

## užívateľská dokumentácia

## zmysel existencie programu endgame.pl a jeho neskrývané ambície

Program endgame.pl vznikol ako zápočtový program z predmetu Neprocedurálne programovanie vyučovaného v zimnom semestri akademického roku 2007/2008. Je napísaný v programovacom jazyku Prolog a jeho autorom je Lukáš Kúdela (IOI, 2. ročník, krúžok 37). Program endgame.pl sa netají svojou ambíciou zmatovať osamoteného čierneho kráľa za pomoci bieleho kráľa a dvoch strelcov. Užívateľ programu je postavený do nezávideniahodnej role čo najviac tento mat oddialiť, v lepšom prípade preukázať neschopnosť programu endgame.pl zvíťaziť udržaním remízy.

Poznámka: Program endgame.pl je napísaný kompletne (vrátane komentárov) v anglickom jazyku, keďže je mojím úmyslom umožniť jeho verejné zdieľanie na Internete.

## stručná charakteristika šachovej koncovky "K + 2S vs. K"

Šachová koncovka "K + 2S vs. K" patrí medzi povinnú výbavu každého, kto to so šachom myslí aspoň trošku vážnejšie. Pri korektnej technike je možné zmatovať súperovho kráľa pomerne rýchlo. Základné myšlienky či koncepty tejto koncovky sumarizuje nasledujúcich niekoľko bodov:

- Súperovho kráľa je možné zmatovať iba v jednom z rohových políčok šachovnice.
- Súčinnosť figúr je nevyhnutná. Kráľ udržiava opozíciu, jeden strelec "stráži"
  jediné únikové políčko, ktoré nedokáže ustrážiť kráľ a druhý strelec dáva
  súperovmu kráľovi mat.
- Do rohu šachovnice je súperov kráľ zatlačený efektívnou spoluprácou figúr, najmä však strelcov, ktorí, bránení kráľom, úzko spolupracujú.

Poznámka: V ďalšom texte sa predpokladajú elementárne šachové znalosti.

## užívateľská interakcia s programom

Užívateľská interakcia s programom prebieha v niekoľkých krokoch:

- 1) Konzultácia zdrojového súboru endgame.pl ľubovoľným interpretom programovacieho jazyka Prolog.
- 2) Samotná užívateľská relácia je zahájená príkazom start.
- 3) Užívateľ je vyzvaný k zadaniu počiatočnej pozície v tvare:
  - p(w, WK, B1, B2, BK)., kde:
  - a) w signalizuje, že na ťahu je biely (ten je v počiatočnej pozicii vždy)
  - b) WK reprezentuje súradnice bieleho kráľa v tvare stípec-riadok, napr. 1-1

- c) B1 reprezentuje súradnice prvého bieleho strelca
- d) B2 reprezentuje súradnice druhého bieleho strelca
- e) BK reprezentuje súradnice čierneho kráľa
- f) príklad legálnej počiatočnej pozície: p (w, 3-6, 4-6, 5-6, 4-8).
- 4) Následne je počiatočná pozícia zobrazena v terminalovom okne pomocou jednoduchého "ASCII-diagramu".
- 5) V prípade, že už v počiatočnej pozícií je čierny kráľ v šachu, resp. ak je dokonca zmatovaný, je užívateľ na túto skutočnosť upozornený a program kultúrne skončí.
- 6) Nasledujúce štyri kroky sa opakujú, kým nenastane koniec partie:
  - a) V prípade, že počiatočná pozícia je legálna, program začne "rozmýšľať" nad svojím ťahom, následne ho vykoná a zobrazí na "ASCII-diagrame".
  - b) V prípade, že sa počítaču podarilo čierneho kráľa zmatovať, je tento výsledok oznámený užívateľovi a program kultúrne skončí.
  - c) V prípade, že hra pokračuje, je uživateľ vyzvaný k zadaniu svojho ťahu vo formáte: stĺpec-riadok, napr. 1-1.
  - d) V prípade, že tento ťah nie je legálny (vstup kráľom na ohrozené políčko) je užívateľ vyzvaný k opätovnému zadaniu svojho ťahu.

