

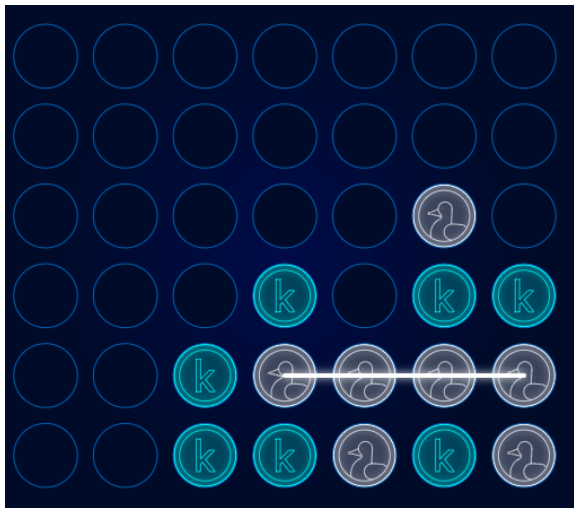
# Connect X

Stav soutěže pro Seminář z umělé inteligence 2 (NAIL052),  
MFF UK

Vilém Pech

11. dubna 2024

## Připomenutí pravidel



**Obrázek:** Adam, Addison Howard, Bovard Doerschuk-Tiberi. (2020). Connect X. Kaggle. <https://storage.googleapis.com/kaggle-media/competitions/ConnectX/Walter's image.png>

## Connect X, nebo 4?

*I thought it was great when it started. I even was at the top for a while But it really needs larger board sizes to remain interesting. At the moment all of the top agents are perfect and the leaderboard is really random at the top. It would also be great if a 'match' could be a combination of 2 games where each agent goes first ones. The perfect agent are guaranteed to win when going first.*

*(Peter Cnude — 22.08.2023 0:17)*

## Connect X, nebo 4?

*The move down to only 12 agents didn't help, but there again it was accompanied by a lot of 'perfect agents'. Most of these have given up again now so the top of the leaderboard is quite sparse - of course that could change at any moment. But yes, I have to agree with Peter, there's a huge potential for interesting work with larger boards and paired games. I was really hopeful that this was going to happen at the start of 2023, I've given up hope now.*

*(Tony Robinson — 06.09.2023 19:07)*

# Základní typy algoritmů

- ▶ Jednoduší reflexivní agenti
- ▶ Minimax
- ▶ Monte Carlo tree search

# Jednoduší reflexivní agenti

- ▶ Náhodný
- ▶ Hladový s heuristikou

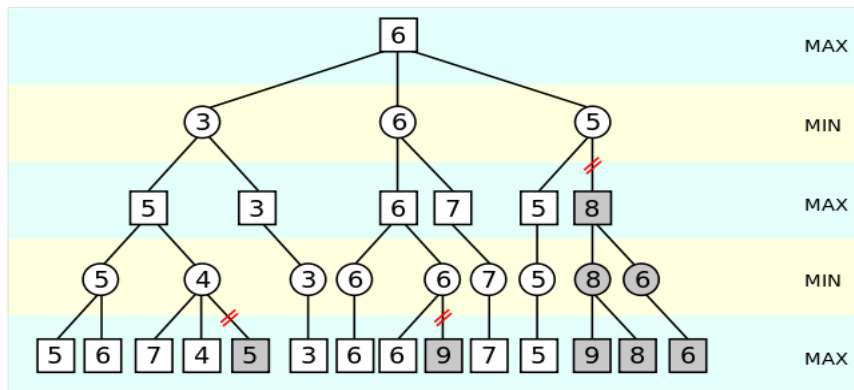
# Minimax

- ▶ Prochází strom stavového prostoru
- ▶ Vybírá optimální strategii
- ▶ Exponenciální složitost
- ▶ Menší hloubka s heuristickou funkcí





# Alfa-beta prořezávání

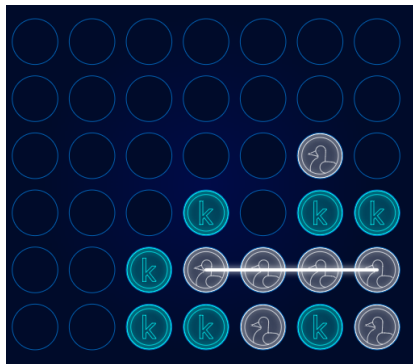


Obrázek: Ilustrace alfa-beta prořezávání od Jez9999, 12. 5. 2007, pod GNU Free Documentation License

