

# Ultimate Tic-Tac-Toe

Jakub Poláček

June 2020

## 1 Popis algoritmu

Monte Carlo Tree Search (MCTS) je heuristický vyhľadávaci algoritmus. Funguje na princípe expanzii stromov možných pohybov, ktorý postupne expanduje a následným vyhodnocovaním náhodných priebehov hry z daného stavu ohodnocuje. Každý uzol stromu predstavuje stav hry, a je spojený hranou s ďalšími uzlami, kde hrana je validný ťah v hre ktorý k tomuto stavu vedie.

Delí sa na štyri fázy:

- Výber - niektorý z listov stromu je vybraný na základe danej metriky (v našom prípade Upper Confidence bounds applied to Trees).
- Expanzia - daný list je expandovaný. Sú k nemu pripojené listy, jeden pre každý validný ťah z daného stavu.
- Simulácia - Hra je simulovaná až po koniec náhodnými ťahmi. Je možné voliť rôzne prístupy, najčastejšie sa ťahy vyberajú vždy s uniformným rozdelným.
- Spätná propagácia - výsledok hry je propagovaný späť do koreňa stromu, uzly si držia informáciu o počte navštívení a počte víťazstiev.

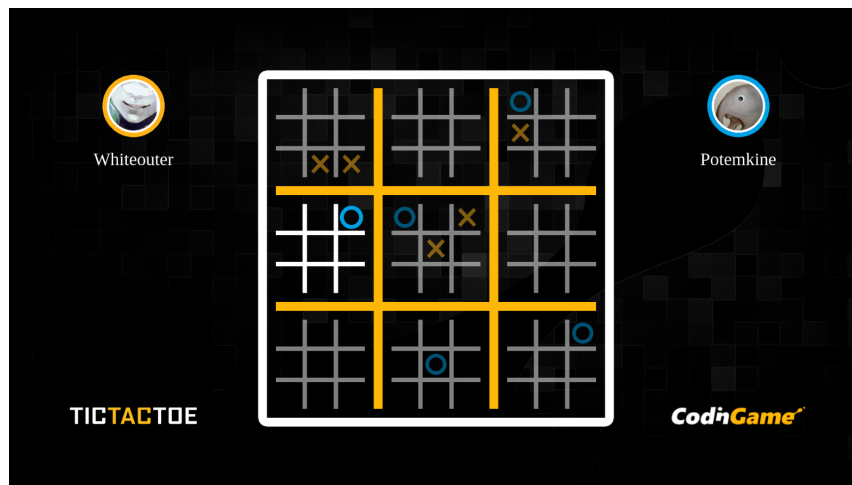
Tento proces prebieha opakovane, podľa alokovaného času. Následne je vybraný najúspešnejší uzol / ťah. Koreň stromu sa potom posunie do tohoto uzlu.

## 2 Návod na instalaci a spuštění

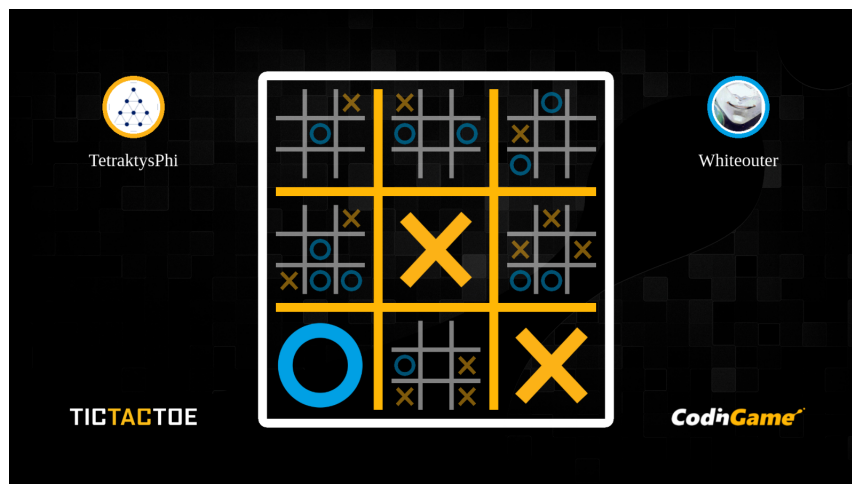
### 2.1 Pre použitie na codingame.com

Webová stránka očakáva ako vstup len jediný súbor / kód nakopírovaný do rozhrania webovej stránky.

Je preto potrebné sekvenčne nakopírovať súbory State.kt, Moves.kt, MonteCarloTreeUtils.kt, MonteCarloBot.kt a Main.kt do rozhrania stránky a vymazať prebytočné importy.



Obr. 1: Ukážka hry



Obr. 2: Ukážka hry v pokročilom štádiu

## 2.2 Pre hranie proti botovi

Je potrebné mať nainštalovanú javu. Príkazy očakávajú workdir nastavený na vrchný adresár projektu.

