

# Geneticky vyvíjené strategie – Egyptská hra SENET

Lukáš Rypáček, lukor@atrey.karlin.mff.cuni.cz

## Abstrakt

V tomto dokumentu popíši jeden příklad použití genetických algoritmů pro počítačové hraní her. V tomto případě byla vybrána stará egyptská hra Senet a genetické algoritmy byly použity pro vyvíjení ohodnocovací funkce. Hra Senet v sobě zahrnuje jak taktické prvky tak i element náhody a s pomocí genetických algoritmů se podařilo ji uspokojivě hrát, i když dopředu nebyly známy žádné vhodné strategie. Informace jsou převzaty z článku [1] (G.J.Ferrer, W.N.Martin).

## Úvod

Při vývoji počítačových strategií pro klasické deskové hry (šachy, dáma, ...) obvykle využíváme toho, že o situaci na šachovnici, případně o jednotlivých tazích můžeme nějakým způsobem rozhodnout, jestli jsou pro vítězství vhodné nebo ne. Počítač pak může systematicky zkoušet všechny možné tahy a podle jejich kvality – hodnoty ohodnocovací funkce – pak vybrat ten nejlepší. Chceme-li vyvinout lepšího hráče s tímto modelem, máme dvě možnosti. Buď prozkoumat větší množství tahů, více do budoucnosti a tak mít možnost se lépe rozhodnout (sem patří především různé metody pro prořezávání neperspektivních větví výpočtu, alfa-beta redukce apod.) nebo se snažit lépe ohodnotit jednotlivé tahy (nejlépe oboje). V tomto dokumentu je popsán pokus o vytvoření počítačového hráče starobylé hry Senet. Tato strategická hra bylo velmi oblíbená v dávném Egyptě již od roku 3100 B.C. a zřejmě v té době hrála podobnou roli jako dnešní šachy. Na rozdíl od šachu, a podobných her s úplnou znalostí, a podobně jako vrhcáby obsahuje Senet jak strategické prvky tak i notnou dávku náhody. Tento pravděpodobnostní prvek komplikuje běžné postupy procházení možných tahů. Autoři použili genetické algoritmy pro vyšlechtění ohodnocovací funkce z počáteční populace náhodných funkcí. Fitness jedinců bylo určováno na základě turnajů a podařilo se vyvinout hráče, kteří tuto hru hrají relativně dobře.

## Algoritmus

Ve hře Senet každý tah začíná házením dřívěk, které určí množinu tahů, které musí hráč v jednom kole použít. Hráč pak musí vybrat kameny a pořadí v jakém tahy zahraje (pravidla hry můžete nalézt na konci – podrobněji pak v [2]). Autoři reprezentují každého hráče jako funkci. Program pak může v každém kole vygenerovat množinu tahů, aplikovat ohodnocovací funkci na výsledné šachovnice a pak zahrát tahy v určeném pořadí.

Jak navrhuje Koza v [3] jedinci jsou funkce v LISPu vytvořeny ze základních funkcí a konstant. Autoři jako základní vybrali:

- podmínka *if*
- logické operátory *and, or, not*
- skupiny funkcí pro zjišťování informací o šachovnici, jako je obsah konkrétních polí šachovnice, počet možných tahů, funkce pro zjištění počátečního bodu tahu a jeho délky, apod.
- konstanty 1 až 30 pro očíslování políček šachovnice a pro vyjádření dalších numerických vztahů
- aritmetické operátory  $+$ ,  $-$ ,  $*$

Fitness jedinců byla určována na základě turnaje. Náhodně byly vybráni dva jedinci, byly sehrány tři zápasy a ten jedinec, který vyhrál dvakrát byl prohlášen za vítěze a pokračoval do dalšího kola turnaje. Poražení v každém kole měli stejnou fitness. Protože Senet může teoreticky trvat neomezeně dlouho, byla uměle délka hry zkrácena na 500 kol, v případě, že hra do té doby neskončila, byl vítěz určen náhodně (na testovacím vzorku 38 000 her se ale ukázala průměrná délka hry kolem 150 kol, takže omezení na 500 je s rezervou).

Selekce pro reprodukci a křížení pak byla prováděna poměrně k fitness, přičemž jedna osmina populace byla reprodukována z předchozí populace (elita) a zbytek doplněn křížením. Pro každého reprodukováného jedince byla navíc šance jedna osmina, že dojde k mutaci. Při mutaci byl náhodně vybrán podstrom ve funkci jedince a byl nahrazen náhodnou funkcí (vytvořenou stejným způsobem jako při inicializaci populace). Operátor křížení vybral náhodně jednoho z rodičů jako základního. Kořen funkce tohoto rodiče bude mít alespoň dva podstromy. Jeden bude vybrán, pokud je to terminál, dojde v tomto místě ke křížení a podstrom bude nahrazen náhodným podstromem z druhého rodiče. Pokud ne, je šance na křížení jedna třetina, pokud k tomu nedojde, je prohlášen za kořen a celý proces pokračuje u jeho synů.

