

# A mesterséges intelligencia alapjai

megfigyelésen alapuló tanulás

# áttekintés

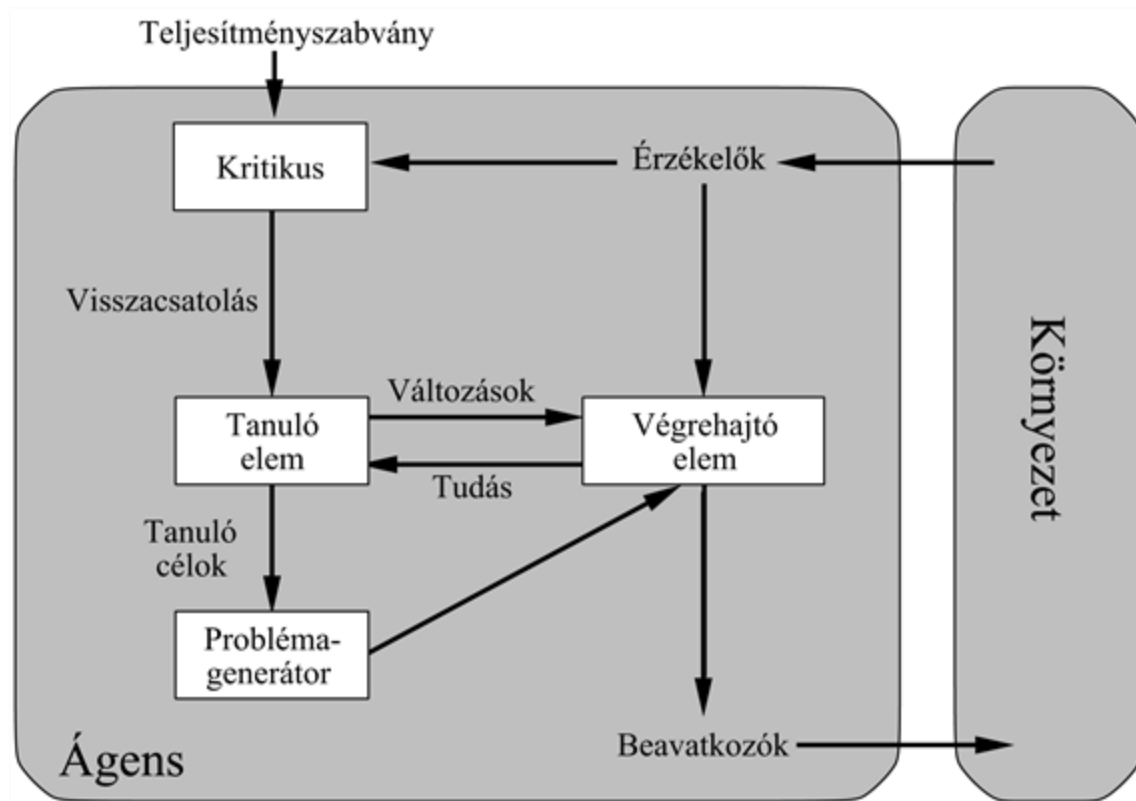
- tanuló ágensek
- induktív tanulás
- tanulás döntési fával
- tanuló algoritmus teljesítményének becslése

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 ágensnek 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 kíváнатossága - hasznosság
  - borra való az utazó kényelme szerint
5. cselekvés-hasznosság információ - egyes cselekvések kíváнатossága
6. célok

## pár példa

<b>végrehajtó elem</b>	<b>komponens</b>	<b>reprezentáció</b>	<b>visszacsatolás</b>
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

