Mesterséges intelligencia - 2. előadás Problémamegoldás kereséssel

Ismétlés

Ágens

- **szenzorokon** keresztül érzékeli a környezetet
- **beavatkozó szerveken** keresztül cselekszik, azaz befolyásolja a környezetét

Racionális ágens

- úgy választ a lehetséges cselekvések közül, hogy általuk maximalizálja a **várható hasznosságot**
    - *egyszerű eset* → rendelkezik céllal, ismeri a költségeket
    - *komplex eset* → hasznossági függvénnyel rendelkezik, várható jutalmakat ismeri (cél a jutalom maximalizálása)

Környezet

- fontos figyelembe venni az ágens tervezésének szempontjából
- **teljesen** / **részlegesen megfigyelhető** → *memória* kell a belső állapot nyilvántartására
- **diszkrét** / **folytonos** → folytonosnál nem lehet az összes állapotot megkülönböztetni
- **sztochasztikus** / **determinisztikus** → több lehetséges *forgatókönyvvel* is kell dolgozni sztochasztikus esetben
- **egyedüli ágens** / **több ágens** → lehet, hogy *véletlenszerűen* kell viselkednie

Reflex ágens

- aktuális érzékelés vagy memória alapján választ cselekvést
- környezetet nyilvántarthatja memóriában (belső modell a világról)
- nem veszi figyelembe a cselekvések jövőbeli következményeit

Tervkészítő ágens

- döntéshozatalnál a lehetséges következményekkel is számol
- belső modell a világról (hogy hogyan változik a cselekvése hatására)
- kell neki egy cél, ami tesztelhető **célfüggvénnyel**

Keresési problémák

- keresési probléma elemei:
    1. **állapottér**
    2. **állapotátmenet-függvény**, formája: (cselekvése, költségek)
    3. **kiindulási állapot**
    4. **célállapot teszt**
- megoldás → cselekvések egy sorozata (terv), kiindulási állapotból célállapotba juttat
- Példa - Útvonaltervezés
    1. **állapottér** → városok

2. **állapotátmenet-függvény** → utak, költség a távolság
3. kiindulási állapot → pl Arad
4. **célállapot tesztelés** → állapot == Bukarest?

- állapottér nagysága → könnyen túl nagy lehet
  - elég csak a nagy valószínűséggel bekövetkező lehetőségeket számba venni

Keresési eljárás tulajdonságai

- **Teljesség** (*completeness*) → ha van megoldás, biztosan megtalálja
- **Időigény** (*time complexity*) → mennyi idő a megoldás megtalálása
- **Tárigény** (*space complexity*) → mennyi tárhely kell
- **Optimalitás** (*optimality*) → ha több megoldás van, megtaláltuk e a legjobbat?

Állapottér reprezentáció

Állapottérgráf

- csomópontok a világ állapotának egy egy absztrakt reprezentációi
- élek → állapot átmenetek
- célteszt → célállapot elérésének vizsgálata
- minden állapot 1x fordulhat elő
- probléma: nagyon nagy lesz, teljes egészében nem lesz felépíthető a memóriában

Keresési fa

- start: gyökér csomópont
- levelek: lehetséges jövők
- csomópontok → olyan állapot, amit tartalmaz egy adott terv
- probléma: teljes egészében nem lesz felépíthető a memóriában

Állapottérgráf vs keresési fa

- keresési fa 1 csomópontja = egy útvonal az állapottérgráfban
- kört tartalmazó állapottérgráfhoz → végtelen fa kellene!

Keresés keresési fával (általánosan)

- perem = potenciális terv folytatások
-
```
function FA-KERESÉS (probléma, stratégia) returns megoldás vagy kudarc
        Keresési fa inicializálása a probléma kiinduló állapotával
        loop do
                If nincs jelölt a kifejtéshez then return kudarc
                Kifejtendő levél csomópont kijelölése a stratégia alapján
                If a csomópont tartalmaz egy célállapotot then return megoldás
                else csomópont kifejtése és az eredmény csomópontok hozzáadása a keresési fához
        end
```
- a különböző algoritmusok a **stratégiában** fognak különbözni, amivel a következő vizsgált perem pont lesz kijelölve

Keresési stratégiák

- **nem informált keresések** (***gyenge***, ***vak*** keresés)
  - tudjuk: hogyan néz ki a célállapot
  - nem tudjuk: merre a cél, milyen költségű oda a legrövidebb út
- **informált keresések** (***heurisztikus keresések***)

- tudjuk: hogyan néz ki a célállapot
- jó becslésünk van rá: merre lehet a célállapot, milyen költségű a célállapotba vezető út

Mélységi keresés (DFS)

