

A mesterséges intelligencia alapjai

megfigyelésen alapuló tanulás

áttekintés

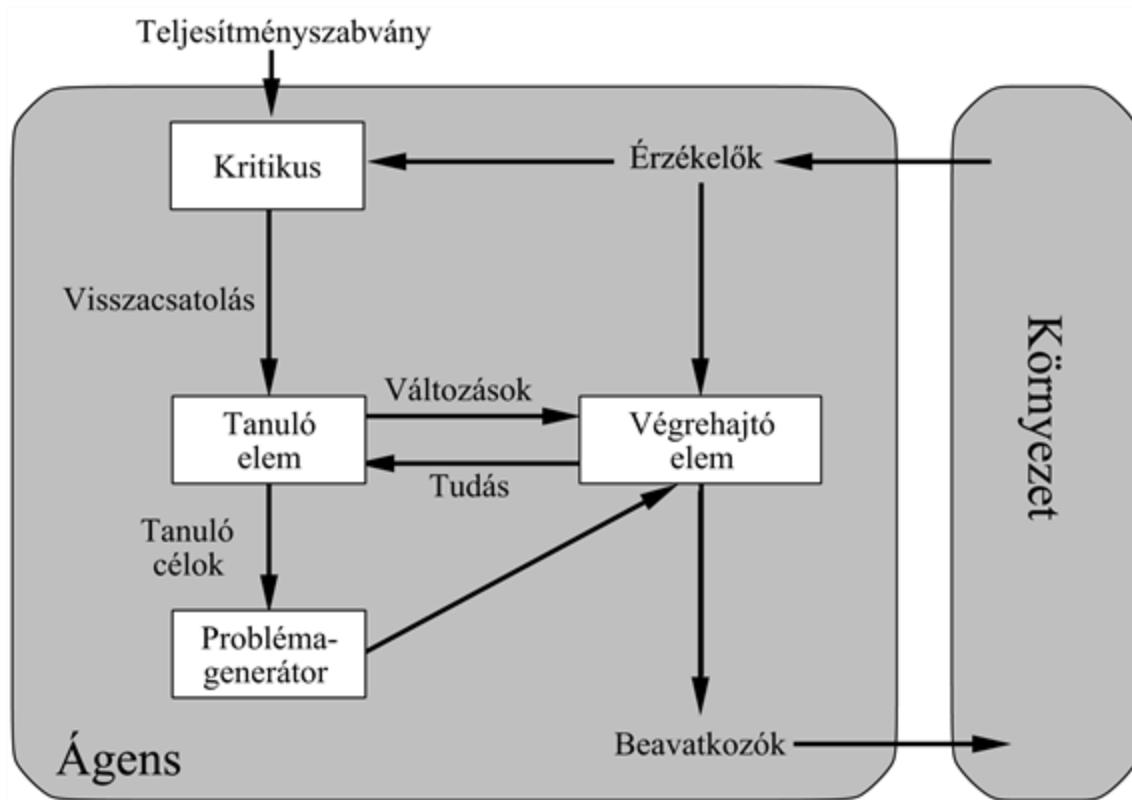
- tanuló ágensek
- induktív tanulás
- tanulás döntési fával
- tanuló algoritmus teljesítményének becslése

tanuló ágensek

tanuló ágensek

- ismeretlen környezetben elengedhetetlen a tanulás képessége
 - nem a lakás alaprajza alapján vásárolunk robotporszívót
 - a tervező nem tudja előre a kihívásokat
- A tanulás egy hasznos rendszerkészítési eszköz
 - megmutatjuk az ágesnek a valóságot, mintsem megpróbáljuk leírni (formalizálni)
- A tanulás során az ágens döntési mechanizmusa megváltozik, hogy a teljesítményét növelje

tanuló ágens felépítése



tanuló komponens

A tanuló komponens tervezését a következők befolyásolják:

- A cselekvő elem mely komponenseit akarjuk tanítani?
- Milyen visszacsatolás áll rendelkezésre ezen komponensek tanítására?
- Hogyan reprezentáljuk a komponenseket?

