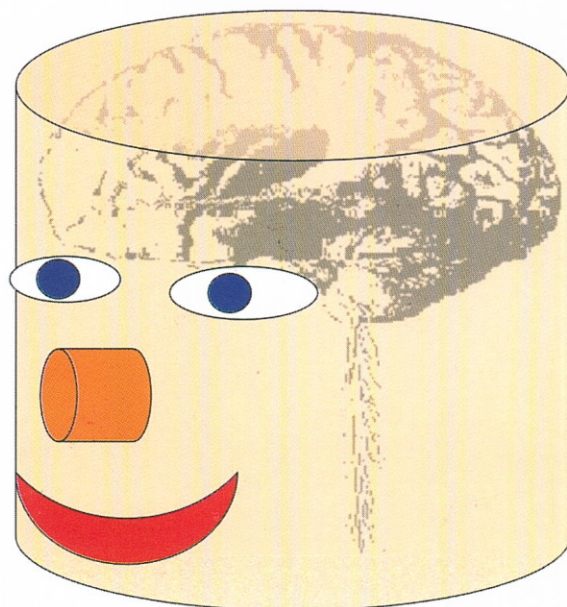


# PÉLDATÁR

## A MESTERSÉGES INTELLIGENCIA ALAPJAI



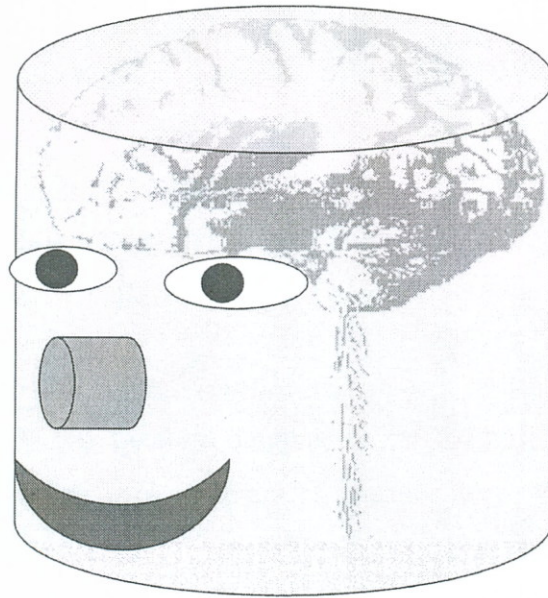
Szerkesztette: Dr. Szalay Tibor



LSI INFORMATIKAI OKTATÓKÖZPONT

# PÉLDATÁR

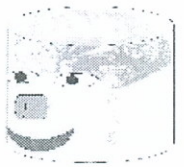
## A MESTERSÉGES INTELLIGENCIA ALAPJAI



Szerkesztette: Dr. Szalay Tibor

LSI INFORMATIKAI OKTATÓKÖZPONT





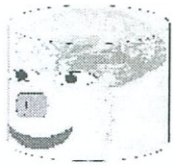
## **Bevezető**

A példatár, amit az olvasó a kezében tart a Gábor Dénes Főiskola „A mesterséges intelligencia alapjai” tantárgyának korábbi vizsga és zárthelyi dolgozataiban előforduló feladatokból, illetve a tárgy gyakorlatain bemutatott példákból merített. Néhányat, az ajánlott irodalmak között felsorolt könyvek példáiból is felhasznált szemléltetésül. Ezekre a példatáron belül nem hivatkozom, ezért itt szeretném jelezni, és e könyvek szerzőinek köszönetet mondani.

A példatár elsősorban a további dolgozatok írói számára kíván felkészülési segítséget nyújtani, de remélhetően azok számára is hasznos lesz, akik a mesterséges intelligencia módszerei iránt érdeklődnek. A példák valóban csak az alapokig jutnak el, remélem ugyanakkor, hogy az alapvető probléma reprezentációs készségeket, a mesterséges intelligencia módszerek lényegét megérthetővé, könnyebben elsajátíthatóvá teszi.

Ajánlom tehát e példatárat mindazoknak, akik most kezdenének el foglalkozni a mesterséges intelligencia témakörével, és egyszerű példákon keresztül szeretnék megismerni az alapvető módszereket.

A szerkesztő





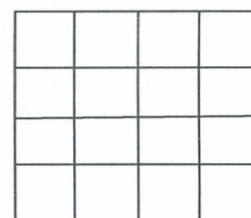
## 1. Keresési feladatok

### 1.1. Feladatok reprezentációja

**1.1.1. Bűvös négyzetnek** nevezzük azokat a négyzethálókat, amelyekbe a természetes számokat 1-től a négyzetek számáig úgy írjuk be, hogy valamennyi négyzetet különböző számmal töltünk ki (tehát minden szám szerepel bennük), és az egy-egy sorban, vagy egy-egy oszlopban szereplő számok összege azonos. Reprezentálja keresési feladatként a 4x4-es bűvös négyzet megoldását!