# Heuristická funkce

- ▶ Polootevřená n-tice: potenciální výhra
- ▶ Hráč na tahu  $h^+$
- ▶ Soupeř  $h^-$
- ▶  $S_h$  Vážená suma (polo)otevřených n-tic hráče  $h$
- ▶ Polootevřené n-tice: *délka*
- ▶ Otevřené n-tice: *délka*<sup>2</sup>

$$h(\text{stav}) = \frac{S_{h^+} - S_{h^-}}{S_{h^+} + S_{h^-} + 1}$$



**Obrázek:** Adam, Addison Howard, Bovard Doerschuk-Tiberi. (2020). Connect X. Kaggle. <https://storage.googleapis.com/kaggle-media/competitions/ConnectX/Walter's image.png>

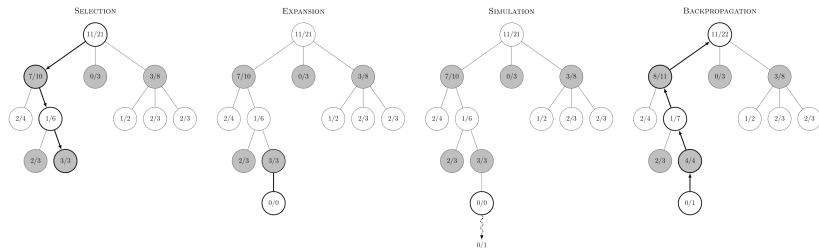
# MCTS

- ▶ Konverguje k optimálnímu stromu minimaxu
- ▶ Nepotřebuje heuristickou funkci
- ▶ Při prohledávání preferuje slibné/pravděpodobné stavy

$$UCT(i) = \frac{r_i}{n_i} + c \sqrt{\frac{\ln N_i}{n_i}}$$

- ▶  $r_i$ : součet odměn z  $i$ -tého stavu
- ▶  $n_i$ : počet návštěv  $i$ -tého stavu
- ▶  $N_i$ : počet návštěv otce  $i$ -tého stavu
- ▶  $c$ : konstanta ( $\sqrt{2}$ )

# MCTS



**Obrázek:** Monte Carlo tree search od Roberta Mosse, 3. 4. 2020, pod CC BY-SA 4.0 Deed

# Vyzkoušené algoritmy

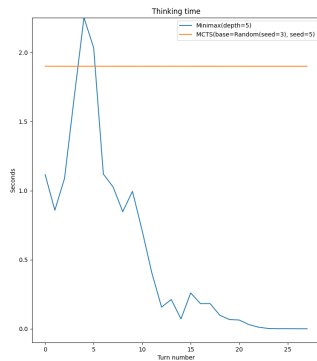
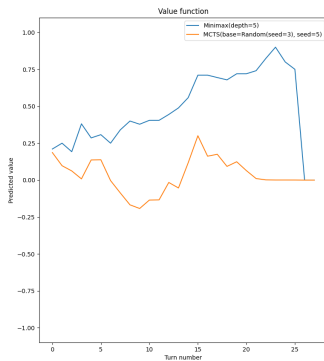
- ▶ Náhodný
- ▶ Hladový s heuristikou
- ▶ Minimax s heuristikou (hloubka 5)
- ▶ MCTS s náhodnou simulací (1.9s)
- ▶ MCTS s heuristickou simulací (1.9s)

# Výsledky

	Minimax	MCTS (náhodný)	MCTS (heuristický)
Minimax	10/0/0	7/3/0	10/0/0
MCTS (náhodný)	9/1/0	4/6/0	10/0/0
MCTS (heuristický)	0/10/0	0/10/0	9/1/0

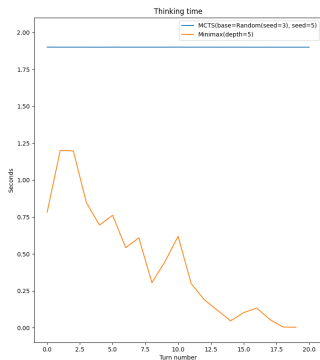
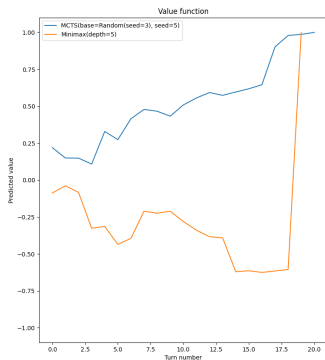
**Tabulka:** Výsledky 10 her při poli  $8 \times 7$  a výherní délce 4, vlevo začínající agent, nahoře soupeř. Výsledky jdou v pořadí: výhra začínajícího, prohra začínajícího, remíza.

# Výsledky



**Obrázek:** Grafy ohodnocení stavu v průběhu hry a čas strávený na tah, začíná minimax.

# Výsledky



**Obrázek:** Grafy ohodnocení stavu v průběhu hry a čas strávený na tah, začíná MCTS.



# Budoucí práce

- ▶ Zrychlení výpočtu heuristické funkce
- ▶ Vyladění vah (polo)otevřených n-tic
- ▶ AlphaZero
- ▶ Větší parametry hracího pole a výherní délky