

Lista de Exercícios

Cláusulas Definidas Proposicionais, Horn Clauses, Diagnóstico por Consistência e Abdução

Instruções gerais

- Indique claramente quaisquer suposições adicionais que você fizer.
- Quando for pedido para “simular o algoritmo”, apresente os conjuntos intermediários (*estados*) usados na execução (por exemplo, os conjuntos C ou G).
- Nos exercícios conceituais, responda em poucas linhas, com foco na precisão.

1 Cláusulas definidas proposicionais

1.1) Diga, para cada uma das fórmulas abaixo, se ela é:

- uma cláusula definida (regra ou fato),
- ou não é uma cláusula definida.

Justifique brevemente.

- (a) $apple_is_eaten.$
- (b) $apple_is_eaten \leftarrow bird_eats_apple.$
- (c) $\neg apple_is_eaten.$
- (d) $happy \vee sad \vee \neg alive.$
- (e) $sam_is_in_room \wedge night_time \leftarrow switch_1_is_up.$
- (f) $lit_l2 \leftarrow light_l2 \wedge live_l2 \wedge ok_l2.$

1.2) Mostre, para cada cláusula definida abaixo, uma cláusula equivalente na forma disjuntiva (com \vee e negações de átomos):

- (a) $h \leftarrow a \wedge b \wedge c.$
- (b) $p \leftarrow q.$
- (c) $r.$

Escreva as fórmulas resultantes utilizando apenas \vee e \neg .

1.3) Considere a cláusula

$$wet_grass \leftarrow raining \wedge sprinkler_on.$$

Dê um exemplo de interpretação I (atribuição de verdadeiro/falso para cada átomo) em que essa cláusula é:

- (a) verdadeira em I ;
- (b) falsa em I .

Explique por que em cada caso.

1.4) Modele em termos de cláusulas definidas proposicionais as seguintes sentenças:

- (a) “Uma pessoa está feliz se ela passou na prova e está saudável.”
- (b) “Uma disciplina é concluída se todas as suas atividades foram entregues.”
- (c) “Um aluno é aprovado se concluiu a disciplina e tirou nota final maior ou igual a 60.”

Use nomes de átomos em inglês, por exemplo: $happy(X)$ não é permitido (apenas proposicional), então use átomos proposicionais como $passed$, $healthy$, etc.

2 Procedimentos de prova: bottom-up e top-down

2.1) Considere a base de conhecimento KB :

$$a \leftarrow b \wedge c.$$

$$d.$$

$$b \leftarrow d \wedge e.$$

$$e.$$

$$b \leftarrow g \wedge e.$$

$$f \leftarrow a \wedge g.$$

$$c \leftarrow e.$$

- (a) Usando o procedimento de prova bottom-up (encadeamento para frente), construa a sequência de conjuntos C (conjuntos de átomos derivados) até o ponto fixo.
- (b) Indique quais átomos são consequências lógicas de KB (isto é, quais pertencem a C no final).
- (c) Explique por que f e g não devem ser derivados pelo procedimento.

2.2) (Top-down: derivação bem-sucedida – fácil) Usando a mesma base de conhecimento do exercício anterior, construa uma derivação top-down (SLD) para a consulta:

$$\text{ask } a.$$

- (a) Apresente a sequência de cláusulas-resposta (ou conjuntos de subobjetivos G) até chegar a $yes \leftarrow$ (ou $G = \emptyset$).
- (b) Indique, em cada passo, qual cláusula de KB foi utilizada.

2.3) Ainda com a mesma KB , construa uma derivação top-down para a consulta $\text{ask } a.$ que:

- em algum passo, ao provar b , escolha a regra $b \leftarrow g \wedge e$.

Mostre explicitamente por que esse ramo de prova falha.

2.4) Responda em poucas linhas:

- Em que sentido o procedimento bottom-up é *completo e correto* para bases de cláusulas definidas proposicionais?
- Em que sentido o procedimento top-down pode ser mais eficiente do que o bottom-up, mesmo podendo reprovar átomos múltiplas vezes?
- Dê um exemplo de situação em que o procedimento top-down pode entrar em laço infinito, enquanto o bottom-up termina.

3 Horn clauses, *false* e prova por contradição (fáceis e médios)

3.1) Considere a integridade:

$$false \leftarrow alarm \wedge quiet.$$

- Escreva a fórmula equivalente usando apenas \vee e \neg (sem \leftarrow e sem *false*).
- Descreva em linguagem natural o que essa restrição está dizendo sobre o mundo.

3.2) Considere a base de conhecimento KB_1 :

$$false \leftarrow a \wedge b.$$

$$a \leftarrow c.$$

$$b \leftarrow c.$$

- Mostre que não existe modelo de KB_1 em que c seja verdadeiro.
- Conclua explicitamente qual fórmula da forma $\neg p$ é implicada por KB_1 (isto é, $KB_1 \models \neg p$).

3.3) (Disjunções de negações – médio) Considere a base de conhecimento KB_2 :

$$false \leftarrow a \wedge b.$$

$$a \leftarrow c.$$

$$b \leftarrow d.$$

$$b \leftarrow e.$$

- Mostre que em todo modelo de KB_2 , vale $\neg c \vee \neg d$.
- Mostre que em todo modelo de KB_2 , vale também $\neg c \vee \neg e$.
- Interprete essas duas fórmulas em linguagem natural.

