

Inteligência Artificial

Aula 8 - vídeo 1 - CSP - Constraint Satisfaction Problem

João C. P. da Silva

Dept. Ciência da Computação - UFRJ

5 de outubro de 2020

Constraint Satisfaction Problem - CSP

- Dado um conjunto de variáveis, cada uma com um conjunto de possíveis valores (domínio), escolha um valor para cada variável tal que a atribuição total ou :

Constraint Satisfaction Problem - CSP

- Dado um conjunto de variáveis, cada uma com um conjunto de possíveis valores (domínio), escolha um valor para cada variável tal que a atribuição total ou :
 - satisfaz algum conjunto de restrições : problemas de satisfatibilidade.

Constraint Satisfaction Problem - CSP

- Dado um conjunto de variáveis, cada uma com um conjunto de possíveis valores (domínio), escolha um valor para cada variável tal que a atribuição total ou :
 - satisfaz algum conjunto de restrições : problemas de satisfatibilidade.
 - minimiza alguma função custo, onde cada atribuição de valores a variáveis possui algum custo : problemas de otimização.

Constraint Satisfaction Problem - CSP

Relação com Busca

- O caminho até um objetivo não é importante, somente a solução.

Constraint Satisfaction Problem - CSP

Relação com Busca

- O caminho até um objetivo não é importante, somente a solução.
- Não existem estados iniciais pré-definidos.

Constraint Satisfaction Problem - CSP

Relação com Busca

- O caminho até um objetivo não é importante, somente a solução.
- Não existem estados iniciais pré-definidos.
- Frequentemente são problemas enormes, com muitas variáveis, sendo inviável fazer uma busca.

Constraint Satisfaction Problem - CSP

Relação com Busca

- O caminho até um objetivo não é importante, somente a solução.
- Não existem estados iniciais pré-definidos.
- Frequentemente são problemas enormes, com muitas variáveis, sendo inviável fazer uma busca.
- Para problemas de otimização, não existem estados objetivos bem definidos.

Constraint Satisfaction Problem - CSP

É caracterizado por:

Constraint Satisfaction Problem - CSP

É caracterizado por:

- Um conjunto de variáveis V_1, V_2, \dots, V_n .

Constraint Satisfaction Problem - CSP

É caracterizado por:

- Um conjunto de variáveis V_1, V_2, \dots, V_n .
- Cada variável V_i possui um domínio associado D_{V_i} de valores possíveis.

Constraint Satisfaction Problem - CSP

É caracterizado por:

- Um conjunto de variáveis V_1, V_2, \dots, V_n .
- Cada variável V_i possui um domínio associado D_{V_i} de valores possíveis.
- Para problemas de satisfatibilidade, existem restrições em vários subconjuntos de variáveis que fornecem combinações legais dos valores para estas variáveis.

Constraint Satisfaction Problem - CSP

É caracterizado por:

- Um conjunto de variáveis V_1, V_2, \dots, V_n .
- Cada variável V_i possui um domínio associado D_{V_i} de valores possíveis.
- Para problemas de satisfatibilidade, existem restrições em vários subconjuntos de variáveis que fornecem combinações legais dos valores para estas variáveis.
- Uma solução para o CSP é uma tupla de valores para as variáveis que satisfaz todas restrições.

Constraint Satisfaction Problem - CSP

Exemplo

Considere que você tem que realizar as tarefas A, B, C, D e E nos instantes de tempo $\{1, 2, 3, 4\}$. As tarefas devem ser realizadas seguindo as seguintes restrições:

Constraint Satisfaction Problem - CSP

Exemplo

Considere que você tem que realizar as tarefas A, B, C, D e E nos instantes de tempo $\{1, 2, 3, 4\}$. As tarefas devem ser realizadas seguindo as seguintes restrições:

- A tarefa E deve ser realizada antes de todas as outras.

Constraint Satisfaction Problem - CSP

Exemplo

Considere que você tem que realizar as tarefas A, B, C, D e E nos instantes de tempo $\{1, 2, 3, 4\}$. As tarefas devem ser realizadas seguindo as seguintes restrições:

- A tarefa E deve ser realizada antes de todas as outras.
- A tarefa C deve ser realizada antes da tarefa D.

Constraint Satisfaction Problem - CSP

Exemplo

Considere que você tem que realizar as tarefas A, B, C, D e E nos instantes de tempo $\{1, 2, 3, 4\}$. As tarefas devem ser realizadas seguindo as seguintes restrições:

- A tarefa E deve ser realizada antes de todas as outras.
- A tarefa C deve ser realizada antes da tarefa D.
- A tarefa B não pode ser realizada no instante de tempo 3 e a tarefa C não pode ser realizada no instante de tempo 2.

Constraint Satisfaction Problem - CSP

Exemplo

Considere que você tem que realizar as tarefas A, B, C, D e E nos instantes de tempo $\{1, 2, 3, 4\}$. As tarefas devem ser realizadas seguindo as seguintes restrições:

- A tarefa E deve ser realizada antes de todas as outras.
- A tarefa C deve ser realizada antes da tarefa D.
- A tarefa B não pode ser realizada no instante de tempo 3 e a tarefa C não pode ser realizada no instante de tempo 2.
- As tarefas A e D devem ser realizadas ao mesmo tempo,

Constraint Satisfaction Problem - CSP

Exemplo

Considere que você tem que realizar as tarefas A, B, C, D e E nos instantes de tempo $\{1, 2, 3, 4\}$. As tarefas devem ser realizadas seguindo as seguintes restrições:

- A tarefa E deve ser realizada antes de todas as outras.
- A tarefa C deve ser realizada antes da tarefa D.
- A tarefa B não pode ser realizada no instante de tempo 3 e a tarefa C não pode ser realizada no instante de tempo 2.
- As tarefas A e D devem ser realizadas ao mesmo tempo,
- As tarefas A e B, B e C, B e D não podem ser realizadas ao mesmo tempo.

