

## 9.МЕТОДИ ЗА ТЪРСЕНЕ.

### 9.1.Въведение.

Решаването на задачи в системите с изкуствен интелект (СИИ) се свежда до използване на различни методи за търсене.

Според хипотезата на Нюел и Саймън:

1. Символните системи притежават необходимите и достатъчни средства за реализирането на интелектуални действия.

2. Решаването на задачи може да се представи във вид на символни структури.

3. Системите, които работят със символни структури, решават задачи чрез търсене, като генерират потенциални решения и ги видоизменят докато удовлетворят условията на търсеното решение.

Най-общата постановка на търненето в СИИ може да се формулира по следния начин:

Съществуват множество от елементи, които могат да бъдат и структурирани по определен начин. Необходимо е да се намери един или няколко от тези елементи. Търсеният елемент (или елементи) отговаря на конкретни изисквания, които могат да го описват изцяло или само отчасти.

В СИИ търсенето се среща в най-разнообразни форми, например:

- търсене на конкретен факт;
- търсене на стойност на променлива;
- търсене на фрейм с близки характеристики;
- търсене на продукция в база от продукции;
- търсене на конкретно състояние в пространството на състоянията
- търсене на решение, което отговаря на определени изисквания и т.н.

Характерно за системите СИИ е, че търсенето се осъществява в големи пространства. Следователно необходимо е да се използват ефективни методи за реализиране на търсенето.

### 9.2. Необходими предпоставки за ефективно търсене.

Преди всичко какво означава ефективно търсене? Ефективно търсене означава търсенето да завърши колкото се може по-бързо или по-добре формулирано: решението да бъде намерено за приемливо време. Понятието “приемливо време” е силно зависимо от редица конкретни обстоятелства.

#### 1.Избор на подходящо пространство за търсене.

Решението трябва да съществува и пространството, в което се търси, трябва да съдържа това решение.

Преди всичко трябва да се отговори на въпроса дали задачата има решение и едва след това да се постави въпроса как да се търси решението?

Дори в най-точната от точните науки – математиката-съществуват задачи, които:

- винаги имат решение;
- имат решение при наличието на определени ограничения;
- по принцип нямат решение;
- не може да се каже дали нямат решение или решението все още не е намерено.

#### 2. Винаги, когато е възможно, да се използват за управление на процеса търсене знанията, с които се разполага.

Дори към решаването на обикновена житейска задача, например търсене на загубени очила, едва ли някой ще подходи като раздели цялата суша на квадрати от  $1\text{m}^2$  и систематично ги изследва. Той по-скоро ще се опита да си

спомни къде е бил в последно време, с което значително ще съкрати пространството за търсене.

За да открием ролята на знанията при търсенето на решение нека се спрем на следната задача.

**Задача:** Търси се цяло, положително  $x$ , което удовлетворява уравнението  $x^2 - 2x - 9800 = 0$ .

Ако не разполагаме със специални знания, можем да търсим решението като най-напред систематично пробваме с  $x=1,2,3,\dots$  ( $1 - 2 - 9800 = -9801$ )

След няколко опита правим скок  $x = 1000$   
 $1000000 - 2000 - 9800 = 988200$ .

Сега знаем, че решението е по-малко от 1000 и делим на две и отново пробваме. Всеки път избираме онази област, в която очакваме да е решението и изоставяме другата. Така или ще намерим решението, или ще установим, че уравнението няма целочислено решение.

Ако знаем формулите за решаване на такива уравнения, директно ги прилагаме.

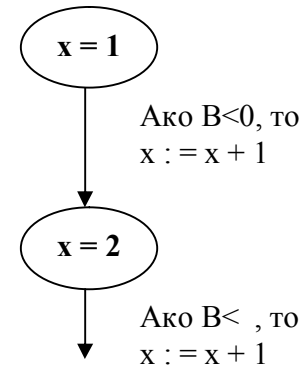
$$ax^2 + bx + c = 0; \quad x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Да обърнем внимание на два съществени момента при реализиране на търсенето:

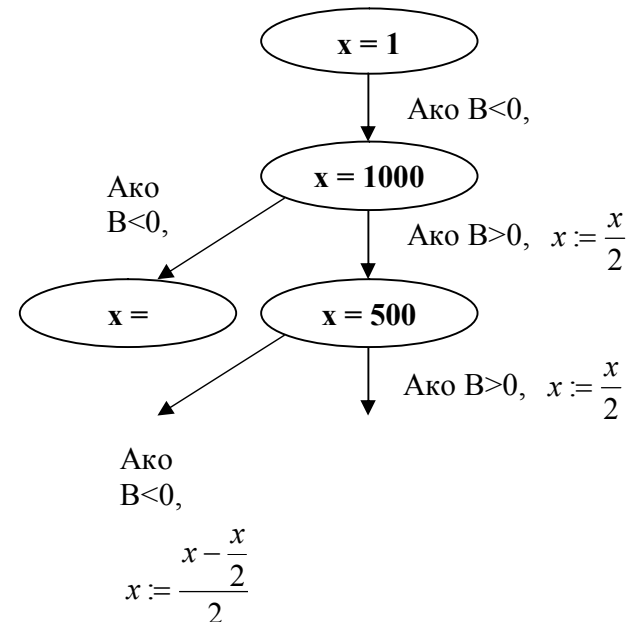
- да познаем решението след като се натъкнем на него;
- наличие на процедура за систематично изследване на елементите, сред които е и елементът решение на задачата.

Граф за генериране на възможни решения. Да означим с  $B = x^2 - 2x - 9800$

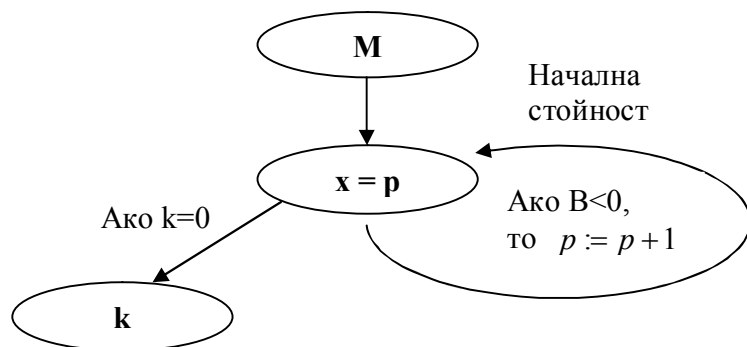
**А) Систематично изследване**



**Б) Делене на областта за търсене.**



По-добро представяне на процеса.



### 9.3. Структуриране на пространството за търсене.

При решаването на горната задача ние активно и целенасочено използвахме структурата на пространството на възможните решения. Нека сега се опитаме да структурираме едно предварително неясно ни пространство на решенията.

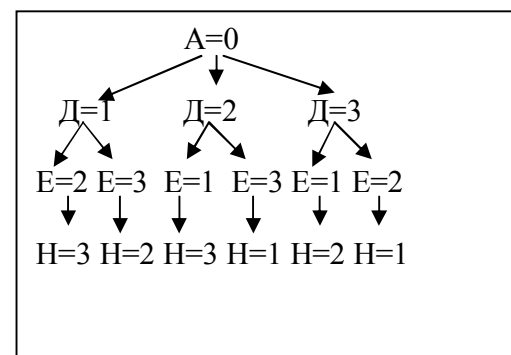
Да разгледаме криптографска задача в четворична позиционна бройна система.

ДА  
+  
НЕ  
—  
ЕЕЕ

а) строим пълното пространство на стойностите за А, Д, Е и Н

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 0123 | 1023  | 2013  | 3012  |
| 0132 | 1032  | 2031  | 3021  |
| 0213 | ..... | ..... | ..... |
| 0231 |       |       |       |
| 0312 |       |       |       |
| 0321 |       |       | 3210  |

б) структуриране на пространството



A=1                  A=2                  A=3

Всяко решение сега е път в граф.

Нашата цел е последователността от предполагаеми решения да е организирана разумно (а не случайно). Това би ни дало възможност да се реализира ефективно систематично търсене в границите на пространството за търсене.

От  $A+E=E$  следва  $A=0$ .

От позиционна бройна система се знае, че преносът може да бъде 0 или 1. Следователно  $E=1$ . За Д и Н останаха възможностите  $Д=2$  и  $Н=3$  или  $Д=3$  и  $Н=2$ . И двете възможности са решение.