#### Megoldás:

A feladat kiírása szerint a jobbra elhelyezkedő 4x4-es négyzethálóba kell a számokat beírni 1-16-ig. Akkor lesz kész a feladat, ha teljesíti, hogy a sorok és oszlopok összege azonos. Tulajdonképpen ezeket a feltételeket kell a reprezentáció, a keresési feladatok leírására szolgáló fogalmak szerint tisztázni. Egy lehetséges reprezentáció a következő:



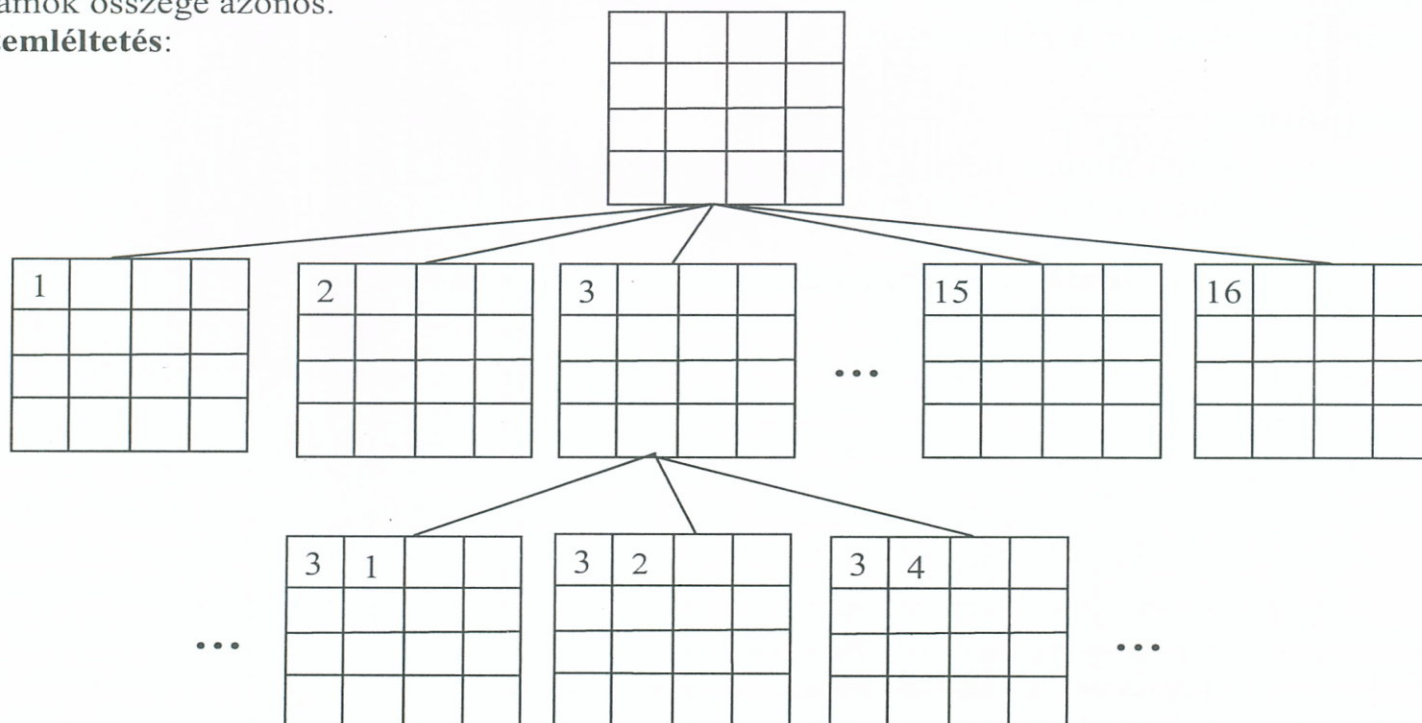
**Kiindulási állapot:** 16 üres négyzet és 1-16-ig a természetes számok.

**Operátorok:** Egy még fel nem használt szám elhelyezése a következő üres mezőn. A mezőket sorrendben, soronként balról jobbra, fölülről lefelé töltjük ki.