- stratégia: **legmélyebb csomópont kifejtése** (legbaloldalibb ág a fában)
- megvalósítás: a perem egy LIFO stack
- legrosszabb eset → teljes fa feldolgozása
- **elágazási faktor** = ***b*** (egy szinten hány gyerek van)
- **maximum mélység** = ***m***
- jellemzése:
  1. **Teljesség** → bal oldallel kezd, teljes fát is feldolgozhatja
     - feltétel: ***m*** legyen véges → **O(b^m)** időt vesz igénybe
  2. **Időkomplexitás**
  3. **Tárkomplexitás** → csak a gyökércsomóponthoz vezető úton levő elágazások számítanak → O(bm) :)
  4. **Optimalitás** → nem, legbaloldalibb megoldást találja meg, költségtől és mélységtől függetlenül :(
- baj: ha jobb oldalt van a megoldás

Szélességi keresés (BFS)

- strarégia: a **legkevésbé mélyen levő csomópont kifejtése** (szintenként)
- megvalósítás: a perem egy FIFO sor
- **jelenlegi mélység** = ***s***
- jellemzése:
  1. **Teljesség** → legfelső szinttel kezd, teljes fát is feldolgozhatja (***s*** véges, ha létezik megoldás)
     - feltétel: **O(b^s)** időt vesz igénybe
  2. **Időkomplexitás**
  3. **Tárkomplexitás** → kb a legutolsó szinttel arányos: O(b^s) :(
  4. **Optimalitás** → igen, ha minden egységesen 1 költségű :)
- baj: ha mélyen van a megoldás

Mélységkorlátozott keresés

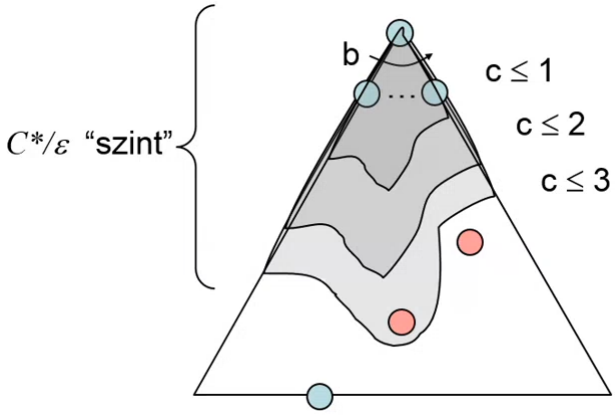
- utak maximális mélységére (m) vágási korlátot ad
  - ha ezt eléri a keresés, akkor visszalép
- **Teljesség** → ha a vágás felett van a megoldás (ha nem, akkor gáz van)
- **Optimalitás** → nem optimális (nem garantálja a legkisebb költségű utat)
- baj: honnan tudjuk a korlátot?

Iteratívan mélyülő keresés

- ötlet: jó ez a mélységkorlátozós dolog, de nehéz belőni a jó korlátot
- megoldás: kipróbáljuk az összes lehetséges mélységkorlátot
- baj: redundáns lesz, olyat kell feldolgozni amit már egyszer feldolgoztunk
- **Optimális** és **teljes** → mint a szélességi keresésé
- **Tárhelykomplexitása** alacsony → mint a mélységi keresésé
- kifejtések száma, ha **d** mélységben **b** elágazási tényező mellett
  - szélességi keresésnél → $1 + b + b^2 + \ldots + b^{d-2} + b^{d-1} + b^d$
  - iteratívan mélyülő keresésnél → $(d+1)1 + (d)b + (d-1)b^2 + \ldots 3b^{d-2} + 2b^{d-1} + 1b^d$
    - mivel a fa felsőbb részeit többször kifejti
  - minél nagyobb az elágazási tényező, annál kisebb lesz a többletmunka

Költségérzékeny keresés

Egyenletes költségű keresés (UCS)

- stratégia: **legkisebb költségű csomópont kifejtése**
- módszer: perem egy prioritásos sor lesz, ahol a prioritás a **kumulált költségnek** felel meg
- 

- elv: kifejti az összes olyan csomópontot, ami kevesebb költséggel elérhető, mint a legkisebb költségű megoldás
- ***C**** = megoldás költsége, ***ε*** = élek legalább ε költségűek (**minimum élköltség**)
- **effektív mélység** = ***C*/ε*****
- Teljesség → igen, ha a legjobb megoldás véges költségű és a minimum élköltség pozitív!
- Optimális → IGEN :)
- Tárhelykomplexitás → kb az utolsó szinttel arányos $\mathbf{O(b^{C^*/\varepsilon})}$
- Időkomplexitás → $\mathbf{O(b^{C^*/\varepsilon})}$
- baj: minden irányba feltár, fogalma sincs a célállapot helyzetéről