Visszacsatolás formája

- ellenőrzött (supervised) - bemeneti és kimeneti minták
- nem ellenőrzött (unsupervised) - bemeneti minták
- megerősítéses (reinforcement) - *hogyan működik a világ megtanulása*

cselekvő elem komponensei

1. aktuális állapot feltételeinek közvetlen leképezése cselekvésre
 - Fék! (feltétel-cselekvés fékezési szabály)
2. megfigyelési szekvenciából a világ releváns tulajdonságaira következtet
 - buszt tartalmazó képek felismerése
3. a világ alakulása és ágens lehetséges cselekedetei következményének leírása
 - nedves úton erős fékezés
4. a világ lehetséges állapotainak számunkra kívánatossága - hasznosság
 - borrválló az utazó kényelme szerint
5. cselekvés-hasznosság információ - egyes cselekvések kívánatossága
6. célok

pár példa

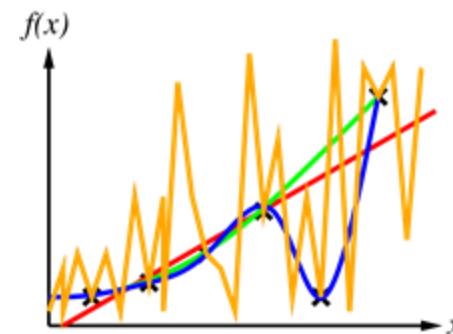
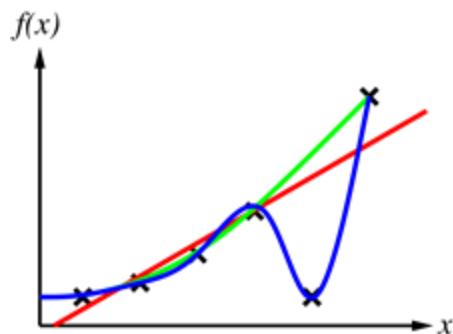
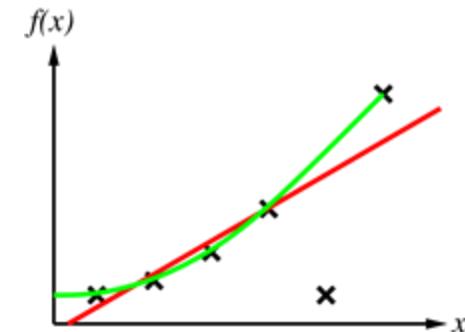
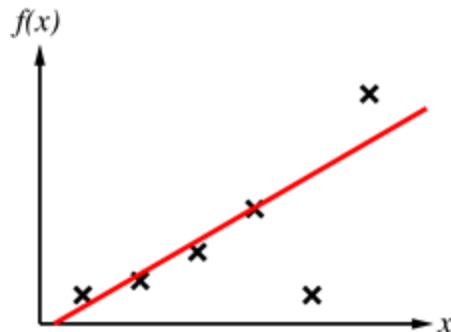
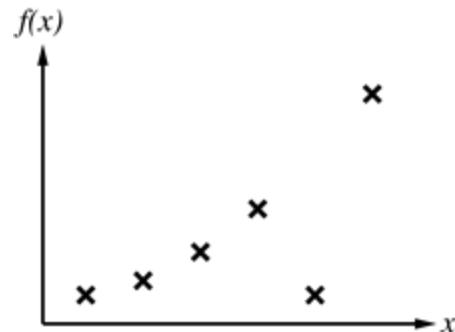
végrehajtó elem	komponens	reprezentáció	visszacsatolás
alfa-béta keresés	kiértékelő függvény	súlyozott lineáris fv.	győzött/vesztett
tudásalapú ágens	átmenet modell	rákövetkező állapot axiómák	kimenetel
hasznosságorientált ágens	átmenet modell	dinamikus Bayes-hálózat	kimenetel
egyszerű reflex ágens	érzékelés-művelet fv.	neurális háló	helyes cselekvés

induktív tanulás

matematikai háttér

- legegyszerűbb formája: tanuljunk meg egy függvényt minták alapján
 - tabula rasa
- egy minta: $(x, f(x))$
 - x - bemeneti érték
 - $f(x)$ - kimeneti érték
- f - megközelítendő függvény
- **határozzuk meg azt a h függvényt (hipotézis), amely közelíti f -et**
 - indukció feladata
- h konzisztens, ha megegyezik f -fel minden minta esetén