Структурирането ни предостави възможност търсенето да се извършва систематично.

- без да се пропускат елементи

- без да се повтарят елементи

Същевременно успяхме да организираме търсенето насочено. Проверката на всеки елемент ни помага при избора на следващия елемент.

Получихме метод за търсене с две характерни особености:

систематично изследване на структурата тип дърво;  
често използвахме сведения от предметната област.

Необходимо е ясно да се разграничават две неща:

- формални алгоритми за търсене;
- неформално изразяване на знания за направляване на търсенето.

Използването на знанията може съществено да подобри формалните методи за търсене.

#### 9.4. Методи за неинформирано търсене върху граф.

Търсене по граф се характеризира със следното:

- елементи на търсенето са възлите;
- дъгите водят от един елемент към друг.

Особеностите на дървовидния граф:

- няма цикли;
- между два възела винаги има един единствен път;

го правят особено удобен за реализиране на търсене.

При реализиране на търсене са възможни различни интерпретации на графа, например:

а) Възлите представляват хипотетични решения, които трябва да се проверяват; дъгите са правила за намиране на нови възли.

б) Възлите представляват междинни резултати, а дъгите - допълнителни хипотези.

в) Възлите представляват състояния на процеса, а дъгите са действия, които могат да изменят състоянието; в този

случай началното и крайното състояние (възли са известни) и задачата е да се намери път между тях.

с) Възлите представляват пълната задача (корен) и подзадачите, на които тя може да се разбие, а дъгите показват как задачата и подзадачите са свързани една с друга; целта на търсенето е да се намерят подзадачи, които се решават леко и чиято комбинация от решения дава решението на цялата задача.

При различните интерпретации на графа логическата интерпретация на възлите може да бъде от следния тип.

- И-възел: възелът е достигнат (задействан), ако са достигнати (задействани) всичките му подвъзли (наследници)
- ИЛИ – възел: възелът е достигнат (задействан), ако е достигнат (задействан) поне един от подвъзлите (наследниците) му.
- И-ИЛИ-възел: за част от наследниците си е И възел, а за друга част от наследниците си – ИЛИ възел. Удобно е тези възли да се заменят с “чисти” И и ИЛИ – възли.

В зависимост от вида на възлите си дърветата могат да бъдат:

И-ИЛИ дървета (съдържат и И и ИЛИ възли);  
ИЛИ дървета;  
И дървета.

Дървото може да се зададе:

- явно – схема или сходно описание на цялото дърво
- неявно – задава се правило за нарастване на дървото, т.е. за намиране на наследниците на всеки връх от дървото.

Характерни особености на дърветата:

- всеки връх има краен брой наследници;

- дълбочината на дървото може да бъде и безкрайна;
- дъгите на дървото могат да имат стойности.  
(те могат да съответстват например на цени).

Целите на изчерпващото търсене по дървовиден граф могат да бъдат различни:

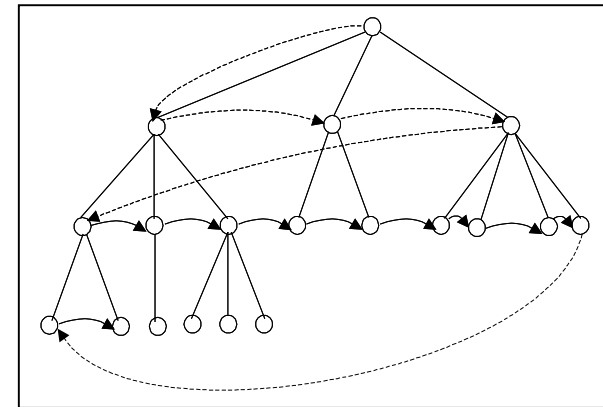
- Тръгвайки от корена се търси път до определен връх.
- Възможно е няколко възела на дървото едновременно да са цели на търсенето.
- Процедурата трябва да намира добро решение (път с минимална цена);

Използуваните варианти за търсене по дървовиден граф са следните:

- търсене в ширина;
- търсене в дълбочина.
- Смесени варианти.