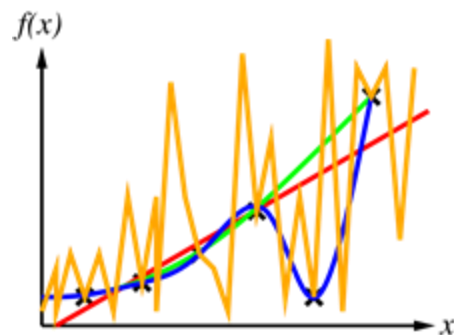
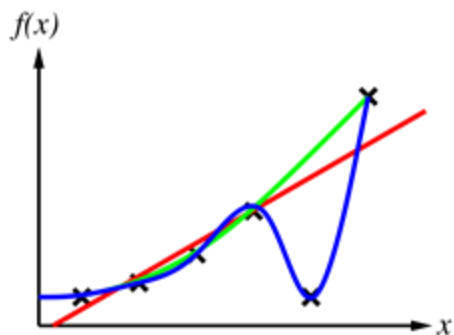
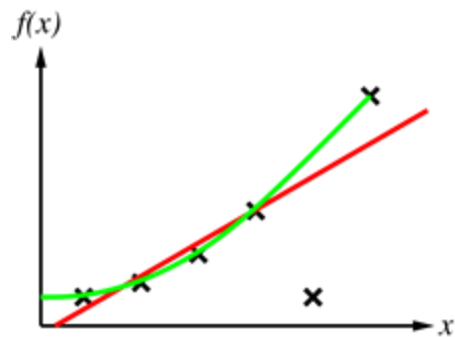
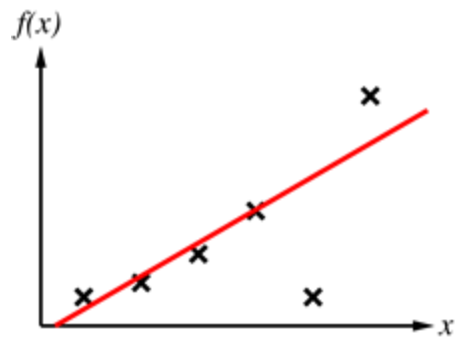
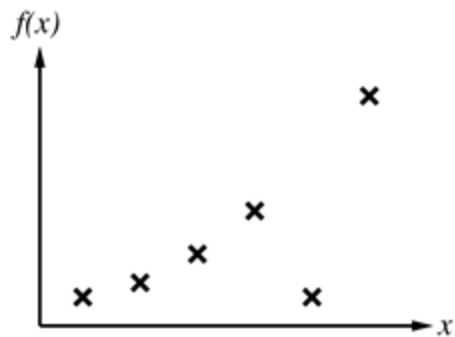


