

**B4B36ZUI – Základy umělé inteligence – 8.6.2020**

O1	O2	O3	O4	Total (50)

**Instrukce:** Na vypracování máte 120 min. Pracujte samostatně. Použití počítače nebo mobilního telefonu není povoleno.

**Otázka 1** (14 bodů) *Prohledávání*

Mějme problém s vysáváním místnosti reprezentované jako obdélník s  $X \times Y$  čtvercovými políčky označenými jako  $b_{xy}$ . Množství nečistot je reprezentováno hodnotou  $n_{xy}$  od 0 do 10 u každého pole. Zásobník robotického vysavače má kapacitu pro nečistoty  $m$ , tento zásobník lze vysypat během návštěvy základny umístěné na poli  $b_{00}$ . Počáteční místo pro robotický vysavač je  $b_{00}$  a můžete předpokládat, že na počátku je robotický vysavač prázdný. V jednom kroku se robotický vysavač může pohybovat z aktuálního pole na sousední ve 4 směrech (nahoru, dolů, vlevo, vpravo) nebo vysát 1 jednotku nečistot. Cílem je najít nejkratší posloupnost akcí, která vyčistí celou místnost.

- (a) (6 bodů) Necht  $n_{ij}$  je množství nečistot v poli  $b_{ij}$ . Jsou následující funkce přípustné heuristické funkce pro algoritmus  $A^*$  pro tento problém, nebo ne?

(ANO/NE)  $h = \sum_{i \in X, j \in Y} n_{ij}$

(ANO/NE)  $h = \max_{i \in X, j \in Y} n_{ij}$

(ANO/NE)  $h = \sum_{i \in X, j \in Y} (\text{sgn}(n_{ij}) \cdot (i + j))$

(ANO/NE)  $h = \sum_{i \in X, j \in Y} (n_{ij} \cdot (i + j))$

(ANO/NE)  $h = \sum_{i \in X, j \in Y} n_{ij} \cdot (\max\{i, j\})$

(ANO/NE)  $h = \sum_{i \in X, j \in Y} [\text{sgn}(n_{ij}) \cdot (\max\{i, j\}) + n_{ij}]$

- (b) (8 body) Zapište formální definici problému tak, aby mohl být použit vyhledávací algoritmus k nalezení řešení. Zaznamenejte reprezentaci stavů, cílového stavu a akcí.

**Otázka 2** (13 bodů) CSP

1. (4 body) Označte následující obecná tvrzení jako pravdivá nebo nepravdivá:

(ANO/NE) K řešení CSP lze použít A\*.

(ANO/NE) Zpětné prohledávání v CSP odpovídá prohledávání do hloubky.

(ANO/NE) Zpětné prohledávání v CSP odpovídá prohledávání do šířky.

(ANO/NE) Uzel ve stromu řešení CSP reprezentuje doménu některé z proměnných.

2. (4 body) Uvažte následující CSP

Proměnné:  $x_1, x_2, x_3, x_4$  (1)

Domény pro každou proměnnou:  $\{0, 1, 2, 3, 4\}$  (2)

Omezení:  $x_2 > 2 \cdot x_1$  (3)

$x_3 > x_2$  (4)

$x_4 > x_3$  (5)

Zapište domény pro každou proměnnou po provedení AC-3 algoritmu:

$x_1 =$

$x_2 =$

$x_3 =$

$x_4 =$

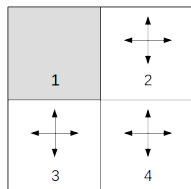
3. (5 body) Formalizujte a vyřešte úlohu pro 4 dámy na šachovnici  $4 \times 4$ .

**Otázka 3** (13 bodů) *Perceptron*

1. (3 body) Načrtněte strukturu perceptronu.
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
2. (3 body) Popište algoritmus jeho učení.
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
3. (3 body) Popište algoritmus klasifikace.
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
4. (2 body) Algoritmus učení aplikujte na vámi zvolené 1d příznaky.
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
5. (2 body) Označte následující tvrzení jako pravdivá nebo nepravdivá:  
(ANO/NE) Perceptronový algoritmus vždy nalezne řešení, pokud jsou příznaky lineárně separabilní.  
(ANO/NE) Perceptronový algoritmus vždy nalezne řešení pro sadu nezávislých binárních příznaků.

**Otázka 4** (10 bodů) *Agent ve čtyřpolní mřížce – MDP*

Mějme 4 stavy uspořádané do jednoduché mřížky. Mezi stavy lze přecházet pomocí množiny akcí  $A = \{VLEVO, VPRAVO, NAHORU, DOLU\}$ . Aplikace každé akce přináší odměnu -1. Pokud zvolená akce vede mimo mřížku, odměna se započítá, ale stav se nezmění (např. provedení akce NAHORU ve stavu 2 vede opět do stavu 2). Jeden ze stavů je koncový (stav č.1). Epizoda je v něm ukončena, neuvažujeme další akce ani odměny.



- (a) (2 body) Použijte náhodnou taktiku (všechny akce ve všech stavech jsou voleny se stejnou pravděpodobností  $\frac{1}{4}$ ). Vyjděte z nulového ohodnocení stavů, napište příslušné iterační rovnice a proveďte 3 cykly vyhodnocení taktiky (policy evaluation). Kdy je možné vyhodnocení taktiky ukončit? Je vhodné ukončit vyhodnocení náhodné taktiky po cyklu 3?
- (b) (2 body) Jak lze získat přesné hodnoty ohodnocení stavů jinak než dynamickým programováním? Vyčíslete přesné ohodnocení stavu 4 pro náhodnou taktiku.
- (c) (2 body) Uvažujte, že budete pokračovat v hledání optimální taktiky metodou iterace taktiky. Jakou taktiku získáte změnou taktiky po vyhodnocení ad (a)? Kolik cyklů změny taktiky bude třeba k nalezení optimální taktiky? Kdy lze iterace změny taktiky zastavit? Jaké bude ohodnocení stavů?

(d) (2 body) Co hodnota stavů vyjadřuje? Srovnajte ohodnocení v bodě (a) a (c).

(e) (2 body) Dosud byly výsledky akcí deterministické. Jak se bude optimální taktika měnit se změnou pravděpodobnosti  $P$ , s jakou akce skončí zamýšleným výsledkem? Uvažujte, že akce může s  $\frac{1-P}{3}$  skončit výsledkem libovolné zbylé akce. Uvažujte  $P \in [0, 1]$ . Co se bude dít s ohodnocením stavů?