

# INVESTIGATION OF SOKOBAN GAME USING GENETIC ALGORITHMS

**Leona Nezvalová**

Bachelor Degree Programme (4), FIT BUT

E-mail: xnezva02@stud.fit.vutbr.cz

Supervised by: Miloš Minařík

E-mail: iminarikm@fit.vutbr.cz

**Abstract:** This paper proposes an automatic Sokoban solver based on genetic algorithms. Emphasis is placed on the chromosome representation, that helps to deal with main problems related to automatic solving - size of a state space and presence of deadlocks. These problems are also addressed by specialized crossover operation and fitness function.

**Keywords:** genetic algorithm, Sokoban, reactive string

## 1 ÚVOD

Sokoban je logická počítačová hra vytvořená roku 1981. Díky jednoduchým pravidlům, prosté grafické prezentaci a rozsáhlému stavovému prostoru hra rychle získala popularitu a stala se nejen oblíbenou výzvou pro hráče, ale i pro oblast inteligentních systémů.

Cílem tohoto článku je prezentace návrhu automatizovaného řešení založeného na principech genetických algoritmů. V minulosti již byla navržena automatická řešení pomocí vyhledávacích algoritmů (A\*, IDA\*, DFS, BFS) [3]. Méně zkoumaným přístupem jsou právě genetické algoritmy. Návrh studie [2] je sice schopný řešit jednoduché instance Sokobana, ale stále nechává prostor pro experimentování a navrhuje další postupy, které však nebyly implementovány.

## 2 PROBLEMATIKA HRY

V této části se seznámíme s problematikou hry Sokoban. Nejprve jsou specifikována pravidla hry a její cíle. Dále jsou zde popsány problémy, které se mohou vyskytnout a jsou zásadní pro tvorbu automatického řešení.

### 2.1 PRAVIDLA HRY

Hrací plocha se skládá ze čtvercových polí. Každé z nich nabývá jednoho ze šesti typů (zed', podlaha, agent, bedna, cílové místo, cílové místo s bednou). Agent je na hrací ploše pouze jeden a počet cílových míst je shodný s počtem beden. Bedny i agent se mohou pohybovat pouze po podlaze. Základním cílem hry je přesunout všechny bedny pomocí agenta z počátečních pozic na místa cílová. Bedny lze pouze tlačit, nikoli táhnout a každým pohybem lze přesunout nejvýše jednu bednu. Možný směr pohybu je určen jako čtyřokolí.

### 2.2 UVÁZNUTÍ

Uváznutí je stav hrací plochy, který vznikne přemístěním bedny na určité místo, ze kterého nelze hru dokončit. Uváznutí budeme dělit na statická a dynamická.

Statickým uváznutím rozumíme umístění bedny do rohu plochy nebo ke stěně, která je spojnicí mezi dvěma rohy. Takováto místa označíme již při inicializaci hrací plochy, čímž se zmenší stavový prostor.

Dynamické uváznutí vzniká v průběhu hry a je ovlivněno i rozmístěním ostatních beden a agenta. Jeho rozpoznání je tak problematické a budeme se mu dále věnovat v následující kapitole.

### 3 NAVRŽENÁ ŘEŠENÍ

V následující nalezneme návrh realizace automatického řešení hry Sokoban pomocí genetických algoritmů. Hlavním cílem těchto návrhů je řešení problémů uvedených v předchozí kapitole. Dále by tyto postupy měly mít pozitivní vliv na rychlost hledání řešení a jeho výslednou kvalitu.

#### 3.1 REPREZENTACE JEDINCE

Jedinec reprezentuje jedno kandidátní řešení, tzn. pohyb agenta po ploše, zakódovaný pomocí celočíselných hodnot. Vzhledem k rozsáhlému stavovému prostoru by použití čistě náhodného přístupu vykazovalo pomalou konvergenci a hledání řešení by se stalo časově náročným. Agentovi je tedy třeba přidat základní inteligenci. Nabízí se tak reprezentace typu reaktivní řetězec [1].

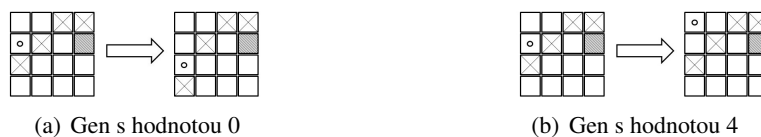
U reprezentace typu reaktivní řetězec je agent schopen reagovat na stav hrací plochy. Vyhýbá se zbytečným pokusům přesunout se na políčko obsahující zeď a neposouvá bedny na označená políčka, která by způsobila statické uváznutí. Dynamická uváznutí lokálního rozsahu (skupina beden sousedících hranou) agent rozpoznává pomocí rekurze, kde zjišťuje pohyblivost beden ve čtyřkole, počínaje místem na které má být přesunuta bedna.

Agent si zaznamenává i svůj předchozí tah a vyhýbá se tak zbytečným pohybům tam a zpět bez posuvu bedny.