konkrét közelítések



döntési fa megalkotása tanulással

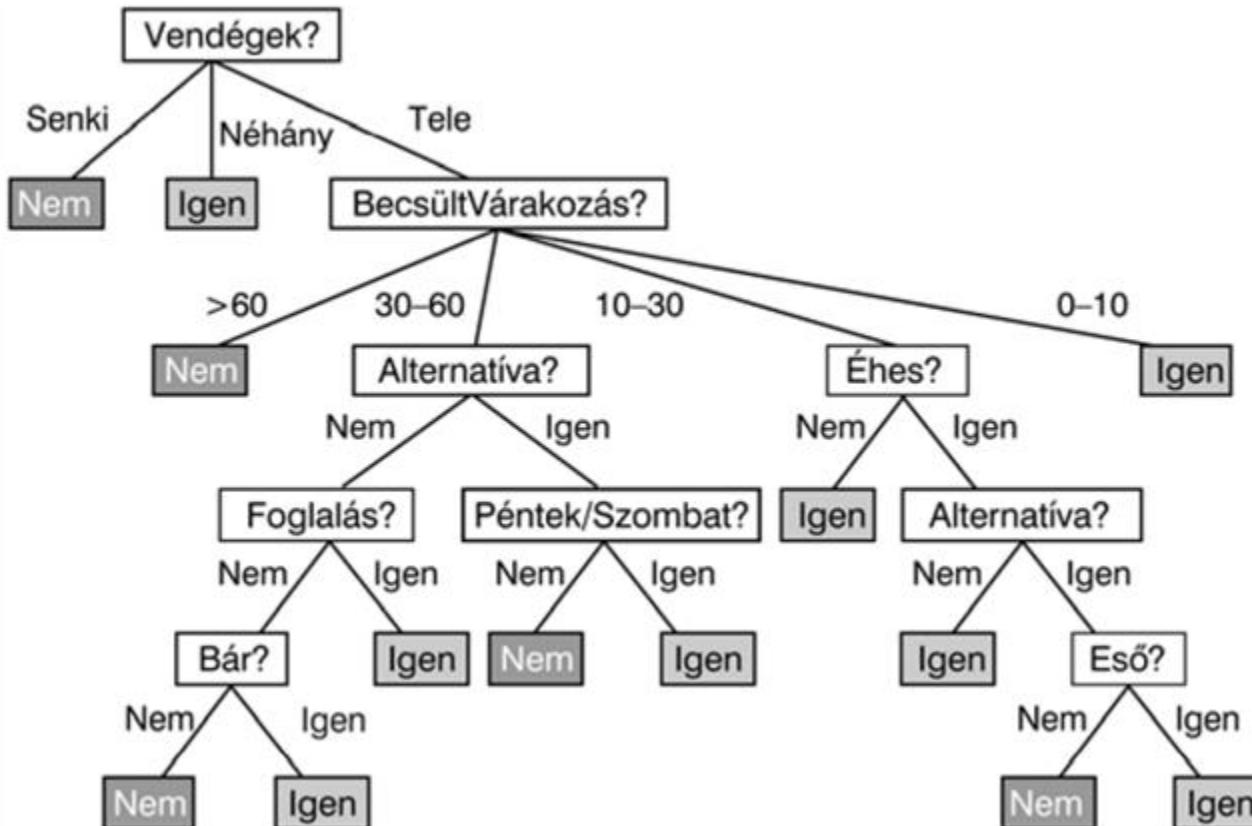
éftermi probléma

Példa	Attribútumok										Cél Vár- junkE
	Alter- natíva	Bár	Péntek/ Szombat	Éhes	Vendégek	Drága	Eső	Foglalás	Konyha	Becsült Várakozás	
X_1	Igen	Nem	Nem	Igen	Néhány	\$\$\$	Nem	Igen	Francia	0–10	Igen
X_2	Igen	Nem	Nem	Igen	Tele	\$	Nem	Nem	Thai	30–60	Nem
X_3	Nem	Igen	Nem	Nem	Néhány	\$	Nem	Nem	Burger	0–10	Igen
X_4	Igen	Nem	Igen	Igen	Tele	\$	Igen	Nem	Thai	10–30	Igen
X_5	Igen	Nem	Igen	Nem	Tele	\$\$\$	Nem	Igen	Francia	>60	Nem
X_6	Nem	Igen	Nem	Igen	Néhány	\$\$	Igen	Igen	Olasz	0–10	Igen
X_7	Nem	Igen	Nem	Nem	Senki	\$	Igen	Nem	Burger	0–10	Nem
X_8	Nem	Nem	Nem	Igen	Néhány	\$\$	Igen	Igen	Thai	0–10	Igen
X_9	Nem	Igen	Igen	Nem	Tele	\$	Igen	Nem	Burger	>60	Nem
X_{10}	Igen	Igen	Igen	Igen	Tele	\$\$\$	Nem	Igen	Olasz	10–30	Nem
X_{11}	Nem	Nem	Nem	Nem	Senki	\$	Nem	Nem	Thai	0–10	Nem
X_{12}	Igen	Igen	Igen	Igen	Tele	\$	Nem	Nem	Burger	30–60	Igen

döntési fa

- A hipotézis egy lehetséges reprezentációja
- bemenete: attribútumokkal leírt objektum
 - az attribútumok lehetnek diszkrétek vagy folytonosak
- kimenete: egy döntés
 - diszkrét: osztályozás (classification)
 - folytonos: regresszió (regression)
- tesztsorozat végrehajtása

