

## Лекция 3: Евристично търсене в пространство от състояния

**евристична функция (евристика):** функция, оценяваща броя ходове от дадено състояние до цел(та) или стойността на пътя до нея. Изисквания: да е равна на 0 в целевите състояния и изчисляването ѝ да не е свързано с голям разход на време и памет.

Евристичното търсене не съкращава експоненциалната сложност на задачата ( $O(b^d)$  в най-лошия случай), но позволява ефективното намиране на оптимално решение на средна по трудност задача или на неоптимално решение на произволна задача.

### 1 Алгоритми за евристично търсене

Търсене от(към) най-доброто състояние (best-first):

- “лакомо” търсене (greedy search):
    - развива се състоянието, в което стойността на евристичната функция е минимална. Стратегията е ефективна, но не е нито пълна, нито оптимална.
    - вариант: търсене в лъч (beam search):
      - \* фронтът се образува само от  $n$  най-добри активни състояния ( $n$  е ширината на лъча или размерът на прозореца), останалите се игнорират. (Може да не намери решение дори в крайно пространство от състояния.)
      - \* вариант: метод на най-бързото спускане (hill climbing) — прозорецът е с размер 1. Стратегията напомня търсене в дълбочина, но с избор на наследника, ръководен от стойността на евристиката, и без обратен ход.
- Проблеми:
- локални екстремуми (local extrema)—състоянието е по-добро от съседните, но не е най-доброто в цялото пространство;
  - плата (plateaux)—съседните състояния изглеждат също толкова добри, колкото и текущото;
  - хребети (ridges)—никой ход не води до по-добро състояние, макар че два или повече последователни хода биха могли.

- алгоритъм A\*: развива се състоянието, в което сумата от цената на изминатия път и стойността на евристичната функция е минимална.

Стратегията е пълна, ако разклоненията от всеки възел са краен брой и цената на преходите е положителна, и оптимална, ако евристиката е **приемлива** (оптимистична), т. е. ако никога не надценява стойността  $h^*$  на оставащия път ( $h^*(n) \geq h(n)$  за всеки възел  $n$ ).

### 2 Евристични функции

- Свойства и сравнение на евристиките.

$h_1$  **доминира**  $h_2$ , ако  $h^*(n) \geq h_1(n) \geq h_2(n)$  за всеки възел  $n$  (т. е.  $h_1$  е приемлива, но е по-реалистична от  $h_2$ ).
- Примери:
  - за задачата за намиране на път по карта: разстоянието по права линия от началната до крайната точка;

- за задачата с плъзгащи се плочки (“играта 8”, “играта 15”):
  - \* броят плочки, които още не са по местата си;
  - \* сумата от манхатанските разстояния между всяка плочка и мястото ѝ.
- Методи за създаване на евристики: абстракция (отслабване на ограниченията), комбиниране на две или повече евристики.

### 3 Задачи за задоволяване на ограничения

- Конструктивен метод: в началото променливите нямат стойности, но в процеса на решаването им се присвояват.

Евристики, намаляващи разклонеността:

- задаване на стойност на *най-ограничената променлива*,
- задаване на стойност на *най-ограничаващата променлива*,
- задаване на *най-малко ограничаваща стойност* на избраната променлива.
- Итеративно подобряване: на всички променливи се присвояват стойности по неопределен начин, след което се правят изменения, целящи да подобрят положението (да намалят броя на нарушените ограничения или да приблизят функцията до екстремалната ѝ стойност).

Стратегии:

- най-бързо спускане: всяка промяна е към по-добро състояние.
- симулирано прегряване (simulated annealing): някои промени са към по-лошо състояние, но честотата на тези промени и амплитудата на влошаването намалява с времето (с изстиването на материала, сумарната енергия на чиито атоми се стремим да доведем до минимум). Случайно избран ход се прави безусловно, ако той намалява енергията, и с вероятност  $e^{-\Delta E/T}$ , ако я увеличава с  $\Delta E$  при температура  $T$ . Параметри: начална температура, разписание на охлаждането (закон, по който намалява температурата).

Евристики, максимизиращи подобрението:

- променяне на стойността на *най-конфликтната променлива*,
- избиране на *най-малко конфликтната стойност* за нея.