Každá celočíselná hodnota chromosomu je samostatný gen, který může nabývat osmi typů hodnot (0 - 7), logicky rozdělených do dvou skupin:

- tlač bednu (0 - 3) - primárním úkolem agenta je posunout bednu (obrázek 1(a)), pokud to není možné, agent se zachová dle typu přesuň se
- přesuň se (4 - 7) - úkolem agenta je přesunout se bez posuvu bedny, tah směrem zpět je proveden pouze pokud je jediný možný (obrázek 1(b))

Agent ve svém čtyřkole postupně označí všechny vhodné bedny nebo volné pozice, počínaje horním políčkem ve směru hodinových ručiček. Hodnota genu pak určuje pořadí označeného políčka, na které se agent přesune.



**Obrázek 1:** Obrázek (a) znázorňuje tah agenta pro gen s hodnotou 0, která značí posuv první možnou bednou - bedna pod agentem. Posuv bednou napravo od agenta by způsobil dynamické uváznutí. Obrázek (b) znázorňuje tah agenta pro gen s hodnotou 4, která značí přesun skladníka prvním možným směrem. Agent je označen kolečkem, bedny křížkem a zdi jsou vyšrafovány.

### 3.2 VARIČNÍ OPERÁTORY

Použití variačního operátoru křížení bývá často problematické. Chromozomy, jejichž geny tvoří logické bloky, mohou být náhodným n-bodovým křížením rozbity - křížením vzniká sice nový jedinec, ten však nedědí vlastnosti svých rodičů [1]. Tento problém se týká i reprezentace řešení hry Sokoban. Fenotyp chromozomu totiž není dán pouze jeho geny, ale i stavem hrací plochy. V úvahu budeme brát tedy i stav hrací plochy, který je pro potřeby křížení dán pozicí agenta na ploše. Při samotné operaci křížení je v každém z rodičů náhodným způsobem určen bod v chromosomu. Bod u prvního z rodičů označuje jeho bod pro křížení. U druhého z rodičů se posouváme od bodu oběma směry a hledáme nejbližší pozici genu, která označuje stejný stav plochy jako u prvního rodiče. Vzniknou tak 4 úseky chromosomu, ze kterých jsou vytvořeni 2 potomci, kteří mohou mít odlišnou délku než jejich rodiče.

Mutace je aplikována s určitou pravděpodobností na každý gen potomků. Vhodná hodnota této pravděpodobnosti leží v intervalu 0.05 až 0.1, její přesné stanovení bude cílem experimentů.

### 3.3 FITNESS OHODNOCENÍ

Největší váhu pro fitness ohodnocení má počet beden umístěných na cílových místech. Dalším parametrem, který ovlivňuje kvalitu jedince, je počet beden umístěných na místech označených jako blízká k místu cílovému. Takováto místa jsou definována vodorovnou nebo svislou přímkou procházející místem cílovým.

Po ohodnocení celé populace je udělováno penále za délku řešení. Jedinci jsou roztrženi do skupin dle počtu beden na cílových místech a následně seřazeni podle délky chromosomu. Nejkratší chromosom ve skupině dostává plný počet bodů, s každým dalším místem penalizace narůstá o jeden bod, maximálně však tak, aby udělené body nebyly záporné. Stejným způsobem je upraveno hodnocení dle počtu beden na místech blízkých místům cílovým.

Tímto způsobem lze zvýhodnit řešení s kratší délkou a najít tak optimální řešení. Větší váhu má však stále počet beden umístěných na cílových nebo jim blízkých místech.

Posledním faktorem pro fitness ohodnocení je detekce dynamických uváznutí, které agent nebyl schopen rozpoznat. Pokud fitness funkce zjistí, že během řešení rozmístění beden po určitou dobu (určenou dle velikosti hrací plochy) stagnuje, fitness ohodnocení jedince klesne.

## 4 ZÁVĚR

Článek navrhuje automatické řešení hry Sokoban pomocí genetických algoritmů. Velký důraz je kladen na reprezentaci chromozomu a chování agenta, který je schopen vyhýbat se některým nežádoucím tahům. Tím zmenšuje stavový prostor a urychluje konvergenci ke správnému řešení. Dále byly navrženy rozšíření spojená s variačními operátory a výpočtem fitness ohodnocení. Positivní vliv navrženého principu operace křížení musí být ověřen s přístupem kdy je použit pouze operátor mutace.

## REFERENCE

- [1] Ashlock, D.: Evolutionary Computation for Modeling and Optimization. Springer 2004, ISBN 978-0-387-22196-0.
- [2] Ashlock, D., Schonfeld, J.: Evolution for automatic assessment of the difficulty of Sokoban boards. In: Congress on Evolutionary Computation, 2010, s. 1-8.
- [3] Junghanns, A., Schaeffer J.: Sokoban: Enhancing General Single-Agent Search Methods Using Domain Knowledge. In: Artificial Intelligence, ročník 129, 2001, s. 219-251.