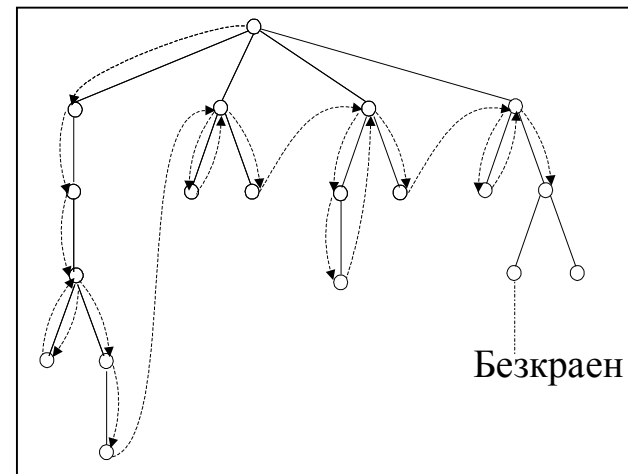
**\* Търсене в ширина.**

- Проверява се дали коренът не е търсеното решение;
- След това тази проверка се прави за всички върхове от второ ниво и т.н. докато се намери решението или се изчерпят всички върхове.



**\* Търсене в дълбочина.**

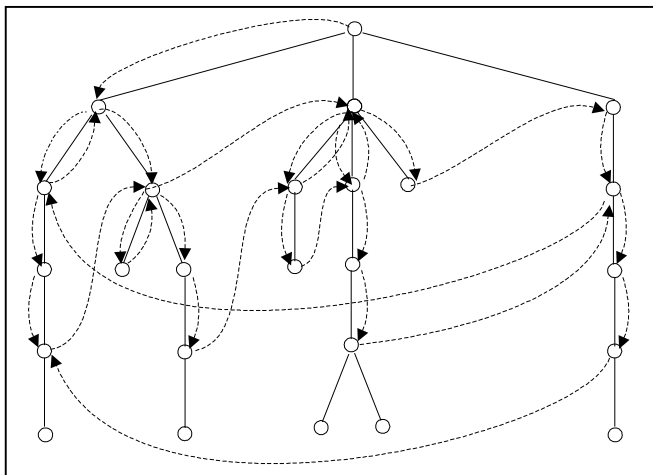
- избира се един клон и се изследва до края;
- ако целта не е постигната следва връщане до най-близкото разклонение, което не е изчерпано, и се тръгва по друг клон и т.н. докато се намери решението или се изчерпят всички върхове.



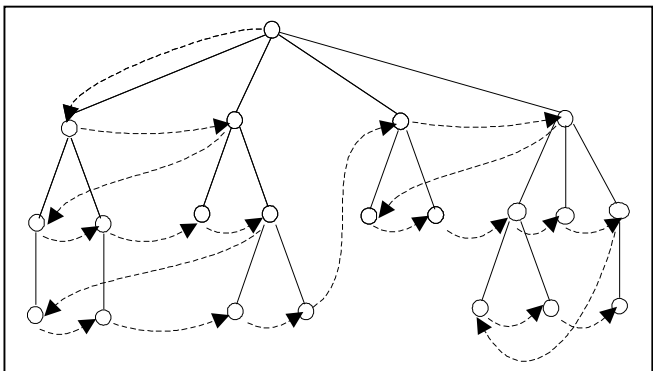
Процедурата не е универсална, тъй като е възможно да се попадне на безкраен клон.

**\* Търсене чрез постепенно спускане. (в дълбочина с ограничение)**

- първо се прилага търсене в дълбочина до определено ниво;
- ако не се намери решението, определя се нова дълбочина и се търси отново в дълбочина и т.н. до изчерпване на графа.



**\* Търсене чрез постепенно разширяване (в ширина с ограничение на ширината)**



Разгледаните дотук методи за търсене са от вида “търсене отгоре надолу”.

Наред с тях се срещат и методи за търсене “отдолу нагоре”. При тях се тръгва от листата и се върви към корена.

Понякога се прилага и смесена стратегия: първо се търси отгоре до определена дълбочина след това отдолу до определена височина и т.н.; редуването продължава докато се намери решението или се изчерпят всички върхове от графа.