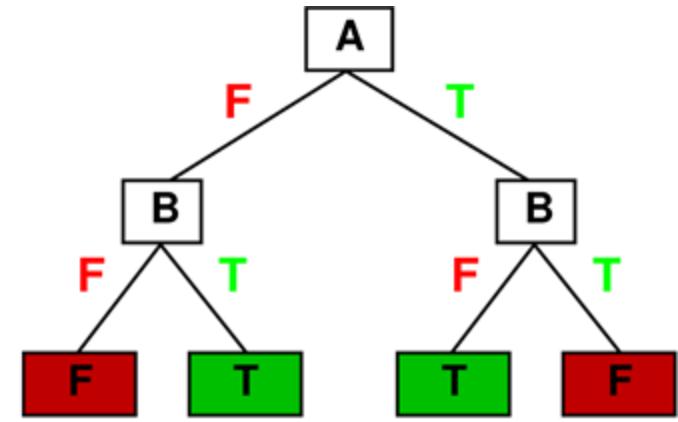
éttermi döntési fa: Várunk az ételre?



kifejezőképesség

- A döntési fa az input attribútumok tetszőleges függvényét képes kifejezni
 - logikai függvények esetén az igazságátábla egy sora a döntési fa egy ága (út a gyökértől a levélig) lesz
- Létezik konzisztens döntési fa minden egyes tanuló halmazhoz
 - minden mintának megfelel egy út a fában
 - további mintákra nem ad választ
- **Keressünk kompakt döntési fákat!**

A	B	$A \text{ xor } B$
F	F	F
F	T	T
T	F	T
T	T	F



hipotézisek száma

- n logikai változó esetén hány különböző döntési fa létezik?
 - ahány n-változós logikai függvény
 - ahányféleképp kitölthető a 2^n sora az igazságtáblának
 - $2^{(2^n)}$
 - 6 logikai változó esetén ez $2^{64} = 18.446.744.073.709.551.616$
- Mennyi a konjunktív hipotézisek száma? (pl. $p \wedge \neg q$)
 - bármelyik változó szerepelhet pozitív és negatív módon, de hiányozhat is
 - 3^n
- paritásfüggvény, többségfüggvény ábrázolása nehéz - nagy döntési fa

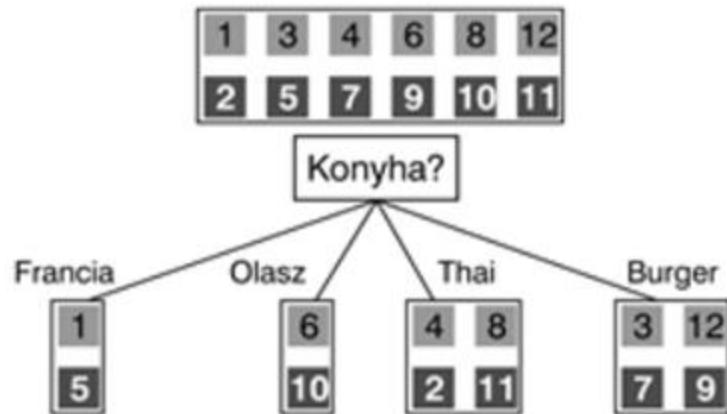
konstrukció

1. válasszuk ki a legjobb attribútumot a pozitív és negatív példák szétosztására
2. ha minden példa pozitív/negatív - a válasz Igen/Nem
3. nem maradt példa valamelyik válaszhoz - a válasz a szülőcsomópontban többségi válasz
4. ha nincs tesztelendő attribútum
 - a pozitív és negatív példák nem választhatóak szét
 - zajos adat vagy nemdeterminisztikus problématér
 - többségi szavazás