Iniciální populace byla vytvořena náhodně a to tak, že za kořen každého jedince byla zvolena funkce se dvěma parametry, parametry byly dosazeny náhodně. Pokud to byly opět funkce, náhodně byly vybrány další parametry, ... Celý proces končí, když funkce končí terminály, což jsou konstanty 1..30 nebo funkce, které už nepotřebují žádné argumenty. Délka jedince nebyla nijak omezena. Všechny populace měli 512 jedinců.

*Poznámka:* autoři článku úmyslně neomezili délku jedince, prý z experimentálních důvodů. To ovšem vedlo k tomu, že vznikali nadměrně dlouzí jedinci a tak celý proces končil po cca 30 generacích přetečením paměti.

## Výsledky

Jak hodnotit výsledky hry, pro kterou nejsou známy žádné „klasické“ metody, které by posloužily jako objektivní porovnání? Pro účely turnajů soupeřili hráči mezi sebou, ale jak zjistit, že poslední vítěz hraje hru skutečně nějak objektivně dobře?

Pro porovnání kvality konečného řešení byli vytvořeni „referenční“ hráči. Nejprve 8 náhodných jedinců (RND1 až RND8) a pak ještě pět ručně vytvořených hráčů (HC1 až HC5). Tito hráči používají kombinace následujících strategií (viz [pravidla hry](#)):

- minimalizuj počet protivnickových kamenů
- maximalizuj počet vlastních kamenů
- vyhni se pasti
- umísti protivníka do pasti
- maximalizuj vzdálenost mezi protivníkem a cílem
- seber protivníkův kámen
- vytvoř barikádu

Na následujících grafech můžeme vidět jak si jedinci vedli. Porovnání bylo nejprve uděláno s vítězi dvou populací náhodných hráčů (First Unseeded, Second Unseeded). Porovnávání hráči byli vítězi po 33 resp. 30 generacích (pak už došlo k přetečení paměti). Hráči vítězili nejméně v 145 z 200 zápasů s náhodnými jedinci. Na druhém obrázku jsou vidět výsledky zápasů s ručně vytvořenými jedinci. Podstatně lepších výsledků dosáhli ale jedinci kteří byli vytvořeni z populace, kam bylo zaneseno 8 ručně vytvořených hráčů. Na obrázku jsou tito jedinci označeni jako First Seeded, resp. Second Seeded.