### 9.5. Методи за информирано търсене.

Всички разгледани до тук методи могат да се нарекат методи за неинформирано търсене (сляпо търсене). Характерно за тях е липсата на каквито и да е сведения, които биха могли да насочват процеса на търсене, и той продължава до намиране на решение (целево състояние или състояния) или до пълното изчерпване на графа. Обобщеното описание на метода на пълното изчертаване в случай, че се работи в пространството на състоянията и то е дърво (ДС) има следния вид:

1. Генерира се следващото състояние от ДС в съответствие с избраната стратегия и се записва в списък
2. Сравнява се това състояние с елементите на множеството целеви състояния
3. Ако се намери съвпадение (намерено е решение) алгоритъмът спира. В противен случай се преминава към т. 1.

Трябва да се вземат мерки алгоритъмът да работи разумно време.

Когато се разполага с информация дали се приближаваме или се отдалечаваме от решението, естествено е тя да се използва за управление на процеса на търсене. В такива случаи търсенето може да се нарече информирано търсене.

Един често срещан случай на информирано търсене е случаят, когато в пространството за търсене може да се построи **оценъчна функция**. Например оценъчната функция ни дава възможност да определим изкачваме ли се или се спускаме. Нека приведем няколко метода за намиране на максимум при наличието на оценъчна функция.

#### Метод на изкачването

1. Оценява се началното текущо състояние. Ако то е целево, следва край, в противен случай това състояние става текущо състояние.

2. Следва цикъл от следните действия, докато се намери решение или се изчерпят възможностите за генериране на наследници на текущото състояние:

- а) генерира се наследник;
- б) проверява се дали той не е целево състояние; ако е целево състояние следва край;
- в) ако той не е целево състояние наследникът се оценява;
- г) ако оценката му е по-добра от тази на текущото състояние, то наследникът става текущо състояние;
- д) ако оценката е по-лоша цикълът започва отново със същото текущо състояние.

Забележка: За всеки генериран възел се записва неговия родител, за да може да се намери трасирания път до целевото състояние.

- е) ако се изчерпят възможностите за генериране на наследници на текущото състояние, следва връщане назад, т.е. текущо състояние става предишното текущо състояние.

Подобряване на този метод може да се постигне като използва следната идея. Разглеждат се всички наследници на дадено текущо състояние и този с най-висока оценка се приема

за ново текущо състояние, ако оценката му е по-добра от оценката на родителя.

#### Метод на най-бързото изкачване

1. Оценява се началното състояние. Ако е целево, следва край. В противен случай то се приема за текущо състояние.

2. Извършва се цикъл от следните действия докато се намери решение или се изпълни изцяло една стъпка от цикъла без да се изменя текущото състояние.

- а) генерират се и се оценяват всички наследници на текущото състояние; ако някой съвпада с целевото състояние, то следва край;
- б) намира се наследникът с най-добра оценка;
- в) ако оценката на наследника е по-добра от тази на текущото състояние, то той става текущо състояние;
- г) в противен случай работата на алгоритъма спира преди да е намерено решение.

Следва задействане на алгоритъма с друго текущо състояние, например някой от наследниците, който е с втора по големина оценка след най-добрата.

Множеството от върхове, измежду които се избира за следващо текущо състояние може да бъде доведено до предел - на всяка стъпка се избира най-добрия от всички генерирани и оценени до момента възли. Тази евристика работи за произволно пространство на състоянията и е може да се разглежда като избор на посока.

Методът може да се нарече метод на най-доброто изкачване. Той работи с два списъка:

О - генерирани и оценени върхове (подредени по големина на оценката).

U - използвани за генериране на наследници върхове.

1. Записва се начален връх в О. Ако той е целево състояние, следва край.

2. Докато се стигне до цел или се изчерпят елементите на  $O$  се повтаря следния цикъл:

а) избира се най-добрия връх от  $O$ , изключва се от  $O$  и се записва в  $U$ .

б) генерират се наследниците му;

в) за всеки от наследниците, ако той не е в списъците, се оценява и се записва в  $O$ .

