

## Problém rozestavení osmi dam na šachovnici: alternativní řešení metodou *hill-climbing*

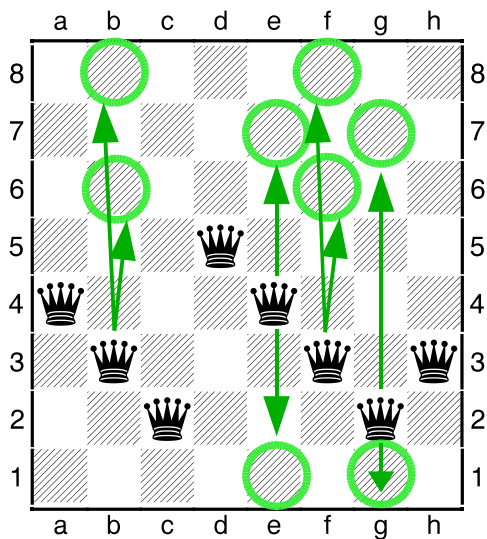
### Úloha č. 4 pro cvičení k předmětu Vybrané kapitoly z umělé inteligence

**Zadání:** Implementujte v libovolném programovacím jazyce heuristiku *hill-climbing* (slézání kopce), zmíněnou na přednášce, pro uspořádání osmi vzájemně se nenapadajících dam na šachovnici 8x8. Své řešení otestujte na příkladu uvedeném níže (levá šachovnice) a dále navrhněte ještě nějakou jinou testovací pozici; můžete např. využít data z minulé úlohy č. 3, kde byl tentýž problém řešen pomocí metody *min-konflikt*. Vyhodnoťte svá řešení—zjistěte průměrný počet kroků pro nalezení výsledku, nárůst jejich počtu při výskytu 2, 3 nebo více konfliktů, apod.

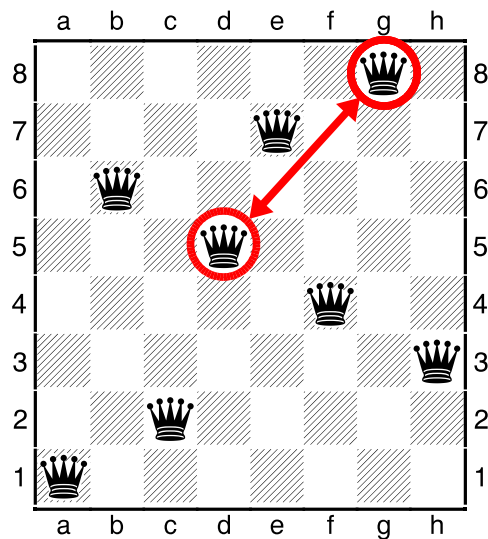
Pozn.: *hill-climbing* je v principu jednoduché hledání cesty k řešení, kdy agent vidí pouze do omezené vzdálenosti, které *následující* stavy má k dispozici, a zvolí jako další stav ten, který momentálně vypadá nejslibněji z hlediska zlepšení situace, v níž se nachází (*greedy search*, lačné vyhledávání). Metoda patří k nejzákladnějším tzv. lokálním vyhledávacím technikám: současný stav (uzel) je nahrazen stavem (uzlem) tvořeným nejlepším viditelným sousedem (uzlem), který má ze všech viditelných sousedů nejvyšší hodnotu. Globální maximum vidět není, nejlepší momentálně viditelný soused *může* být maximem lokál-

ním a obecně hrozí uváznutí v lokálním extrému neznámé funkce. Další nebezpečí hrozí v případě, kdy okolní nejbližší stavy mají všechny stejné vyšší hodnoty (“náhorní planina”), takže nelze jednoznačně určit, kterým směrem se má agent vydat—cílem je “lézt do kopce”, tj. zvyšovat hodnotu dosud nalezeného řešení (optimum je v globálním extrému, jehož nalezení *není* zaručeno). Také když se objeví “hřeben” pohoří (směřující velmi zvolna vzhůru), vede to obvykle k sekenci lokálních extrémů.

*Hill-climbing* je cyklus, který posouvá agenta neustále do nějakého dalšího stavu s vyšší hodnotou. Konec vyhledávání není jednoznačný—agent může skončit, pokud nevidí nikde kolem sebe lepší stav, než v jakém právě je, ale to nemusí znamenat, že lepší stav není: např. ocitne-li se na “náhorní planině” a vlivem “zamlženosti” krajiny (prohledávaného prostoru) nevidí, že někde je ještě možné šplhat dál vzhůru. Heuristika *nepoužívá* vyhledávací strom (není zapotřebí rozsáhlá paměť), je rychlá, ale často uvázne v lokálním extrému. Existují různá vylepšení, např. pro umělé neuronové sítě, ale odstranit všechny nedostatky nelze.



Jedna z možných pozic s mnoha  
napadajícími se dámami  
( $h = 17$  napadajících se dvojic)



Příklad uváznutí v lokálním extrému  
po nalezení zlepšené pozice  
( $h = 1$  napadající se dvojice)

Pozn.: Globální extrém je definován pro  $h = 0$ . Generování následných stavů je zde pohybem dam po sloupcích. Všechny následné stavy, z nichž se vybírá další krok směrem k optimu, lze vytvořit změnami pozic dam postupně: sloupec  $a$ , sloupec  $b$ , ..., sloupec  $h$ . Každý stav má  $8 \times 7 = 56$  následníků. Je-li více ekvivalentních nejlepších následných stavů, pak se následník zvolí náhodným výběrem (proto bývá vhodné vyzkoušet *hill climbing* několikrát; jiný náhodný výběr se může později vyhnout uváznutí v lokálním extrému). Zelené kroužky  $\odot$  na levé šachovnici označují potenciální následníky s  $h = 12$ ; tyto stavy vzniknou pro některé dámy (sloupce  $b, e, f, g$ ). Ostatní (zeleně neoznačené) možné následné stavy zde mají  $h$  mezi 13 a 18, tj. lokální extrém je zde dán pro  $h = 12$ ; do globálního extrému pak mohou vést další kroky. Na pravé šachovnici je červeně označeno dosažení *lokálního* extrému, v němž může systém uváznout.