**Állapotok:** A különböző számokkal különböző mértékben kitöltött négyzethálók.

**Célteszt (célállapot):** A teljesen kitöltött négyzetháló soraiban és oszlopaiban szereplő számok összege azonos.

**Szemléltetés:**





## Másik megoldás:

Genetikus algoritmussal történő keresést szeretnénk reprezentálni. Legyen az **állapotokat** leíró egyedek „genetikus kódja” egy 16 elemű vektor, ami az egész számokat tartalmazza 1-16-ig! Valamennyi egyed a lehetséges permutációkból adódóan összesen  $16!$  számú populációt jelent. Jelentse a vektorban elhelyezett számok sorrendje a négyzetháló feltöltési sorrendjét balról jobbra, felülről lefelé! A genetikus kereséshez választani kell egy **kezdeti populációt**, legyen ez véletlenszerűen kiválasztott 20 vektor.

### Operátorok (műveletek):

Egypontos keresztezés a 16 elemű vektor felezőpontjában. Mivel a vektorban egy szám csak egyszer szerepelhet, a mutáció segítségével a keresztezéskor véletlenszerűen adódó ismétlődő számokat kicseréljük, hogy minden szám csak egyszer szerepeljen.

**Rátermettségi értéként (céltesztként)** a feltételt teljesítő összeget produkáló sorok és oszlopok számát válasszuk, és ez alapján rangsoroljuk az egyedeket a populációkban.

## Megjegyzés:

Mivel a keresés célja nem a megoldáshoz vezető út, hanem a jó megoldás, az iteratív javító algoritmusokra, így a genetikus algoritmusra jellemző reprezentáció is lehetséges ennél a feladatnál.

**1.1.2. Egy ember kecskét, farkast és káposztát visz magával. Egy folyóhoz ér, ahol nincs híd csak egy kis csónakot talál, amelybe rajta kívül már csak egy dolog fér. Hogyan tud a folyón úgy átkelni, hogy se a farkas ne falja fel a kecskét, se a kecske a káposztát, ami akkor következne be, ha ezek felügyelet nélkül együtt maradnának? Reprézntálja a fenti feladatot keresési feladatként, tehát adja meg a lehetséges állapotokat (az állapotteret pl. keresési faként), az operátorokat és a céltesztet!**

## Megoldás:

Legyen a **kezdeti állapot**, hogy az ember, a csónak, a kecske, a káposzta és a farkas egyaránt az egyik oldalon vannak, és jelölje ezt a következő bináris fél byte  $(1,1,1,1)$ ! A fél byte értelmezése:

1. bit az ember és a csónak az egyik parton -1-, a másik parton -0-
2. bit a kecske az egyik parton -1-, a másik parton -0-
3. bit a káposzta az egyik parton -1-, a másik parton -0-
4. bit a farkas az egyik parton -1-, a másik parton -0-

**Operátorok:** A fél byte-on belül egy vagy 2 tetszőleges bit értéket vált, aminek értelmezése, hogy azok a résztvevők, amelyeket a bit reprezentál az átellenes partra kerülnek.

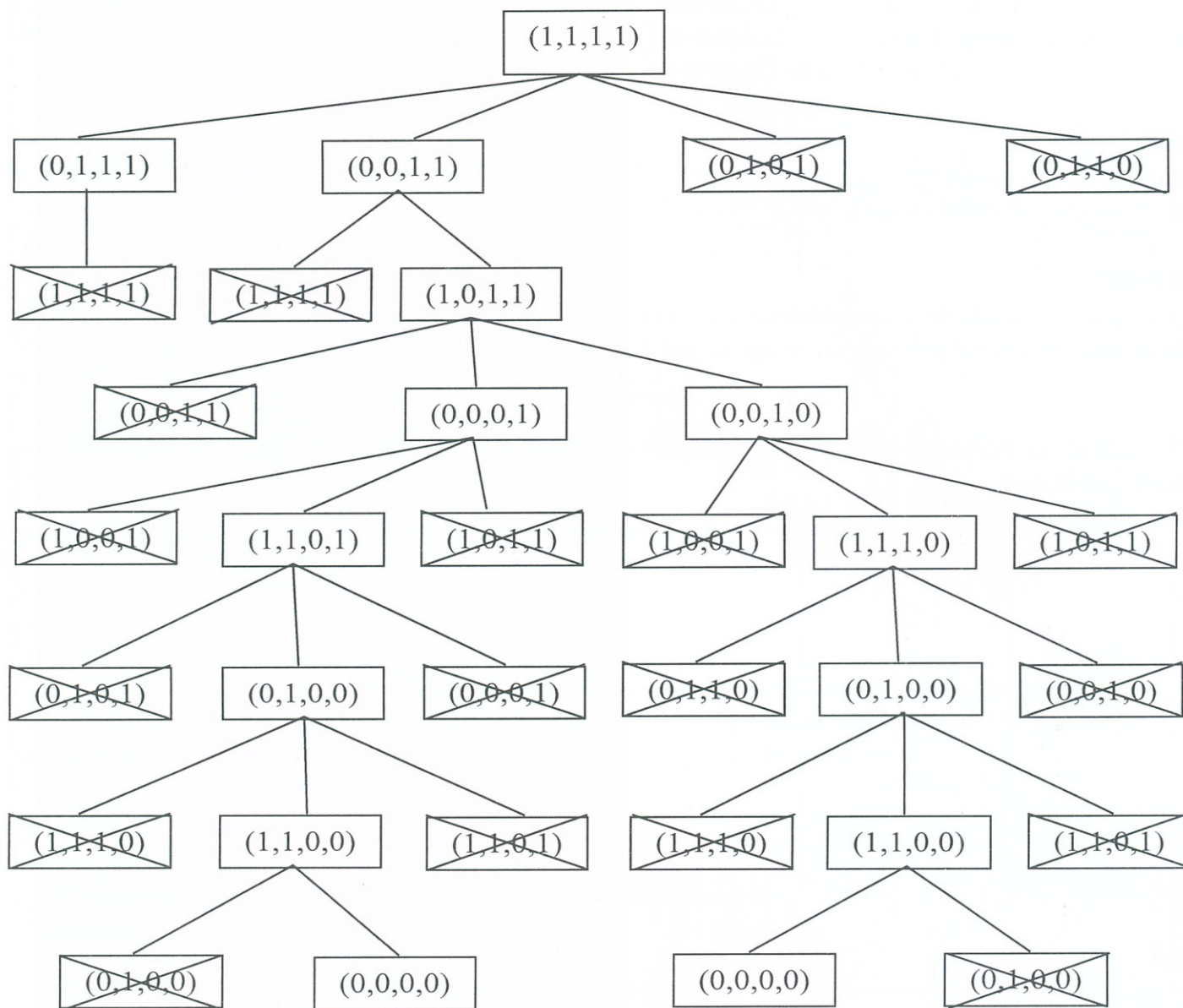
### Megkötések:

- a) Az értéket váltó bit, vagy bitek közül az egyik mindig az első bit kell legyen (az ember a csónakkal), és a másik bit csak vele azonos módon változhat.
- b) A következő állapotok bekövetkezése tilos (mert akkor vagy a káposzta vagy a kecske elpusztul):  $(0,1,1,0)$ ;  $(0,1,0,1)$ ;  $(1,0,1,0)$ ;  $1,0,0,1$
- c) Tilos egy már érintett állapotba visszatérni.

**Célállapot:**  $(0,0,0,0)$



Szemléltetés: A keresési fa – a tilos állapotok áthúzva!



1.1.3. Adott a következő kriptó aritmetikai feladat:

SEND  
+ MORE  
MONEY

(A betűk mindegyike értékes számjegyet jelöl, a különböző betűk különböző számjegyeknek felelnek meg és az összeadás teljesül.)

Adja meg a megoldás keresésének egy lehetséges reprezentációját!

**Megoldás:**

A keresési fát úgy építjük fel, hogy az egyes betűknek 0-9-ig egyenként értéket adunk a még fel nem használt számjegyek közül. **Kiindulási állapot** tehát, hogy egyik betűnek sincs értéke. **Operátorok:** az egyes betűkhöz számjegyet rendelünk. **Állapotok:** Valamennyi számhoz már rendeltünk valamilyen számjegyet. **Célteszt:** Minden számhoz rendeltünk





számjegyet, és az összeadás teljesül. Bár a keresési fát az ismertetett feltételekkel többféle módon is előállíthatjuk, mivel a nyilvánvaló létrehozás rendkívül hasonló az 1.1.1. példában szemléltetett keresési fához – a különbség csak az, hogy 8 helyre kell 10 számjegyet elhelyezni –, ezért itt ezt a keresési fát nem szemléltetjük.

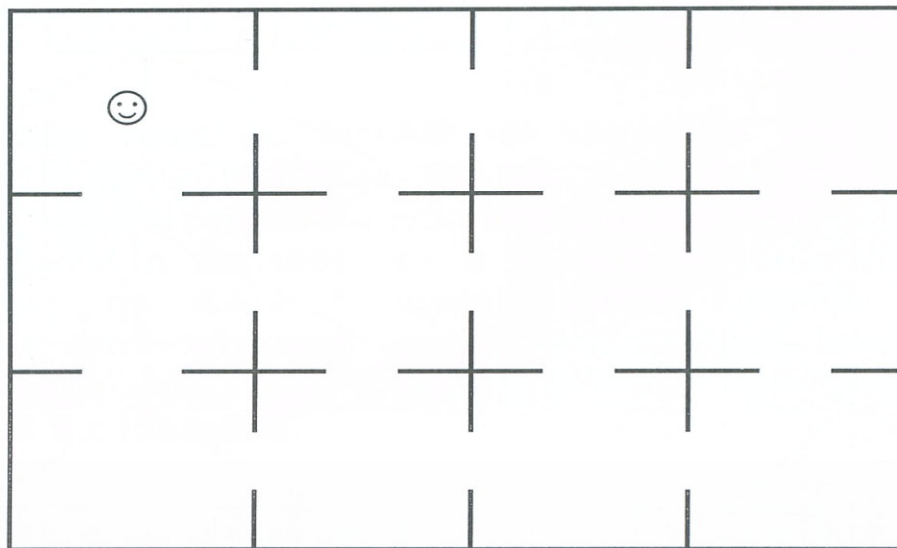
### Megjegyzés:

A feladatban megkötések is megfogalmazódnak, mivel valamennyi számjegy „értékes” a kezdő számjegyek nem lehetnek 0-k (S és M).

### Javaslat:

Próbálja meg a feladatban megoldásának keresését a genetikus algoritmus reprezentációjának megfelelően, és szabályai szerint megoldani!

### 1.1.4. Adott a következő alaprajz, amelyben a vonalak falakat, a nyílások ajtókat jelölnék.



A legfelső szobában levő lakó szeretné megtalálni a kijáratot. Reprézntálja a keresési feladatot! Egészítse ki a reprezentációt úgy, hogy feltesszük, a lakó a legkevesebb szoba érintésével szeretne kijutni!

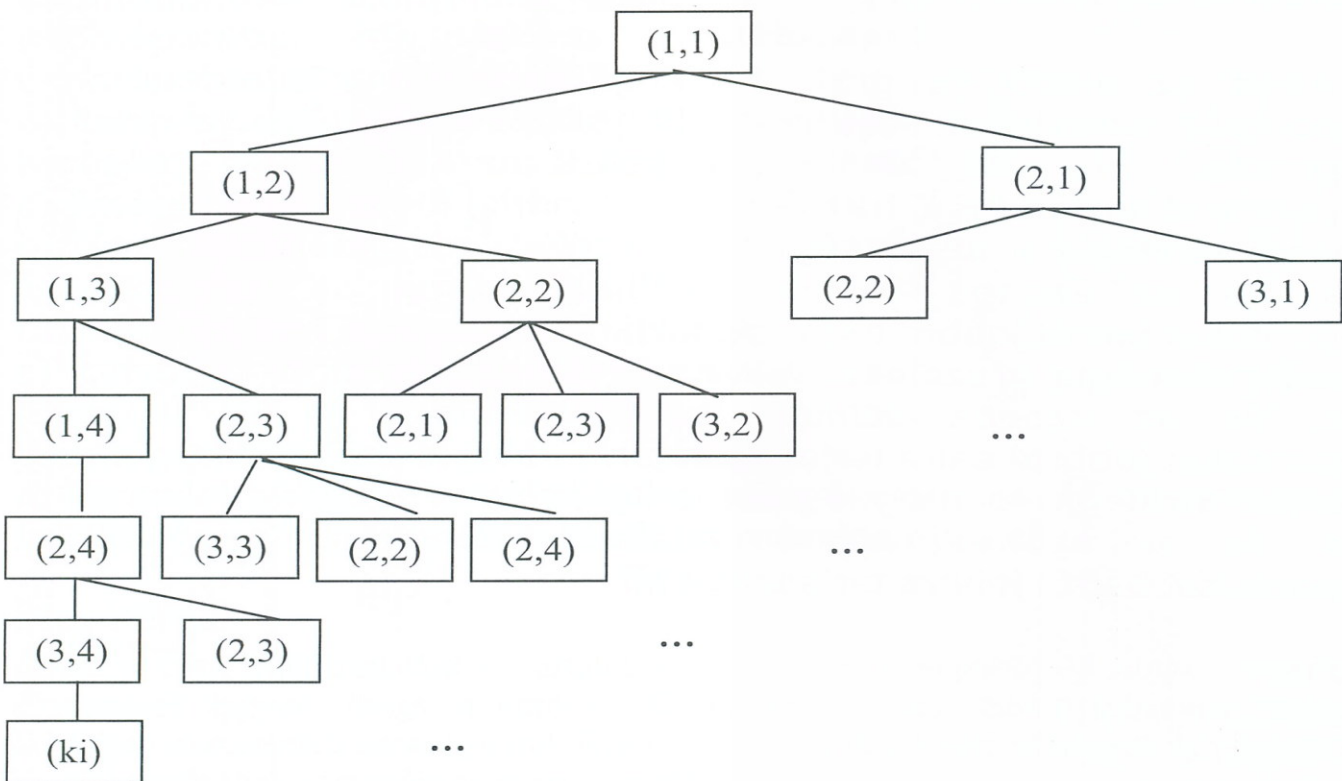
### Megoldás:

A kiindulási állapot a rajzon látható. **Operátorok:** a lakó átmegy a szomszédos szobába. **Állapotok:** a lakó valamelyik szobában, vagy a falakon kívül van. **Célteszt:** a lakó a falakon kívül van-e. **Költségek:** az operátorok költsége egységnyi. Azt a megoldást keressük, ahol a költségek összege minimális.

