

Inteligência Artificial

Terceira Lista de Exercícios

Problemas de Satisfação de Restrições

Prof. Norton Trevisan Roman

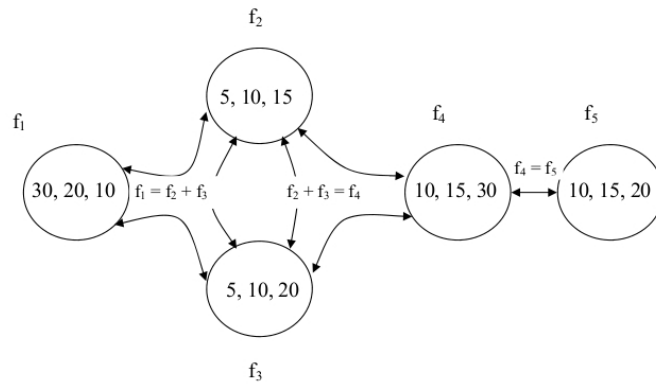
21 de março de 2019

1. Considere o mapa abaixo:



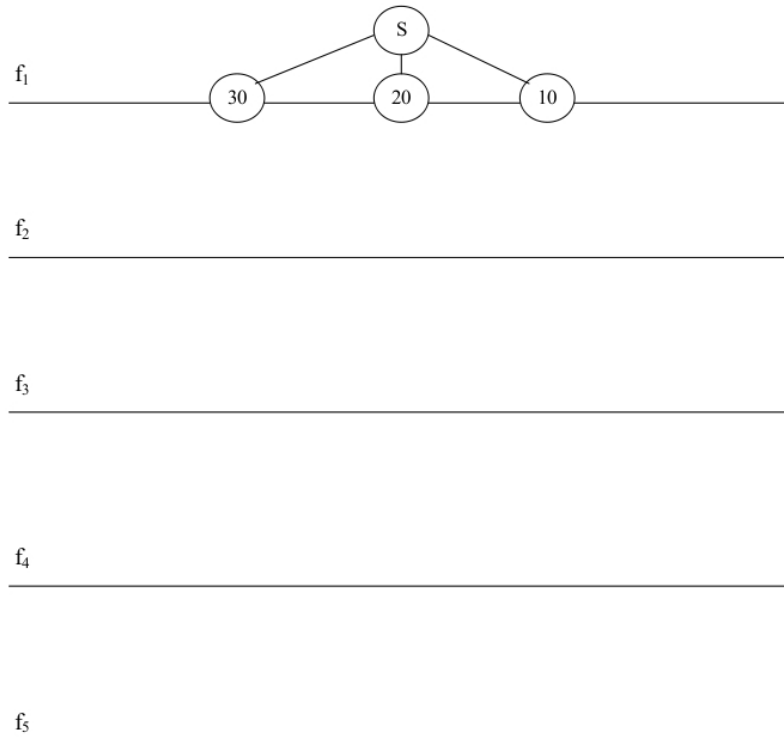
Tendo à disposição apenas 3 cores (vermelho, verde e azul), a tarefa é colorir as regiões brasileiras de modo a que regiões vizinhas sejam sempre coloridas com cores diferentes. Assim:

- (a) Construa o grafo de restrições para esse problema
 - (b) Usando a busca retroativa (*backtracking search*), com a heurística dos valores restantes mínimos, desenhe a árvore de busca gerada na solução do problema. Inicie de uma região aleatória. Não use propagação de restrições.
 - (c) Usando a busca retroativa, com a heurística dos valores restantes mínimos, desenhe a árvore de busca gerada na solução do problema. Use a heurística do grau para desempates. Não use propagação de restrições.
 - (d) Usando a busca retroativa, com a heurística dos valores restantes mínimos e a heurística do grau para desempates, desenhe a árvore de busca gerada na solução do problema. Propague as restrições usando forward checking.
 - (e) Usando a busca retroativa, com a heurística dos valores restantes mínimos e a heurística do grau para desempates, desenhe a árvore de busca gerada na solução do problema. Propague as restrições usando forward checking e consistência de arestas (após cada atribuição de cor).
 - (f) Usando busca local, indique a ordem em que as regiões serão coloridas e com que cor. Caso não encontre a resposta, comece de outra variável aleatória.
2. Um engenheiro encontrou um diagrama de capacidade de rede e está tentando resolver o problema do fluxo máximo na rede. Ele então cria o seguinte grafo de restrição, com os domínios mostrados dentro de cada nó.



