede	90
Tempo da busca: 0.000000	limite maximo	Numero de atribuicoes excede
	Solucao nao encontrada.	limite maximo
		Solucao nao encontrada.
		100
		Numero de atribuicoes excede
		limite maximo
		Solucao nao encontrada.

3.2 Resultados obtidos - backtracking com verificação adiante.

1
4 3 1 2
3 2 4 1
1 4 2 3
2 1 3 4
Numero de Atribuicoes: 167
Tempo da busca: 0.000000

10
2 4 1 3
1 3 4 2
3 1 2 4
4 2 3 1
Numero de Atribuicoes: 81
Tempo da busca: 0.000000

20
3 1 2 4 5
5 4 1 3 2
4 2 3 5 1
2 3 5 1 4
1 5 4 2 3
Numero de Atribuicoes: 264
Tempo da busca: 0.000000

30
2 3 5 1 4
5 2 3 4 1
4 5 1 3 2
1 4 2 5 3
3 1 4 2 5
Numero de Atribuicoes: 1804
Tempo da busca: 0.016000

40
3 5 6 4 1 2
6 1 4 5 2 3
1 2 3 6 4 5
5 4 2 3 6 1
4 3 1 2 5 6
2 6 5 1 3 4
Numero de Atribuicoes: 210418
Tempo da busca: 3.853000

50
Solucao nao encontrada.

60

1 7 4 6 5 3 2
2 4 1 5 6 7 3
4 1 3 2 7 5 6
5 6 2 7 3 1 4
6 5 7 3 4 2 1
3 2 5 4 1 6 7
7 3 6 1 2 4 5
Numero de Atribuicoes:
1321518
Tempo da busca: 26.333000

70
5 6 8 2 3 4 1 7
8 1 2 5 6 7 3 4
7 5 1 3 4 6 8 2
6 7 5 4 8 3 2 1
4 2 6 8 5 1 7 3
3 8 4 1 7 2 6 5
2 3 7 6 1 5 4 8
1 4 3 7 2 8 5 6
Numero de Atribuicoes:
1916263
Tempo da busca: 55.598000

77
Numero de atribuicoes excede
limite maximo
Solucao nao encontrada.

3.3 Resultados obtidos - backtracking com verificação adiante e mínimos valores remanescentes, adição da heurística MVR.

1		Tempo da busca: 2.574000
4 3 1 2		60
3 2 4 1	30	1 7 4 6 5 3 2
1 4 2 3	2 3 5 1 4	2 4 1 5 6 7 3
2 1 3 4	5 2 3 4 1	4 1 3 2 7 5 6
Numero de Atribuicoes: 111	4 5 1 3 2	5 6 2 7 3 1 4
Tempo da busca: 0.000000	1 4 2 5 3	6 5 7 3 4 2 1
	3 1 4 2 5	3 2 5 4 1 6 7
	Numero de Atribuicoes: 994	7 3 6 1 2 4 5
10	Tempo da busca: 0.000000	Numero de Atribuicoes: 4438
2 4 1 3		Tempo da busca: 0.062000
1 3 4 2	40	
3 1 2 4	3 5 6 4 1 2	
4 2 3 1	6 1 4 5 2 3	70
Numero de Atribuicoes: 41	1 2 3 6 4 5	5 6 8 2 3 4 1 7
Tempo da busca: 0.000000	5 4 2 3 6 1	8 1 2 5 6 7 3 4
	4 3 1 2 5 6	7 5 1 3 4 6 8 2
	2 6 5 1 3 4	6 7 5 4 8 3 2 1
20	Numero de Atribuicoes: 188367	4 2 6 8 5 1 7 3
3 1 2 4 5	Tempo da busca: 3.261000	3 8 4 1 7 2 6 5
5 4 1 3 2		2 3 7 6 1 5 4 8
4 2 3 5 1	50	1 4 3 7 2 8 5 6
2 3 5 1 4	5 3 7 6 1 2 4	Numero de Atribuicoes:
1 5 4 2 3	2 7 4 5 6 1 3	1147708
Numero de Atribuicoes: 383	4 5 2 3 7 6 1	Tempo da busca: 36.457000
Tempo da busca: 0.000000	3 6 1 2 4 5 7	
	6 4 5 1 3 7 2	77
	1 2 3 7 5 4 6	Numero de atribuicoes excede
	7 1 6 4 2 3 5	limite maximo
	Numero de Atribuicoes: 116150	Solucao nao encontrada.

3.4 Conclusões

Comparando-se o número de atribuições à variáveis e o tempo de execução referente ao backtracking simples e com as duas composições de heurísticas, conclui-se que em todas as abordagens, conforme o número de atribuições à variáveis aumenta, o tempo de execução também aumenta gradativamente, porém, o algoritmo de backtracking simples e sem poda não encontra soluções com um número de atribuições à variáveis superior à 4563292 (tempo de busca:

14s; tabuleiro de tamanho: 7x7), pois excede o limite máximo; já o algoritmo com verificação adiante consegue solucionar o problema para tabuleiros maiores e com número de atribuições à variáveis até 2544754 (tempo de busca: 90s, tabuleiro de tamanho: 8x8); Com adição da heurística MVR, houve pouco aumento no tempo para solucionar tabuleiros de tamanho 8x8 com número de atribuições à variáveis de 3159666 (tempo de busca: 96s), ou seja, com a adição da heurística MVR, conclui-se que essa abordagem é mais vantajosa em relação às anteriores. Observa-se claramente que com o uso de verificação adiante o número de atribuições à variáveis é visivelmente reduzido em relação ao backtracking simples, e ainda mais reduzido quando se adiciona a heurística MVR, embora se verifique simultaneamente um sensível aumento no tempo de execução.