**Szemléltetés:** A szemléltetéshez jelöljük a szobákat a sor és oszlop számával, tehát a kiindulási állapot, hogy a lakó az (1,1) szobában van, az operátor, hogy a számpár valamelyik elemét 1-gyel növeljük vagy csökkentjük (az első szám 1 és 3 között, a második szám 1 és 4 között változhat), illetve kizárólag a (3,4) állapot után felveheti a (ki) értéket.



A keresési fa:



A fa építése a fentiekhez hasonlóan folytatódik a többi ágon is. Minden él költsége 1, így a legkevesebb lépésben a (ki)-hez jutó ágon van(nak) a megoldás(ok).

### Javaslat:

Zárjon be néhány ajtót a fenti lakásban, és reprezentálja úgy a feladatot! Tegye lehetővé a zárt ajtók kinyitását, de ekkor növelje a szomszéd szobába jutás költségét, és így is reprezentálja a feladatot!

**1.1.5. Reprezentálja a sakk táblán elhelyezett 8 királynő problémáját! Ebben az a feladat, hogy olyan elhelyezést kell találnunk, hogy egyik királynő se támadja a többit, és mind a 8 királynő legyen a sakk táblán. (A sakk szabályai szerint a királynő mind a sorok, mind az oszlopok, mind pedig az átlók irányában tetszőleges számú mezőt léphet. Az tekinthető a királynő által támadottnak, amelyik bábú a fenti irányok bármelyikén áll.)**

### Megoldás:

**Kiindulási állapot:** nincs királynő a sakk táblán. **Operátor:** Egy királynő elhelyezése a sakk táblán az üres mezők valamelyikére. **Állapotok:** 0-8 számú királynő a sakk táblán elhelyezve. **Célállapot:** pontosan 8 királynő a táblán, és egyik sem támadja a másikat. A szemléltetéstől itt eltekintünk (lásd a jegyzetet).



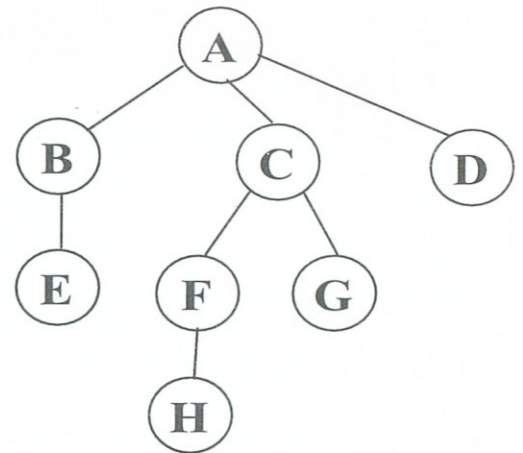
## 1.2. Vakkeresési stratégiák

1.2.1. Adott az alábbi fa gráf. Az A jelű csomópontból szeretnénk eljutni a H jelű csomópontba. Írja fel a meglátogatott csomópontokat sorrendben, ha a

a) keresési stratégia a szélességben először keresés, és az azonos szinten található csomópontokat balról jobbra terjesztjük ki!

b) keresési stratégia a szélességben először keresés, és az azonos szinten található csomópontokat jobbról balra terjesztjük ki!

c) keresési stratégia a mélységben először keresés, és az azonos szinten található csomópontokat balról jobbra terjesztjük ki!



Megoldás:

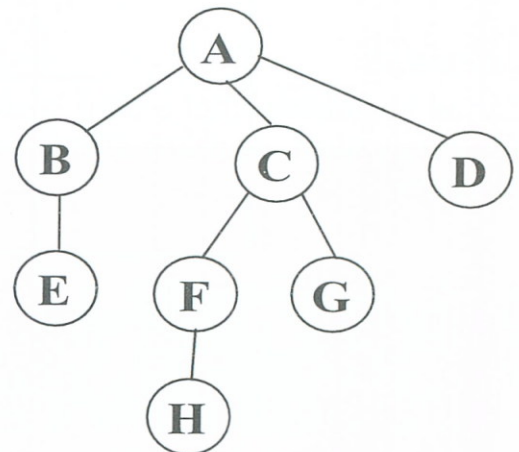
- a) A-B-C-D-E-F-G-H
- b) A-D-C-B-G-F-E-H
- c) A-B-E-C-F-H

1.2.2. Adott az alábbi fa gráf. Az B jelű csomópontból szeretnénk eljutni a G jelű csomópontba. Írja fel a meglátogatott csomópontokat sorrendben, ha a

a) keresési stratégia a szélességben először keresés, és az azonos szinten található csomópontokat balról jobbra terjesztjük ki!

b) keresési stratégia a szélességben először keresés, és az azonos szinten található csomópontokat jobbról balra terjesztjük ki!

c) keresési stratégia a mélységben először keresés, és az azonos szinten található csomópontokat balról jobbra terjesztjük ki!