induktív tanulás

# 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

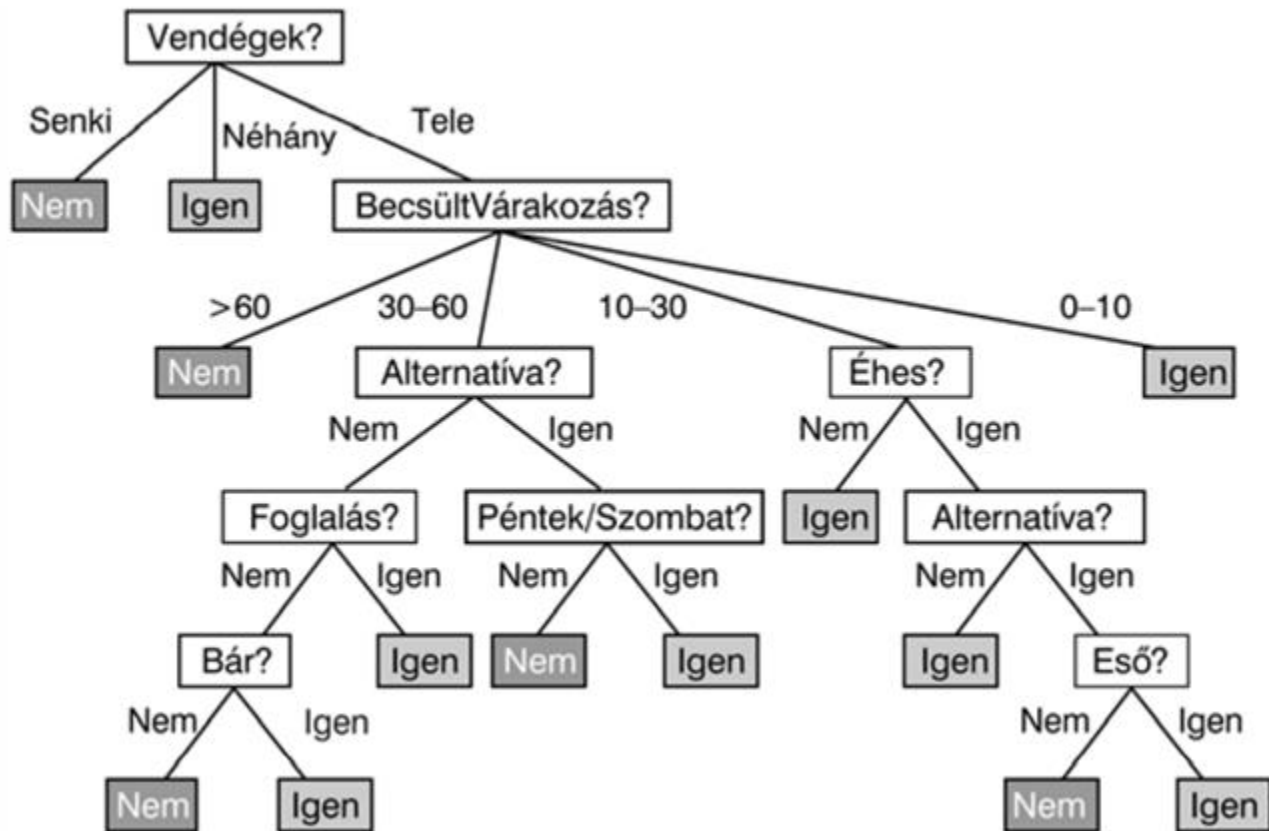
# éttermi probléma

Példa	Attribútumok										Cél Vár- junkE
	Alter- nativa	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 diszkrét vagy folytonosak
- kimenete: egy döntés
  - diszkrét: osztályozás (classification)
  - folytonos: regresszió (regression)
- teszt sorozat végrehajtása

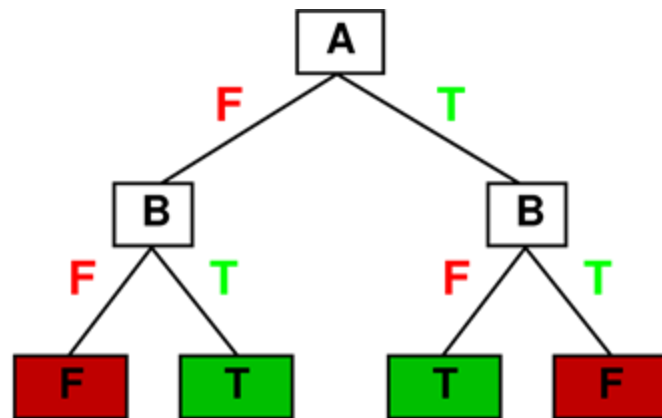
# éttermi döntési fa: *Várjunk az ételre?*



# kifejezőképesség

- A döntési fa az input attribútumok tetszőleges függvényét képes kifejezni
  - logikai függvények esetén az igazságtábla 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 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

