Изкуствен интелект—Зимен семестър 2002/2003. Преподавател: Иван А. Держански.

Лекция 2: Решаване на задачи чрез търсене в пространство от състояния

1 Обосновка на метода

За да удовлетворят определена цел, агентите трябва да изпълнят последователност от действия, които последователно променят средата до достигане на целевото ѝ състояние. За това е необходимо формално представяне на състоянията на света (агент + среда).

Начини за реализация:

- Таблица от двойки "състояние–действие", пълно описващи всички възможни състояния и съответните правилни действия.
  - Това не снема въпроса за решаването на задачата, само го прехвърля на друг агент, който трябва да построи таблицата.
  - Построяването на такава таблица може да се окаже трудоемка задача, ако броят на състоянията е голям, или неизпълнима, ако е безкраен.
  - Съхранението и използуването на таблицата може да изисква значителни разходи на памет или време за достъп.
  - Внасянето на основни изменения в таблицата (в случай на промяна на условията или с цел прилагането ѝ за решаване на друга подобна задача) е практически невъзможно.
- Използуване на знания за моделиране на състоянията на света и за начина, по който действията биха ги променили — *симулиране на изпълнението на действия с цел намиране на последователност, която води до целевото състояние.* Това обикновено се прави чрез **търсене в пространство от състояния**.

2 Формализация на задачата

- Постановка:
  - състояния (възможни, начално);
  - възможни действия (оператори);
  - едно или повече целеви състояния или тест за проверка на достигането им.
- Търси се: последователност от оператори, чието последователно прилагане води от началното до целевото състояние.

Началното състояние и множеството оператори определят крайно или безкрайно пространство от състояния, състоящо се от състоянията на света и преходите между тях, които могат да бъдат резултат от прилагането на оператори.

3 Примери

- Търсене на път между два града по карта.
- Задачата за селянина, вълка, козата и зелката.
- Играта с 8 (или 15) плъзгащи се плочки.
- Реални задачи: търговски пътник, проектиране на чипове, управление на роботи.

4 Две основни категории задачи

4.1 Търсене на целево състояние

Състоянията, до които има известен път, образуват **дърво** (или в общия случай **граф**) **на търсене**. (В началото то се състои само от началното състояние.) Агентът избира едно състояние и го **развива** (определя до какви други състояния може да се стигне от него чрез прилагане на възможни оператори и ги добавя към дървото на търсене). Това се повтаря до откриване на целево състояние.

Изборът на състоянието, което ще се развива, зависи от стратегията (алгоритъма) на търсене. Стратегиите

- се делят на
  - неинформирани, с пълно изчерпване (uninformed, exhaustive),
  - информирани, евристични (informed, heuristic);
- се оценяват по
  - цената на пътя (online cost),
  - цената (сложността) на търсенето (offline cost).

4.2 Удовлетворяване на ограничения (constraint satisfaction)

- Множество от променливи (с области на стойностите).
- Множество от ограничения (допустими/недопустими комбинации от стойности на променливите — двойки, тройки и т. н.).
- Целево състояние (състояния) — множество от стойностите на всички променливи, които не нарушават ограниченията.
- Примери: задачата за 8-те царици, криптоаритметика (SEND+MORE=MONEY).
- Алгоритми: търсене с обратен ход (backtracking), разпространяване на ограниченията (forward checking).

5 Алгоритми за пълно изчерпване

- Общ алгоритъм — реализация чрез използване на някаква структура от данни, в която се съхранява **фронтът** на дървото на търсене (множеството от активни състояния — тези, които още не са развити).
- Характеристики на алгоритмите за търсене:
  - пълнота,
  - оптималност,
  - сложност
    - по време = брой изследвани възли,
    - по памет = максимален размер на фронта.

  Избягване на повторения и зацикляне.
- Параметри на дървото на търсене: дълбочина d, разклоненост b.

- Търсене в ширина (breadth-first) — използува се опашка. Търсенето е пълно и оптимално, но е скъпо (експоненциално).

  Вариант: търсене с равномерна цена на пътя (uniform cost search) — сортиране на опашката по цената на изминатия път вместо по броя ходове.

- Търсене в дълбочина (depth-first) — използува се стек. Търсенето е евтино (линейно), но не е нито пълно, нито оптимално.

  Вариант: итеративно търсене по нива (iterative deepening). Развиват се до $\frac{b^{d+1}-1}{b-1}$ възела, или $\frac{b}{b-1}$ пъти повече, отколкото при търсене в ширина.