Megoldás:

- a) B-E-A-C-D-F-G
- b) B-A-E-D-C-G
- c) B-E-A-C-F-H-G



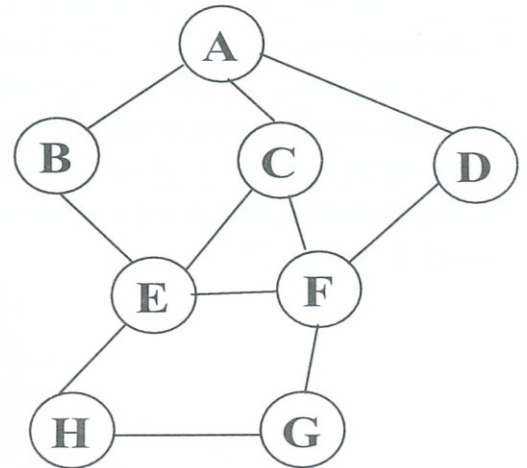
1.2.3. Adott az alábbi gráf. Az A jelű csomópontból szeretnénk eljutni a H jelű csomópontba. Írja fel a meglátogatott csomópontokat sorrendben, ha a

a) keresési stratégia a szélességben először keresés, és az azonos szinten található csomópontokat balról jobbra terjesztjük ki!

b) keresési stratégia a szélességben először keresés, és az azonos szinten található csomópontokat jobbról balra terjesztjük ki!

c) keresési stratégia a mélységben először keresés, és az azonos szinten található csomópontokat balról jobbra terjesztjük ki!

d) keresési stratégia a mélységben először keresés, és az azonos szinten található csomópontokat jobbról balra terjesztjük ki!

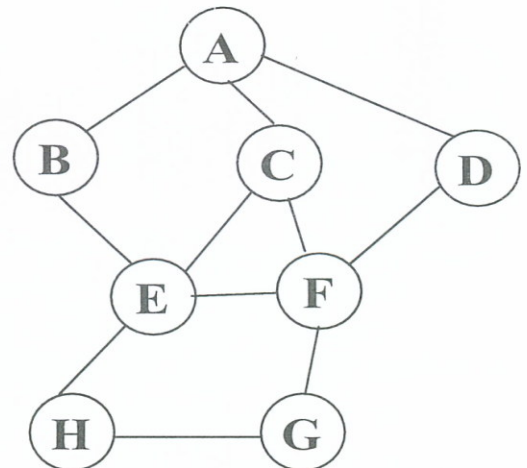


**Megoldás:**

Mivel a fenti gráf hurkokat is tartalmaz, a következő megkötéssel élünk, hogy a keresés egyértelmű legyen, (hogy a keresés állapotterét keresési faként lehessen leképezni): A korábban már érintett csomópontok felé nem folytatjuk a kiterjesztéseket. Így a csomópontok meglátogatásának sorrendje az egyes esetekben:

- a) A-B-C-D-E-F-H
- b) A-D-C-B-F-E-G-H
- c) A-B-E-H
- d) A-D-F-G-H

1.2.4. Adott az alábbi gráf. Milyen sorrendben járja be a mélységben először keresési stratégiával az F-ből a H-t kereső algoritmus ezt a gráfot, ha a keresés során az azonos szinten lévő csomópontok közül mindig a 12-től induló, óramutató járásával ellenkező irányba eső csomópontok sorrendjében haladunk? Hányadik lépésben jutunk el a célba? Mi lesz a bejárési sorrend, ha az irányt az óramutató járásának megfelelőre változtatjuk?



**Megoldás:**

F-C-A-B-E-H, összesen 6 lépésben (hiszen az F-re is lépnünk kell). Az irány megváltoztatásával a sorrend a következő: F-D-C-E-H, ez 5 lépés.



1.2.5. Milyen keresési fát épít, és milyen sorrendben vizsgálja a csomópontokat az ábrázolt labirintus bejárásakor (Az azonos szinten levő csomópontokat mindig a fel-balra-le-jobbra sorrendben fejtsük ki!)