Eddigi algoritmusok közös tulajdonsága

- Csak a perem tárolásának módjában különböznek
  - mind valamilyen **prioritásos sort** használnak
- mélységi → verem
- szélességi → sor

Kétirányú keresés

- egyszerre indítunk keresést előre a kiinduló állapotból és hátra a célállapotból
- keresés véget ér, ha találkozik a két keresés
  - $O(2 * b^{d/2}) = \mathbf{O(b^{d/2})}$
- implementálása nem triviális
  - hogy keresünk hátrafele? → több célállapot esetén nehéz

Eddigi keresések összefoglalója

b - elágazási tényező, *d* - a megoldás mélysége,
m - a keresési fa maximális mélysége, *l* - a mélység korlát.

Jellem-ző	Szélességi keresés	Egyenletes költségű keresés	Mélységi keresés	Mélység korlátozott keresés	Iteratívan mélyülő keresés	Kétirányú keresés
Idő-igény	b^d	b^d	b^m	b^l	b^d	$b^{d/2}$
Tár-igény	b^d	b^d	bm	bl	bd	$b^{d/2}$
Opt.?	Igen (ha…)	Igen	Nem	Nem	Igen	Igen
Teljes?	Igen	Igen	Nem	Igen, ha $l \geq d$	Igen	Igen

Informált keresés

Heurisztika, h(n)

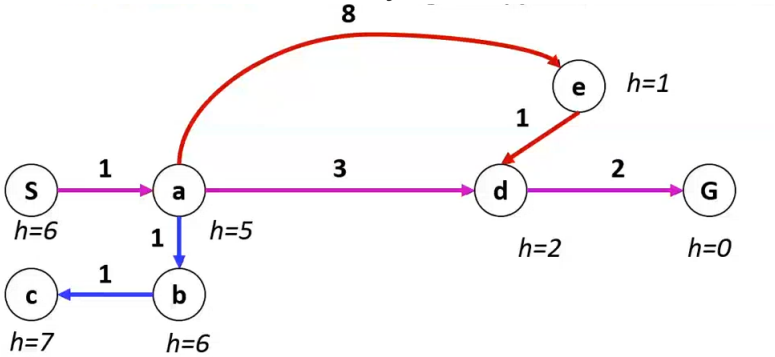
- ötlet: büntessük, ha a céltól távolodunk = jutalmazzuk, ha közeledünk
- egy függvény, ami **becslést ad** arra, hogy az **adott állapot mennyire van közel a célállapothoz**
- mindig az adott keresési problémához tervezett (pl: Manhattan távolság, euklidészi távolság)
- minden n állapotra ki kell számítani
- ha teljesen pontos lenne, akkor felesleges (egyértelmű a megoldás)
- teljes útköltség = eddig megtett út költsége + hátralevő út költsége → f(n) = g(n) + h(n)

Mohó keresés

- stratégia: **fejtsük ki azt a csomópontot, amiről azt gondoljuk, hogy a legközelebb van a célállapothoz**
  - heurisztika: a legközelebbi célállapottól való becsült távolság
- probléma: nem biztos, hogy az aktuálisan legjobb állapot lesz a legjobb globálisan
- legrosszabb esetben egy rosszul irányított mélységi keresést kapunk
- Teljesség → nem teljes (elindul végtelen úton, nem tér vissza mást kipróbálni)
- Optimális → nem optimális

- Idő és Tárigény → nagyon rossz, az összes csomópontot a memóriában tartja → **O(b^m)**

A* keresés

- ötlet: egyenletes költségű és mohó keresést kombináljuk
  - egyenletes költségű → g(n) minimalizálása a célja
  - mohó → h(n) minimalizálása a célja
  - 

- vegyük figyelembe az eddig megtett út költségét és a hátralevő út költségét is → **f(n) = g(n) + h(n)**
- csak akkor állhatunk meg, ha már kifejtésre került a célállapot (nem elég, ha a kifejtendők közt van, mert az utolsó út is számít)
- Teljes és Optimális → igen, ha jó a heurisztika
- A határvonala a cél fele van (az egyenletes költségűé egyenletes minden irányba)

Elfogadható heurisztika

- **nem elfogadható** (pesszimista) heurisztika megtöri az optimalitást azzal, hogy jó tervek a peremben maradnak
- **elfogadható** (optimista) heurisztika "lelassítja" a rossz terveket, de sosem lép túl a valós költségeken
  - 0 ≤ h(n) ≤ h*(n), ahol h*(n) a valós költség a legközelebbi célállapothoz
- A* kereséshez elengedhetetlen az **elfogadható heurisztika** kialakítása!
- heurisztika készítése → **probléma relaxálásával** (egyszerűsítésével) → pl légvonal, manhattan távolság stb