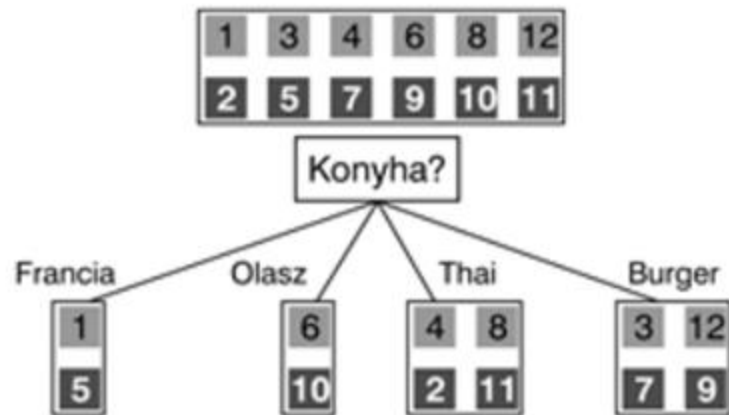
# konstrukció

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 problémátér
  - többségi szavazás

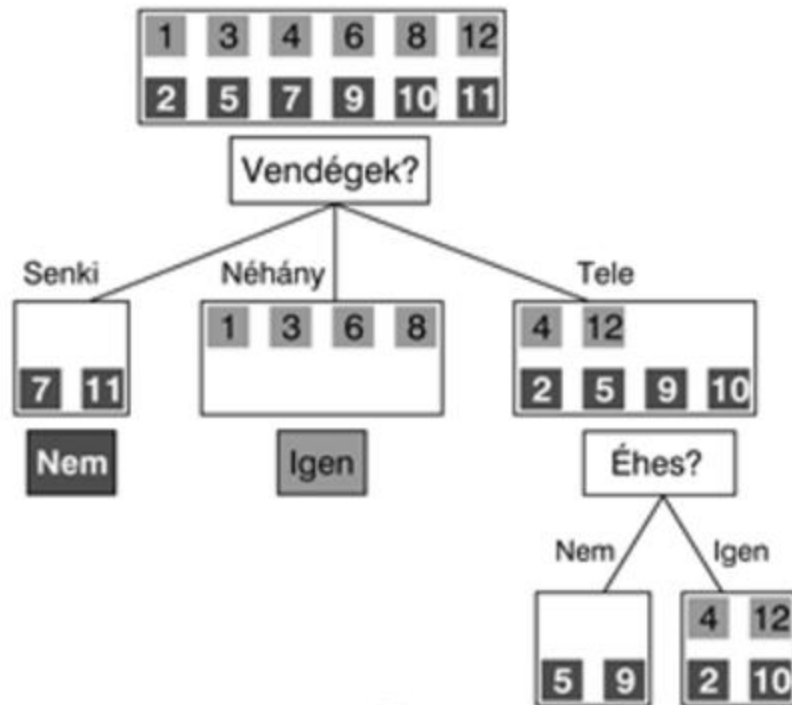
# tanuló algoritmus

```
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  $\leftarrow$  Attribútum-választás(attribútumok, példák)
    fa  $\leftarrow$  új döntési fa, a gyökér a legjobb attribútum tesztje
    m  $\leftarrow$  Többségi-érték(példák)
    for each legjobb minden  $v_i$  értékére do
        példáki  $\leftarrow$  a példák azon elemei, melyekre legjobb= $v_i$ 
        részfa  $\leftarrow$  Döntési-fa-tanulás(példáki, 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

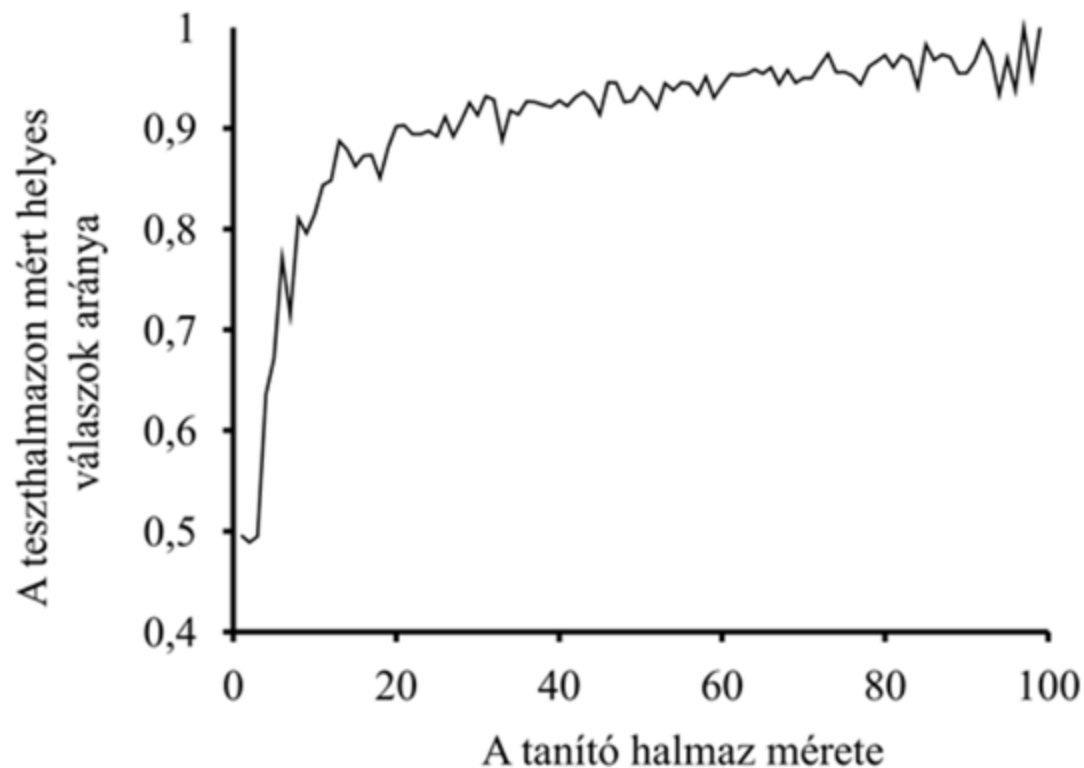