Pre skompilovanie projektu: `./gradlew clean jar`

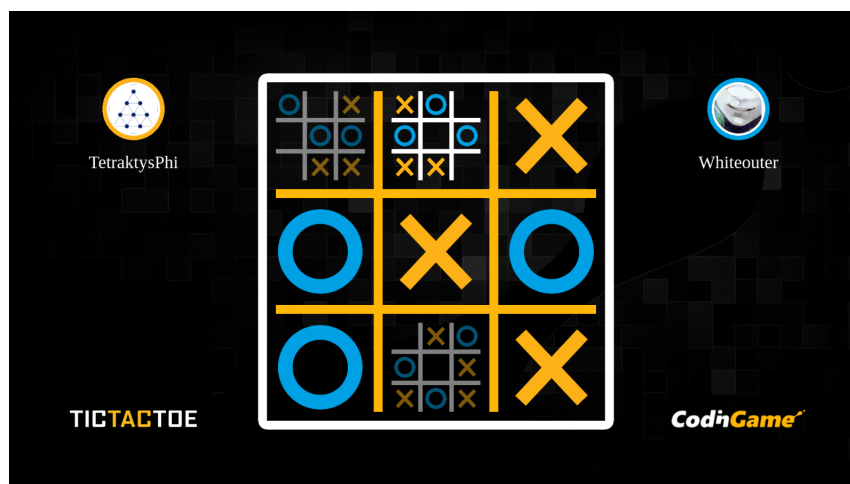
Pre spustenie: `java -jar build/libs/utt-1.0-SNAPSHOT.jar`

### 3 Vyhodnotenie

Basic bot vs.	Wins out of 200	Draws	Win Ratio
Random bot	200	0	100%
Basic bot, 2x time	86	3	43%
Basic bot, 3x time	71	5	35.5%
Bot without UCT	177	3	88.5%
Heuristic bot	60	4	30%

	Starting first	Starting second
Wins out of 400	222	172
Ratio	55.5 %	43 %

Heuristic bot vs.	Wins out of 200	Draws	Win Ratio
Bot without UCT	188	0	94%
Basic bot, 2x time	129	2	64.5%
Basic bot, 3x time	120	4	60%



Obr. 3: Ukážka hry pár ťahov pred výhrovou

- Plne funkčná.
- Dosahuje 131. miesta v zlatej (2. najvyššej) lige, odpovedá top 100 % najlepších riešení.
- Simuluje 12000 hier v prvý ťah,
- v nasledovné ťahy je to 2000-3000 hier, rastie ako sa blíži hra ku koncu.
- Dokáže poraziť všetkých benchmark botov až na posledného.

- Príklad hry na codingame.com za modrého hráča: <https://www.codingame.com/replay/453826731>
- Príklad hry na codingame.com za žltého hráča: <https://www.codingame.com/share-replay/455335244>

## 4 Dokumentácia

Hlbšia dokumentácia v samotných súboroch.

### 4.1 Popis súborov `./src/main/kotlin/muni.fi`

- BotComparison.kt - Jednoduchý framework umožňujúci porovnávanie rôznych iterácií botov proti sebe
- HeuristicMCBot.kt - Rozšírenie základného bota o drobnú heuristiku
- Main.kt - Rozhranie pre codingame.com
- MonteCarloBot.kt - Hlavná implementácia základného bota, obsahuje celý algoritmus MCTS
- MonteCarloTreeUtils.kt - Pomocné triedy a funkcie pre vytváranie stromu pre algoritmus MCTS
- Moves.kt - Triedy a funkcie pre spracovávanie a vyhodnocovanie možných ťahov pre dané stavy hry
- PlayerVsBot.kt - Trieda ktorá umožňuje človeku hrať proti základnému botu
- RandomBot.kt - Bot ktorý vždy volí náhodný ťah
- State.kt - Trieda na reprezentovanie stavov hry, obsahuje hlavnú časť logiky hry
- StatePrinter.kt - Trieda na vypisovanie stavu hry do textovej podoby

### 4.2 Popis súborov `./src/test/kotlin/muni.fi`

- BotEvaluation.kt - Nejde o skutočné testy, ale o spustiteľný interface, ktorý za pomoci funkcie z BotComparison.kt testuje rôzne iterácie botov proti sebe. Priebeh trvá veľmi dlho.
- GameTests.kt - Testuje náhodné hrania hry, kontroluje korektnosť generovania možných ťahov a logiku ich spracovania, meria čas za aký sa odohrá určité množstvo hier.
- MonteCarloTests.kt - Len hrubý test funkcionality MCTS, zaručuje že dokáže odohrať hru.

- MovesTests.kt - Testy na vyhodnocovanie logiky ťahov, či sa správne vyhodnocujú valídne ťahy pre dané stavy a podobne.
- StateTests.kt - Testy na vyhodnocovanie logiky stavov, či sa správne vytvárajú nové stavy na základe zahraných ťahov.