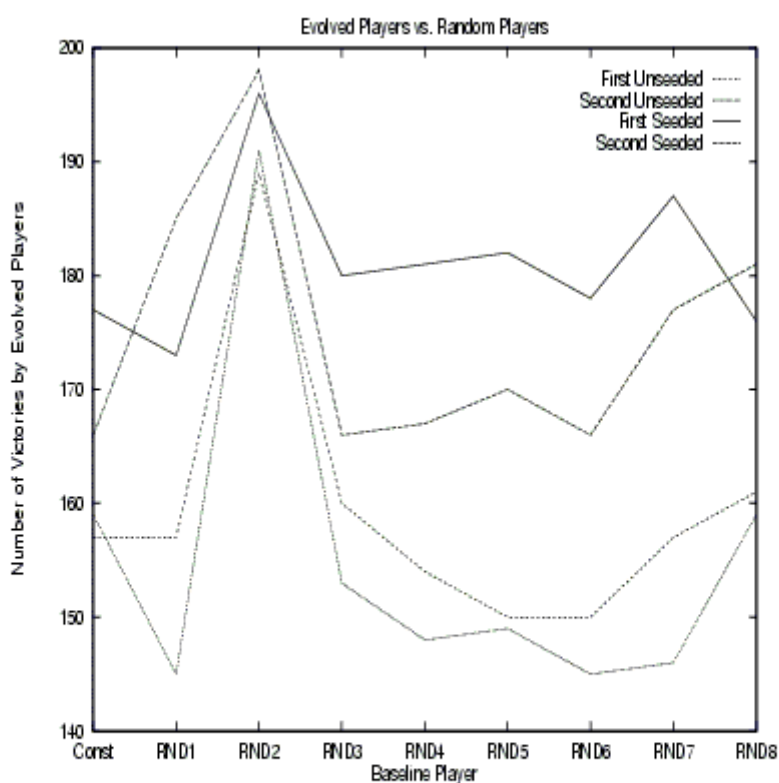


Fig. 1: Evolved Players vs. Random Players

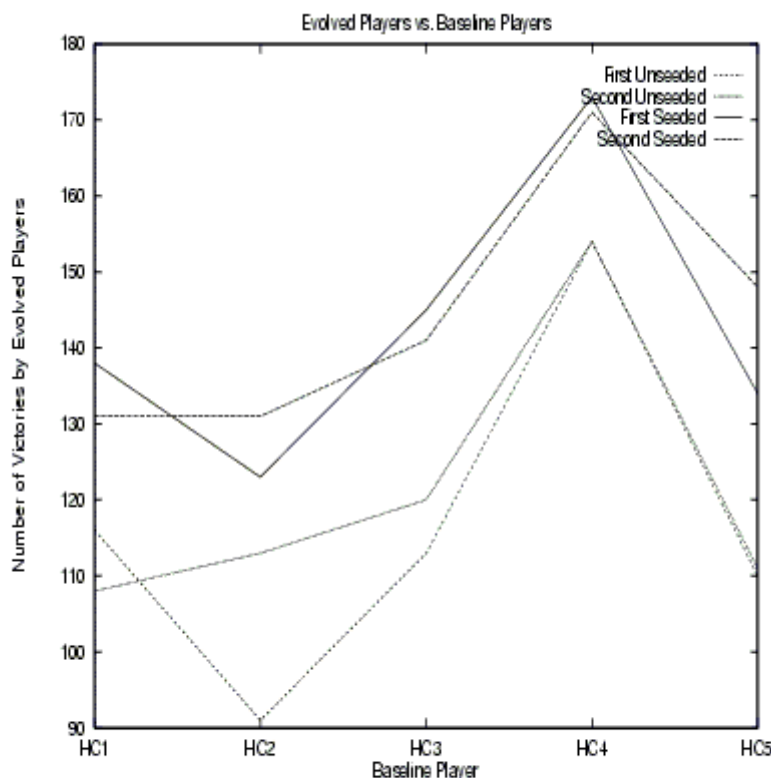


Fig. 2: Evolved Players vs. Handcrafted Heuristics

## Závěr

Byly použity genetické algoritmy pro vytvoření ohodnocovacích funkcí pro hraní „neznámé“ hry Senet. Přestože bylo použito jen cca 30 generací, byli výslední hráči lepší než referenční hráči a než náhodní hráči, i když ne moc výrazně. Asi můžeme očekávat, že by výsledky byly lepší, kdyby vývoj mohl pokračovat větší počet generací. To bohužel nebylo možné, protože jedinci brzy narostli tak, že zahltili dostupnou paměť. Autoři se ale přesto domnívají, že tento experiment ukázal, že genetické algoritmy jsou schopné vyvinout „dostatečně“ dobré hráče i tam, kde o hře a její strategii nemáme moc informací.

## Reference

- [1] Gabriel J. Ferrer, W. N. Martin. *Using Genetic Programming to Evolve Board Evaluation Functions*, <http://www.cs.virginia.edu/~gjf2a/research/papers/senet.ps>
- [2] Catherine Soubeyrand. *The Game of Senet*, <http://www.gamecabinet.com/history/Senet.html>
- [3] John R. Koza. *Genetic Programming: On the Programming of Computers by Means of Natural Selection*. MIT Press, 1992.
- [4] Kendall Timothy, *Passing Through the Netherworld : The Meaning and Play of Senet, an Ancient Egyptian Funerary Game*, 1978 Belmont, The Kirk Game Company

## Pravidly hry Senet

Pravidla hry a další informace o Senet nejlépe najdete na [Webu \[2\]](#).  
Následuje stručný přepis pravidel podle Kendalla, tak jak jsem je pochopil ja.

### Rozmístění

- hra pro dva hráče, dvě sady kamenů – bílé a černé
- hraje se na šachovnici 3 x 10 polí
- na začátku je všech 7 kamenů každého hráče umístěno střídavě na začátku šachovnice
- kameny postupují po šachovnici nejprve zprava doleva, v druhé řadě zpátky a v poslední zase opačně

### Cíl hry

- dostat všechny své kameny mimo šachovnici

### Určení tahů

- používají se 4 házecí dřívka, nebo mince
- možné výsledky jsou:  
1110: posuň o jedno pole a další hod  
1100: posuň o dvě pole, konec kola  
1000: posuň o tři pole, konec kola  
0000: posuň o čtyři pole a další hod  
1111: posuň o pět polí a další hod

### Tahy

- hráč může táhnout jen na prázdné pole, nebo na pole, kde je nechráněný soupeřův kámen
- kámen je chráněný má vedle sebe (hned před sebou, nebo hned za sebou) souseda stejné barvy
- pokud je nechráněný kámen zasažen, vymění si místo s protivníkovým
- pokud hráč nemůže táhnout dopředu, musí táhnout dozadu o stejný počet polí, pokud při tom zasáhne soupeřův kámen, vymění si s ním místo

### Konec hry

- speciální pravidla pro pole 26 až 30
- hráč se musí zastavit na poli 26 (Beautiful House)
- z něj se může dostat na základě těchto pravidel:

hodí-li

5: jde hned ven

4: jde na 30, libovolným dalším tahem ven

3: jde na 29, ven dalším hodem 2

2: jde na 28, ven dalším hoden 3

### Water House

Water house je pole 27. Je to past. Hráč se sem může dostat, pokud hodí 1 z pole 26, nebo pokud ho vystrčí protivník. Pokud je hráč v pasti, ztrácí kolo. Pokud v dalším kole hodí 4, jde kámen rovnou z šachovnice pryč, jinak je přesunut na pole 15 nebo na nejbližší volné pole před ním. Navíc, v té době má hráč všechny ostatní kameny nechráněné.