Note que há duas restrições entre três variáveis. Elas são representadas pelas linhas curvas. Neste grafo, as variáveis são os valores inteiros do fluxo em cada nó. As restrições entre variáveis são indicadas pelas linhas entre elas. Os domínios são os valores possíveis de fluxo através de cada nó. Estes são representados pelos valores inteiros dentro dos nós.

Desenhe uma árvore de busca, usando busca retroativa com forward checking. Para cada nó, desenhe apenas os descendentes válidos naquele ponto. Os valores devem ser tentados na ordem mostrada nos nós do diagrama de fluxo. Parte da árvore é desenhada para você:



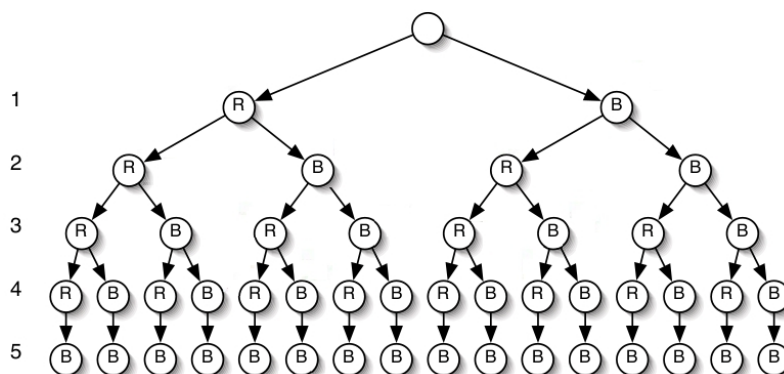
3. Considere a tarefa de colorir um tabuleiro de xadrez, de modo que quadrados adjacentes, tanto na vertical quanto na horizontal, não tenham a mesma cor. Sabemos que isso pode ser feito com apenas 2 cores: digamos vermelho (V) e preto (P). Limitaremos nossa discussão a 5 quadrados em um tabuleiro 3x3, conforme o que segue:

1	2	3
4	5	

Considere a formação de satisfação de restrições do problema, com os quadrados sendo as variáveis

e as cores os valores. Assim, o domínio de cada variável é V,P.

- Se rodarmos a propagação de restrições, a partir do estado inicial, quais serão os domínios resultantes para cada variável?
- Suponha, agora, que o domínio inicial para a variável 5 fosse P, com os demais mantidos em V,P. Se rodarmos novamente a propagação de restrições, a partir do estado inicial, quais serão os domínios resultantes para cada variável?
- Se no estado inicial (todas as variáveis têm domínio V,P), associarmos V à variável 1 e fizermos o forward checking, quais serão os domínios resultantes para as outras variáveis?
- Assuma que durante o backtracking tentamos primeiro associar o valor V às variáveis, e somente então o valor P. Assuma também que examinamos as variáveis na ordem numérica, começando do 1. Faça com que o domínio da variável 5 seja P, e os demais V,P. Na árvore abaixo, que mostra o espaço de associação das 5 variáveis, indique como o backtracking puro iria agir, colocando uma marca em cada associação tentada durante a busca, e riscando os nós onde um teste de restrição falha. Deixe sem marca alguma os nós que nunca serão explorados.