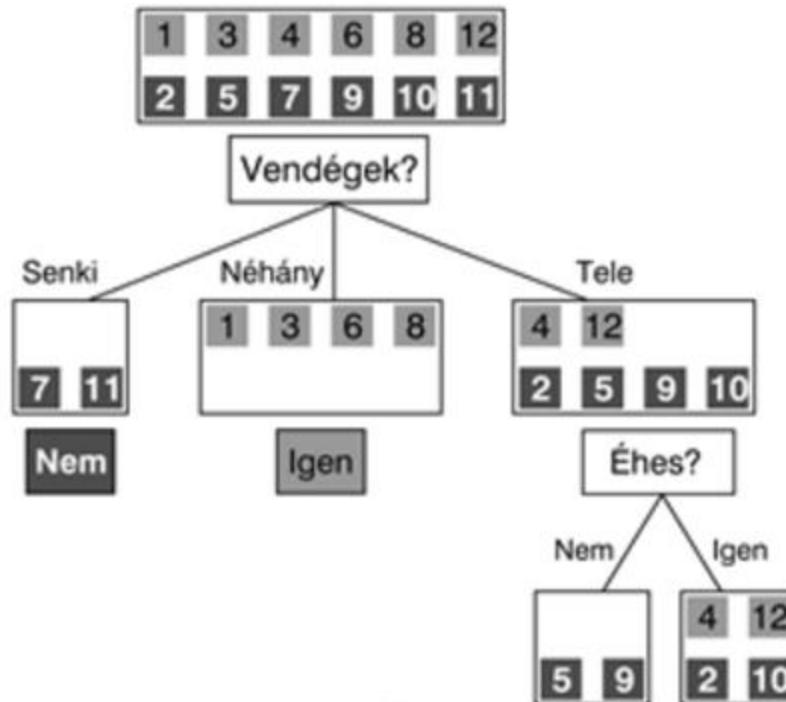
tanuló algoritmus

```
function Döntési-fa-tanulás(példák,attribútumok,alapérték) returns döntési fa
if példák üres then return alapérték
else if példák minden elemének azonos a besorolása then return besorolás
else if attribútumok üres halmaz then return Többségi-érték(példák)
else
    legjobb ← Attribútum-választás(attribútumok, példák)
    fa ← új döntési fa, a gyökér a legjobb attribútum tesztje
    m ← Többségi-érték(példák)
    for each legjobb minden  $v_i$  értékére do
        példák $_i$ ← a példák azon elemei, melyekre legjobb= $v_i$ 
        részfa ← Döntési-fa-tanulás(példák $_i$ ,attribútumok-legjobb,m)
        a fa döntési fához adjunk egy  $v_i$  címkéjű ágat és részfa ágat
    return fa
```

attribútum kiválasztása



(a)



(b)

információnyereség

Információtartalom (entrópia)

- $I(P(v_1), \dots, P(v_n)) = -\sum P(v_i) \log_2 P(v_i)$
- $I(p/(p+n), n/(p+n))$

maradék információ szükséglet:

- $\sum (p_i + n_i)/(p+n) I(p_i/(p_i+n_i), n_i/(p_i+n_i))$

Információnyereség: információtartalom - maradék információ szükséglet

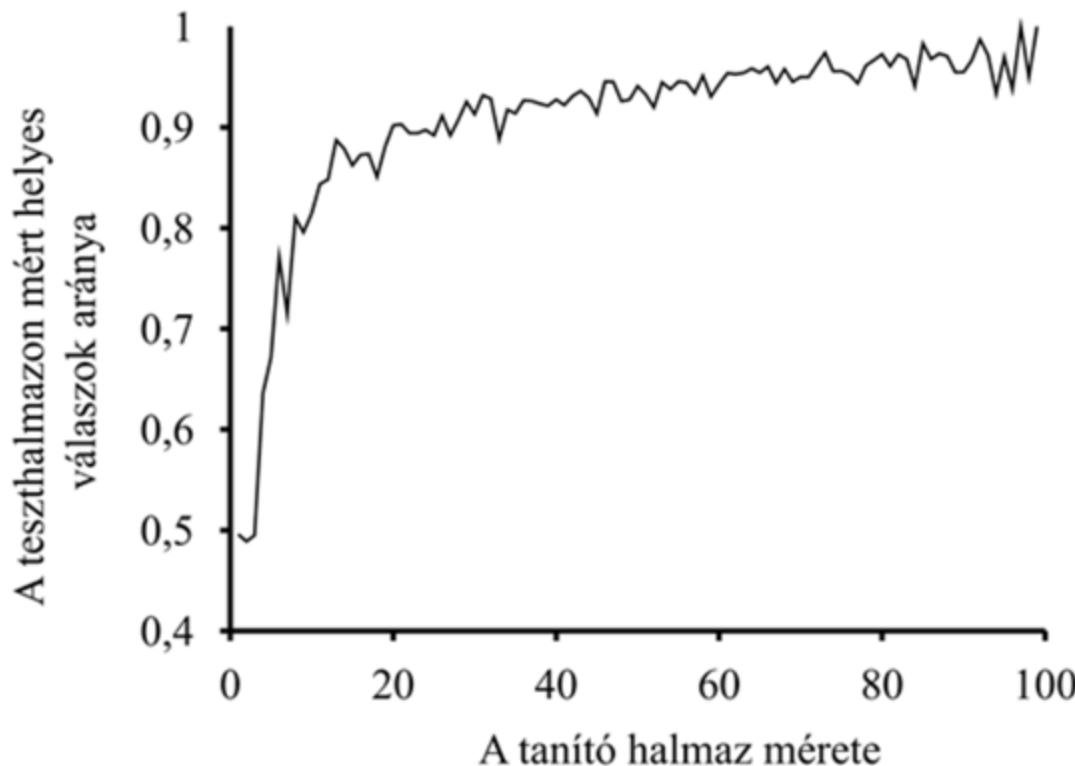
- $I_{Ny}(Konyha) = 1 - (2/12 \times I(1/2, 1/2) + 2/12 \times I(1/2, 1/2) + 4/12 \times I(2/4, 2/4) + 4/12 \times I(2/4, 2/4)) = 0$
- $I_{Ny}(Vendégek) = 1 - (2/12 \times I(0, 1) + 4/12 \times I(1, 0) + 6/12 \times I(2/6, 4/6)) = 0,541$

teljesítménybecslés

hipotézis minőségének becslése

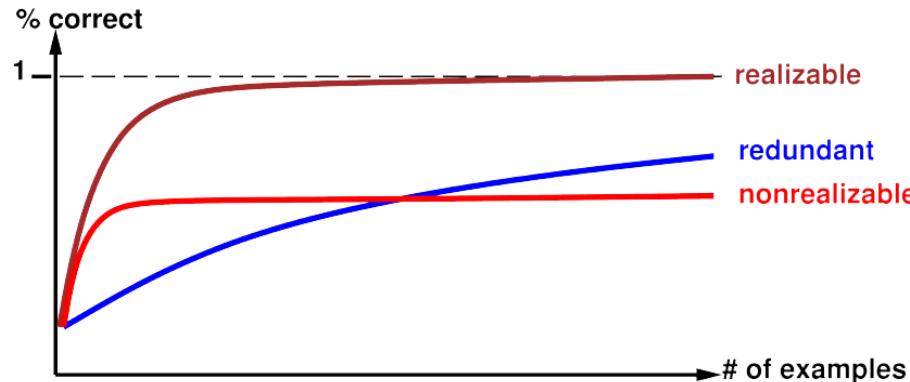
1. gyűjtsünk egy nagy példahalmazt
2. osszuk két diszjunkt halmazra
 - a. **tanító halmaz** (training set)
 - b. **teszthalmaz** (test set)
3. alkalmazzuk a tanító algoritmust a tanító halmazon, és generálunk egy h hipotézist
4. mérjük meg a teszthalmazon, hogy a h hipotézis a teszthalmaz hány százalékára ad helyes osztályba sorolást
5. ismételjük meg az 1-4 lépéseket különböző tanító halmaz méretekre, különbözően választott tanító halmazokra

tanulási görbe az éttermi példára



tanulási görbe

- realizálható, ha a célfüggény kifejezhető/elérhető
 - a nem realizálhatóságnak lehet indoka hiányzó attribútum
 - sokértékű attribútum - információnyereség kicsi
- irreleváns attribútumok használata
 - szignifikanciaszt - az irreleváns attribútumok kihagyására



összefoglalás

- tanulás szükség ismeretlen környezet, *lusta* fejlesztők esetén
- tanuló ágens = végrehajtó elem + tanuló elem
- a tanulási módszer a teljesítménymérték, a visszacsatolás, a javítandó komponens és annak reprezentációján alapul
- ellenőrzött tanulás esetén egy egyszerű hipotézist keresünk, amely többé-kevésbé konzisztens a tanuló halmazzal
- a döntési fa tanulásnál az információnyereséget használjuk
- a tanulás hatékonysága = a teszhalmaz eredményének becslése