3.4) Analise o conjunto de cláusulas

$$\{a, false \leftarrow a\}.$$

- Existe algum modelo que satisfaça as duas cláusulas simultaneamente? Justifique.
- Explique por que esse conjunto é um exemplo de base de Horn clauses insatisfável.

4 Assumíveis, conflitos e diagnóstico por consistência

4.1) Explique, em poucas linhas:

- O que é um *assumível* em uma base de Horn clauses?
- O que é um *conflito* associado a um conjunto de assumíveis?
- O que é um *conflito mínimo*?

4.2) Considere novamente KB_2 :

$$false \leftarrow a \wedge b.$$

$$a \leftarrow c.$$

$$b \leftarrow d.$$

$$b \leftarrow e.$$

Suponha que o conjunto de assumíveis seja

$$A = \{c, d, e, f, g, h\}.$$

- Mostre que $\{c, d\}$ é um conflito de KB_2 em relação a A .
- Mostre que $\{c, e\}$ também é um conflito.
- Explique por que $\{c, d, e, h\}$ é um conflito, mas não é um conflito mínimo.

4.3) Em poucas linhas, discuta:

- Por que dizer que $KB \models \neg c_1 \vee \dots \vee \neg c_r$ é equivalente a dizer que $\{c_1, \dots, c_r\}$ é um conflito?
- De que forma essa visão (como disjunção de negações) ajuda a interpretar conflitos em aplicações de diagnóstico?

4.4) Considere o exemplo do circuito elétrico com dois conflitos mínimos:

$$C_1 = \{ok_cb1, ok_s1, ok_s2, ok_l1\}, \quad C_2 = \{ok_cb1, ok_s3, ok_l2\}.$$

- Dê dois exemplos de *diagnósticos* (conjuntos de assumíveis) que intersectam ambos os conflitos.
- Dê um exemplo de diagnóstico que seja *mínimo* e outro que não seja.

- (c) Explique em linguagem natural o que significa dizer que um diagnóstico é mínimo.
- 4.5) Modele, de forma proposicional, um pequeno sistema de diagnóstico para um computador que não liga. Defina:
- alguns átomos para componentes (por exemplo, *ok_psu*, *ok_motherboard*, *ok_power_button*);
 - algumas regras explicando quando o computador liga (por exemplo, *turns_on*);
 - pelo menos uma restrição de integridade;
 - um conjunto de assumíveis de normalidade.

Proponha uma observação (por exemplo, “computador não liga”) e descreva qualitativamente como conflitos e diagnósticos poderiam ser obtidos.

5 Abdução e explicações

- 5.1) Explique, em poucas linhas:
- (a) A diferença entre dedução, indução e abdução.
 - (b) O que é um *cenário* $\langle KB, A \rangle$.
 - (c) O que é uma *explicação* de uma proposição g a partir de $\langle KB, A \rangle$.
 - (d) O que é uma explicação *mínima*.
- 5.2) Considere o exemplo médico:

bronchitis \leftarrow *influenza*.
bronchitis \leftarrow *smokes*.
coughing \leftarrow *bronchitis*.
wheezing \leftarrow *bronchitis*.
fever \leftarrow *influenza*.
fever \leftarrow *infection*.
sore_throat \leftarrow *influenza*.
false \leftarrow *smokes* \wedge *nonsmoker*.

Assumíveis:

$$A = \{smokes, nonsmoker, influenza, infection\}.$$

Para cada observação abaixo, liste pelo menos uma explicação mínima:

- (a) *wheezing*.
- (b) *wheezing* \wedge *fever*.
- (c) *wheezing* \wedge *nonsmoker*.

Justifique brevemente por que as explicações são mínimas.

- 5.3) Considere:

alarm \leftarrow *tampering*.
alarm \leftarrow *fire*.
smoke \leftarrow *fire*.

Assuma que os assumíveis são $\{tampering, fire\}$.

- (a) Dê todas as explicações mínimas para a observação *alarm*.
 - (b) Dê todas as explicações mínimas para a observação *alarm* \wedge *smoke*.
 - (c) Em linguagem natural, explique por que *smoke* “explica” o alarme neste caso.
- 5.4) Em poucas linhas, discuta:
- (a) Duas diferenças importantes entre diagnóstico por consistência (CBD) e abdução.
 - (b) Uma vantagem da abdução em relação ao CBD.
 - (c) Uma desvantagem (ou dificuldade) da abdução em relação ao CBD.
- 5.5) Modele um pequeno domínio abductivo para um sistema de *login*:
- Defina átomos para hipóteses como *wrong_password*, *server_down*, *user_blocked*, etc.
 - Defina átomos observáveis como *login_failed*, *timeout*, *error_message*.
 - Escreva regras (Horn clauses) que relacionam hipóteses a observações (por exemplo, *login_failed* \leftarrow *wrong_password*).
 - Considere uma observação concreta (por exemplo, “login falhou com mensagem de usuário bloqueado”) e indique possíveis explicações mínimas.

Não é necessário listar *todas* as explicações; dê pelo menos duas alternativas razoáveis e explique por que são cenários consistentes.