- Considera agora o backtracking com forward checking na mesma situação, e dê uma lista de todas as associações testadas, em sequência. Use a notação variável=cor para as associações (ex: 1=V).
 - Usando backtracking com forward checking, mas com ordenação dinâmica de variáveis, usando a estratégia da variável mais restrita, dê uma lista de todas as associações de valores a variáveis testadas, em sequência. Use a notação variável=cor para as associações (ex: 1=V).
4. Você está tentando agendar observações no telescópio espacial. Temos m cientistas que submeteram, cada um deles, uma lista de n observações que gostariam de fazer. Uma observação é especificada por um alvo, um instrumento específico do telescópio, e um horário (intervalo) para a observação. Cada cientista está trabalhando em um projeto diferente, de modo que os alvos em cada uma de suas observações são diferentes. Existem k intervalos de tempo possíveis, e o telescópio tem 3 instrumentos, mas todos devem ser mirados no mesmo alvo ao mesmo tempo. Os cientistas não podem ser todos satisfeitos ao mesmo tempo, então tentaremos achar uma agenda que satisfaça as seguintes restrições:

- Exatamente duas observações de cada lista dos cientistas serão feitas (a escolha de quais observações será parte da solução).
- No máximo uma observação por instrumento e intervalo de tempo é agendada.
- As observações agendadas para um mesmo intervalo devem ter o mesmo alvo.

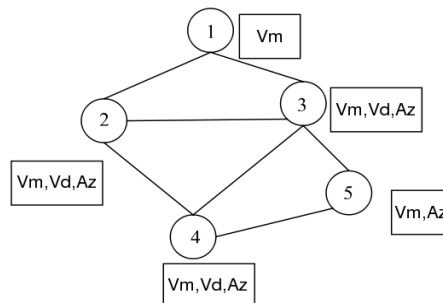
Note que para algumas observações pretendidas pode não haver agendamento possível – isto está ok.

Considere agora 3 formulações para o problema:

- As variáveis são os $3k$ instrumentos / intervalos de tempo
- As variáveis são os m cientistas
- As variáveis são os mn pedidos dos cientistas

Para cada formulação, especifique:

- (a) O domínio de valores para as variáveis
 - (b) O tamanho do domínio para as variáveis (em termos de k , m e n)
 - (c) Quais das restrições são necessariamente satisfeitas devido à formulação
 - (d) Se as restrições podem ser especificadas como restrições binárias em cada formulação. Se puderem, explique como. Se não puderem, dê um contra-exemplo.
5. Assuma que temos quatro variáveis (A, B, C, D) e dois valores ($1, 2$). Representaremos os pares variável/valor como $A1, B2, \dots$. Assuma que os únicos valores legais são:
- $A - B$: $A1 - B1, A2 - B1, A2 - B2$
 - $A - C$: $A1 - C2, A2 - C1$
 - $A - D$: $A2 - D2$
 - $B - C$: $B1 - C2, B2 - C1$
 - $B - D$: $B2 - D2$
 - $C - D$: $C1 - D1, C1 - D2$
- (a) Construa o grafo de restrições do problema
 - (b) Usando propagação de restrições, mostre os valores legais para cada variável após a propagação:
 - (c) Assuma que você faça backtracking com forward checking. Mostre a ordem em que valores são dados a cada variável (dizendo a variável e o valor correspondente) durante a busca.
6. Considere o seguinte grafo de restrições para um problema de coloração de grafos (as restrições indicam que nós conectados não podem ter a mesma cor). Os domínios são mostrados nas caixas próximas a cada nó.



- (a) Quais são os domínios das variáveis após a propagação de restrições?
- (b) Mostre a sequência em que valores são dados a variáveis durante uma busca pura (dizendo a variável e o valor correspondente). Não assuma que a propagação acima foi feita. Assuma que as variáveis são examinadas em ordem numérica e que os valores são associados na ordem em que aparecem no quadro ao lado do nó.
- (c) Mostre a sequência em que valores são dados a variáveis durante uma busca com forward checking (dizendo a variável e o valor correspondente). Assuma que as variáveis são examinadas em ordem numérica e que os valores são associados na ordem em que aparecem no quadro ao lado do nó.