## známe nedostatky programu endgame.pl

Remízové ukončenie partie podľa oficiálnych pravidiel FIDE (zdroj: http://www.bardejov.chess.sk/2005-07-01-pravidla.htm):

- Partia je nerozhodná, ak hráč na ťahu nemôže vykonať žiaden prípustný ťah a jeho kráľ nie je v šachu. Hovoríme, že partia skončila "patom". Tým sa partia okamžite končí za predpokladu, že ťah vedúci k patovej pozícii bol prípustný.
- Partia je nerozhodná, ak vznikne postavenie, z ktorého ani jeden hráč nemôže dať mat súperovmu kráľovi akoukoľvek postupnosťou prípustných ťahov.
   Hovoríme, že partia skončila "mŕtvou pozíciou". Tým sa partia okamžite končí za predpokladu, že ťah vedúci k tejto pozícii bol prípustný.
   Poznámka: Do tejto kategórie spadá aj situácia v ktorej ani jeden z hráčov nemá dostatok kameňov, aby vynútil mat.
- Partia je nerozhodná na základe dohody oboch hráčov v priebehu partie.
   Tým sa partia okamžite končí.
- Partia môže byť nerozhodná, ak sa rovnaké postavenie môže vyskytnúť alebo sa už vyskytlo najmenej trikrát.
- Partia môže byť nerozhodná, ak obaja hráči v priebehu posledných 50 po sebe idúcich ťahoch neurobili ťah akýmkoľvek pešiakom alebo nebrali žiadnu figúrku.

Program endgame.pl nie je dokonalým súperom, čo sa v niektorých situáciách (obzvlášť v pozíciách príliš vzdialených od matu a pri ideálnej hre čierneho kráľa) prejavuje jeho neschopnosťou zahnať čierneho kráľa do matovej siete a opakovaním dvojice ťahov, ktore iba preklápajú situáciu na doske medzi dvoma stavmi. Program v takom prípade nedokáže rozpoznať tretí výskyt tej istej pozície s rovnakým hráčom na ťahu a tak ignoruje potenciálnu (a podľa oficiálnych

pravidiel oprávnenú) reklamáciu remízy zo strany čierneho. Program rovnako ignoruje aj tzv. "pravidlo 50 ťahov", ktoré sa však v praxi uplatňuje extrémne zriedkavo.

# programátorská dokumentácia

## zoznam pravidiel definovaných v programe endgame.pl

Poznámka: Význam formálnych argumentov rovnako ako samotná funkcionalita nasledujúcich pravidiel sú dostatočne podrobne popísané v zdrojom súbore endgame.pl. Nasleduje teda len prehľadný zoznam pravidiel definovaných v programe endgame.pl.

#### ❖ MAIN ROUTINES

- > start/0
- > mate/1
- $\triangleright$  eog/2
- ➤ get move/2
- > execute move/3

#### ❖ MINIMAX (WITH ALPHA-BETA PRUNING) ROUTINES

- > move/3
- ➤ minimax/4
- > alphabeta/6

#### **STATIC POSITION EVALUATION ROUTINES**

- > static evaluation/2
- > corner proximity/2
- ▶ opposition efficiency/3
- evasion potential/5
- bishop\_cooperation/3

#### ♦ POSITION & MOVE GENERATION ROUTINES + "THREATENED\_BY\_\*" ROUTINES

- > generate position/3
- > move WK/5
- > move BK/5
- > move K/3
- > move\_B/3
- > threatened by K/3
- ➤ threatened by B/4
- > threatened by B1/4
- ➤ threatened by B2/4
- ➤ threatened by B3/4
- > threatened by B4/4

#### **❖** AUXILLIARY ROUTINES

- ➤ find min/2
- ▶ find min/3
- ➤ find max/2
- $\triangleright$  find max/3
- ▶ within board/2
- ▶ within board/1
- > merge unique/3
- **❖** OUTPUT ROUTINES

- display position/1
- ➤ display position R/2
- ▶ display position C/3
- ▶ piece\_lookup/3

## "srdce" programu: minimaxový algoritmus s alfa-beta orezávaním

Srdce programu endgame.pl tvorí známy minimaxový algoritmus s alfa-beta orezávaním. Jeho fungovanie pozostáva z niekoľkých krokov:

- Určí, či vniknutá pozícia nie je remízová kôli nedostatku bielych kameňov potrebných pri matovaní čierneho kráľa, tzn. či čierny kráľ nezobral bieleho strelca. V pozitívnom prípade je pozícia samozrejme ohodnotená ako remíza a minimax backtrackuje.
- 2) Určí, či vniknutá pozícia nie je tzv. "terminálnou pozíciou herného priestoru" (tj. listom herného stromu). Tu môžu nastať dve situácie:
  - a) Čierny kráľ zmatovaný (biely vyhráva), alebo
  - b) čierny kráľ zpatovaný (remíza).
- 3) Určí, či vzniknutá pozícia nie je tzv. "terminálnou pozíciou priestoru prehľadávania" (tj. listom stromu prehľadávania). Tento priestor (strom) je obmedzený hĺbkou prehľadávania a jeho veľkosť je pochopiteľne nezrovnateľná s veľkosťou herného priestoru. V prípade, že bola dosiahnutá maximálna stanovená hĺbka (typicky 4 6 polťahov) je výsledná pozícia ohodnotená pomocou statickej pozičnej ohodnocovacej funkcie, ktorej funkcionalita je popísaná v nasledujúcom odstavci.
- 4) V prípade, že sa hra nenachádza v žiadnej z terminálnych pozícií, pokračuje algoritmus minimaxu v prehľadávaní herného priestoru do hĺbky vygenerovaním všetkých legálnych pozícií, rekurzívnou aplikáciou samého seba na tieto pozície a následným výberom "ideálneho" pokračovania podľa toho, ktorý z hráčov je na ťahu. Biely usiluje o čo najvyššie ohodnotenie, čierny naopak o čo nanižšie (záporné).