Constraint Satisfaction Problem - CSP

Exemplo

Considere que você tem que realizar as tarefas A, B, C, D e E nos instantes de tempo $\{1, 2, 3, 4\}$. As tarefas devem ser realizadas seguindo as seguintes restrições:

- A tarefa E deve ser realizada antes de todas as outras.
- A tarefa C deve ser realizada antes da tarefa D.
- A tarefa B não pode ser realizada no instante de tempo 3 e a tarefa C não pode ser realizada no instante de tempo 2.
- As tarefas A e D devem ser realizadas ao mesmo tempo,
- As tarefas A e B, B e C, B e D não podem ser realizadas ao mesmo tempo.

Como formular o problema em termos de CSP?

Constraint Satisfaction Problem - CSP

Exemplo

- **Variáveis** : A, B, C, D, E

Constraint Satisfaction Problem - CSP

Exemplo

- **Variáveis** : A, B, C, D, E

- **Domínios**

$$D_A = \{1, 2, 3, 4\}, D_B = \{1, 2, 3, 4\}, D_C = \{1, 2, 3, 4\}, \\ D_D = \{1, 2, 3, 4\}, D_E = \{1, 2, 3, 4\}.$$

Constraint Satisfaction Problem - CSP

Exemplo

- **Variáveis** : A, B, C, D, E

- **Domínios**

$$D_A = \{1, 2, 3, 4\}, D_B = \{1, 2, 3, 4\}, D_C = \{1, 2, 3, 4\}, \\ D_D = \{1, 2, 3, 4\}, D_E = \{1, 2, 3, 4\}.$$

- **Restrições**

$$(B \neq 3), (C \neq 2), (A \neq B), (B \neq C), \\ (C < D), (A = D), (E < A), (E < B), (E < C), \\ (E < D), (B \neq D).$$

Constraint Satisfaction Problem - CSP

Exemplo

- **Variáveis** : A, B, C, D, E

- **Domínios**

$$D_A = \{1, 2, 3, 4\}, D_B = \{1, 2, 3, 4\}, D_C = \{1, 2, 3, 4\}, \\ D_D = \{1, 2, 3, 4\}, D_E = \{1, 2, 3, 4\}.$$

- **Restrições**

$$(B \neq 3), (C \neq 2), (A \neq B), (B \neq C), \\ (C < D), (A = D), (E < A), (E < B), (E < C), \\ (E < D), (B \neq D).$$

Constraint Satisfaction Problem - CSP

Exemplo - 4-rainhas

Supor uma rainha por coluna.

Constraint Satisfaction Problem - CSP

Exemplo - 4-rainhas

Supor uma rainha por coluna.

- **Variáveis** : Q_1, Q_2, Q_3, Q_4

Constraint Satisfaction Problem - CSP

Exemplo - 4-rainhas

Supor uma rainha por coluna.

- **Variáveis** : Q_1, Q_2, Q_3, Q_4
- **Domínios** : $D_i = \{1, 2, 3, 4\}$

Constraint Satisfaction Problem - CSP

Exemplo - 4-rainhas

Supor uma rainha por coluna.

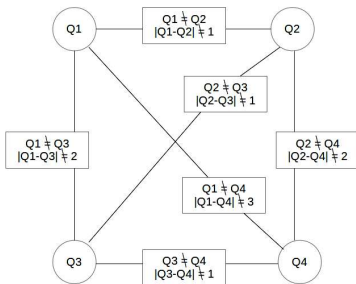
- **Variáveis** : Q_1, Q_2, Q_3, Q_4
- **Domínios** : $D_i = \{1, 2, 3, 4\}$
- **Restrições**

Constraint Satisfaction Problem - CSP

Exemplo - 4-rainhas

Supor uma rainha por coluna.

- **Variáveis** : Q_1, Q_2, Q_3, Q_4
- **Domínios** : $D_i = \{1, 2, 3, 4\}$
- **Restrições**
 - não podem estar na mesma linha : $Q_i \neq Q_j$
 - não podem estar na mesma diagonal : $|Q_i - Q_j| \neq |i - j|$



Constraint Satisfaction Problem - CSP

Exemplo - Coloração de Mapas

Colorir um mapa de modo que dois países adjacentes não tenham a mesma cor.

Constraint Satisfaction Problem - CSP

Exemplo - Coloração de Mapas

Colorir um mapa de modo que dois países adjacentes não tenham a mesma cor.

- **Variáveis** : países C_i .

Constraint Satisfaction Problem - CSP

Exemplo - Coloração de Mapas

Colorir um mapa de modo que dois países adjacentes não tenham a mesma cor.

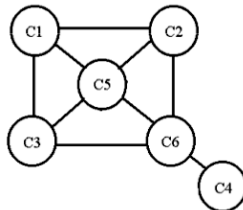
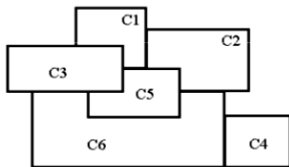
- **Variáveis** : países C_i .
- **Domínios** : Vermelho, Azul, Verde

Constraint Satisfaction Problem - CSP

Exemplo - Coloração de Mapas

Colorir um mapa de modo que dois países adjacentes não tenham a mesma cor.

- **Variáveis** : países C_i .
- **Domínios** : Vermelho, Azul, Verde
- **Restrições** : $C_1 \neq C_2, C_1 \neq C_5, \dots$.



Inteligência Artificial

Aula 8 - vídeo 1 - CSP - Constraint Satisfaction Problem

João C. P. da Silva

Dept. Ciência da Computação - UFRJ

5 de outubro de 2020