- $INy(\text{Konyha}) = 1 - (2/12 \times I(1/2, 1/2) + 2/12 \times I(1/2, 1/2) + 4/12 \times I(2/4, 2/4) + 4/12 \times I(2/4, 2/4)) = 0$
- $INy(\text{Vendégek}) = 1 - (2/12 \times I(0, 1) + 4/12 \times I(1, 0) + 6/12 \times I(2/6, 4/6)) = 0,541$

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 generáljunk 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

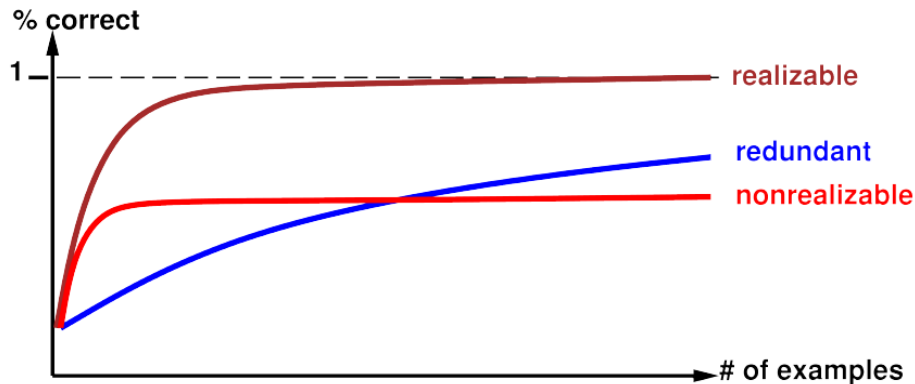
## tanulási görbe az éttermi példára





# tanulási görbe

- realizálható, ha a célfüggvény kifejezhető/elérhető
  - a nem realizálhatóságnak lehet indoka hiányzó attribútum
  - sokértékű attribútum - információnyereség kicsi
- irreleváns attribútumok használata
  - szignifikanciateszt - 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 információnyeréséget használjuk
- a tanulás hatékonysága = a teszhalmaz eredményének becslése