Poznámka: V programe endgame.pl vystupuje iba kladné ohodnotenie, kedže najlepší výsledok, ktorý čierny može dosiahnúť, je pochopiteľne remíza (hodnotenie 0).

5) Minimaxový algoritmus je v programe endgame.pl vylepšený alfa-beta orezávaním, ktorého myšlienka je pomerne jednoduchá a atraktívna:

Akonáhle vieme, že práve skúmaný ťah je horší, ako najlepší doposiaľ nájdený, nezaujíma nás o koľko presne je horší. Informácia "kvalitatívneho" charakteru nám postačuje pri hľadaní "ideálneho" ťahu a vetva herného priestoru, v ktorej sa toto "ideálne" pokračovanie nachádza, určite nie je orezaná.

6) Užívateľ môže (odkomentovaním príslušného bloku v zdrojovom súbore) aplikovať jednu z troch techník prehľadávania, prípadne ručne zmeniť hĺbku prehľadávania:

meno	popis	implicitná hĺbka prehľadávania
move	minimax s ukladaním ohodnotenia pre všetky následnícke pozície a následným výberom maxima resp. minima	4
minimax	vylepšený minimax s priebežnou aktualizáciou maxima resp. minima počas prehľadávania	4
alphabeta	minimax s alfa-beta orezávaním (zvolený implicitne ako najefektívnejšia varianta)	6

## "duša" programu: statická pozičná ohodnocovacia funkcia

Herný stavový priestor nie je možné prehľadať celý, kôli jeho exponenciálnej veľkosti vzhľadom k počtu kameňov na doske. Preto sa musíme uspokojiť s "rozhľadom" do určitej hĺbky. Bežne sa však stáva, že s týmto rozhľadom "nedovidíme" do terminálnej pozície herného priestoru a musíme siahnuť po statickom ohodnotení pozície. Musíme sa pokúsiť odhadnúť očakávaný výsledok partie, ktorá sa bude z tejto pozície ďalej odvíjať a to bez uvažovania jej jednotlivých pokračovaní.

Ideálna statická pozičná ohodnocovacia funkcia je akýmsi "zlatým grálom" návrhárov šachových motorov. Je to (možno prekvapivo) práve jej kvalita, ktorá determinuje úroveň počítačom riadeného súpera a je dôležitejšia ako schopnosť dovidieť o pár polťahov či dokonca ťahov hlbšie.

Statická pozičná ohodnocovacia funkcia použitá v programe endgame.pl je static\_evaluation. Táto funkcia je navrhnutá autorom programu endgame.pl na základe jeho vlastnej skúsenosti pri hraní šachovej koncovky "K + 2S vs. K". Tvoria ju nasledujúce štyri kritériá zoradené podľa priority (najdôležitejšie je prvé atď.) prezentované z pohľadu bieleho:

1) Blízkosť ľubovoľného zo štyroch rohov šachovnice k čiernemu kráľovi.

Keďže samotné matovanie sa odohráva v jednom z rohov šachovnice, platí, že čím bližie je čierny kráľ k lubovoľnému z nich, tým výhodnejšia je pozícia. Toto kritérium je najdôležitejsie, keďže doslova vystihuje "vzdialenosť" matu.

2) Účinnosť opozície udržiavanej bielym kráľom.

Pri zatláčaní čierneho kráľa do rohu a pri samotnom matovaní je opozícia udržiavaná bielym kraľom nevyhnutná, preto je jej účinnosť dôležitým kritériom.

3) Únikový potenciál čierneho kráľa.

Pri samotnom akte matovania musí byť únikový potenciál (počet voľných políčok, na ktoré može čierny kráľ vkročiť) nulový. Preto je jeho minimalizovanie počas celého procesu matovania dôležitým kritériom.

4) Spolupráca bielych strelcov.

Pri zatláčaní čierneho kráľa do rohu a pri samotnom matovaní je spolupráca bielych strelcov dôležitá, keďže iba ich súdržnosťou (umiestnením na susedné políčka) biely zabrání úniku čierneho kráľa po diagonále.