### 9.6. Търсене на цел при ограничителни условия.

Накрая нека приведем един метод за търсене на цел при ограничителни условия. Пример за такива задачи са криптографските задачи. Решение е всеки набор от цифрови стойности на използваните символи, който удовлетворява аритметичната задача. Ограниченията в началото са наборът от използвани цифри. Всеки избор на стойност за конкретен символ добавя ново ограничение – тази цифра не може да бъде използвана като стойност за друг от символите. Добавянето на нови ограничения може да бъде наречено разпространяване на ограничителните условия. Ако не е достигнато до решение се прави хипотеза за някои нови символи. С това ограниченията се увеличават (засилват). Новите ограничения също се разпространяват и т.н. докато се достигне до решение, което удовлетворява всички ограничителни условия, или се получи непреодолимо противоречие. При достигане на противоречие се предприема връщане назад с отказ от последните действия и се формулира нова хипотеза и т.н.

За да може да се осъществи търсенето при този метод, необходимо е да са известни

а) правилата за разпространяване на ограниченията и

б) правила, по които могат да се генерират хипотези.

При избор на следващ обект, за който ще се генерира хипотеза, се препоръчват следните евристики:

а) да се избере обект, който участва в повече ограничителни условия; по този начин пространството за търсене се ограничава по-бързо и по-скоро ще се разбере дали хипотезата е вярна;

б) избира се обект който има по-малко допустими стойности; така се оставят повече възможности за вариране.

Методът за търсене на цел при ограничителни условия изглежда в най-обобщен вид по следния начин:

1. Прави се списък ( $O$ ) на всички обекти, на които целевото състояние изисква да се присвоят конкретни стойности (начални ограничителни условия). Разпространяват се началните ограничителни условия.

2. Изпълняват се следните действия, докато се стигне до противоречие или списъкът  $O$  стане празен.

а) избира се обект от  $O$ ; разпространяват се ограниченията, които засягат този обект;

б) ако така получените ограничения са различни от ограниченията при предишното разглеждане на този обект (или той се разглежда за първи път), към  $O$  се добавят всички обекти, които участват заедно с разглеждания обект в описанието на някакви ограничителни условия;

в) разглежданият обект се отстранява от списъка  $O$  и се записва като последен в списък  $P$ .

3. Ако обединението на получените ограничения удовлетворява решението следва край. В противен случай се прави връщане към някой от обектите в  $P$ , като всички обекти от края на списък  $P$  до този се преместят в списък  $O$  и от обединението на получените ограничения се отстранят онези ограничения, които са били следствие от обработката на преместените обекти.

4. Процедурата се повтаря докато се изчерпят всички възможни хипотези.



## 9.7. Избор на метод за търсене.

Изборът на метод за търсене зависи от:

- размерността на пространството на състоянията на системата;
- изменяемостта на проблемната област;
- пълнотата и дълбочината на модела на областта;
- определеността на данните на решаваната задача.
- броя на търсените решения (едно, няколко, всички);
- известните или предполагаемите ограничения за резултата.

Ще приведем една възможна класификация на методите за търсене в ЕС:

1. Методи за търсене при неголямо пространство, статична област, пълен модел, точни и пълни данни.

2. Методи за търсене в големи пространства с йерархична структура при статична област.

3. Методи за търсене в пространство на неточни и непълни данни.

4. Методи за търсене в динамични изменящи се във времето и/или пространството проблемни области.

5. Методи за търсене в сложни бази знания, за представянето на които се използват няколко различни модела.

## 9.8. Методи за търсене в големи пространства.

Търсенето в големи пространства често изисква по-специални техники, за да се постигне резултат за приемливо време. Ще споменем накратко някои от тях.

1) Намаляване на пространството чрез приемане за фиксирани параметрите, за които не е указано, че се изменят в конкретния случай (по подразбиране) или които се изменят с много по-малки скорости.

2) Разделяне на пространството за търсене на отделни подпространства.

1. търсене на необходимото подпространство (в което е решението)

2. търсене в отделеното подпространство (търсене на самото решение).

3) Метод на абстрахирането:

Пример: път от центъра на град А до центъра на град Б.

г) Метод на генериране и проверка

1. при зададени конкретни условия, ограничения и други данни се генерира предполагаемо решение;

2. генерираното решение се подлага на проверка.

д) Използване на метазнания.