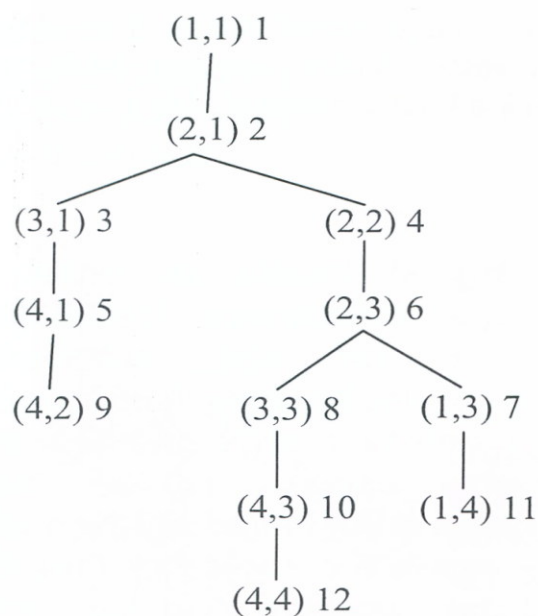
a) a szélességben először keresés, ha az (1,1) mezőből indul, és a (4,4) mező a célja?

b) a mélységben először keresés, ha az (1,1) mezőből indul, és a (4,4) mező a célja?

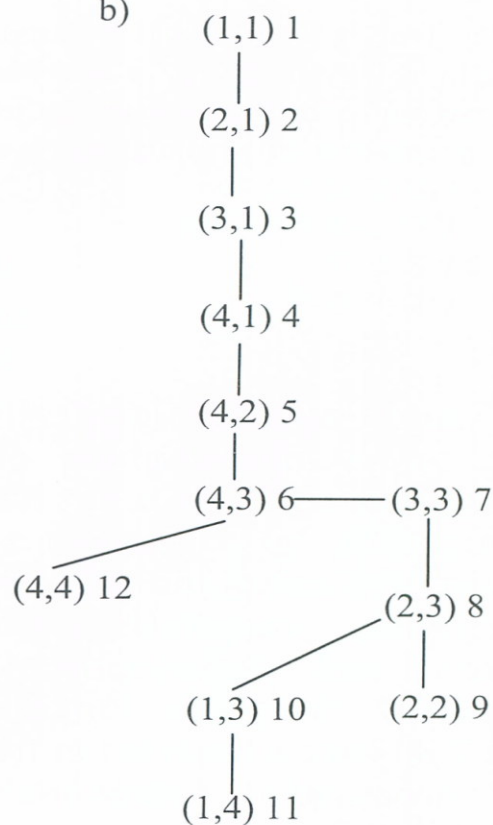
	1	2	3	4
1		■		
2				■
3		■		■
4				

Megoldás:

a)



b)

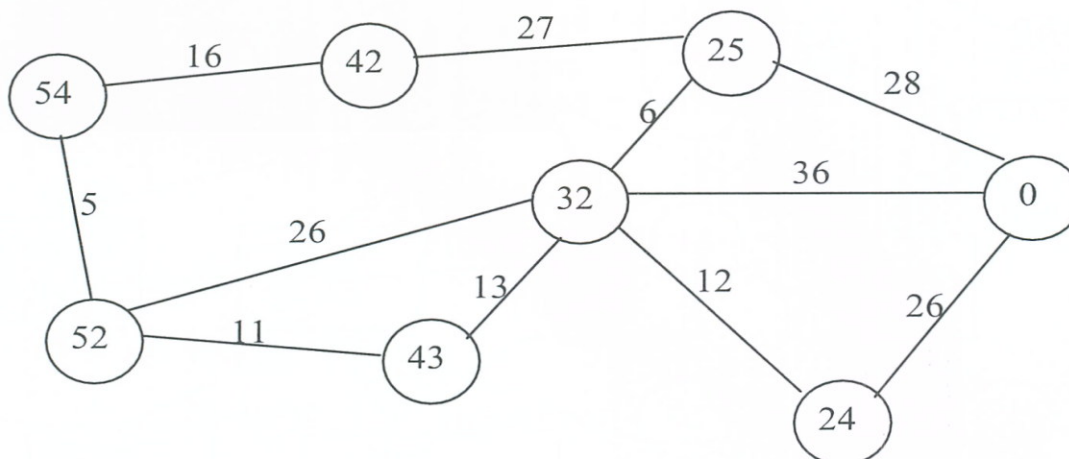


A hurkok elkerülése érdekében az egyszer már vizsgált csomópontok felé nem terjesztjük ki újra a keresést.



### 1.3. Heurisztikus gráfkeresési stratégiák

1.3.1. Adott az ábrán látható topológia, ahol az élekre írt számérték a csomópontok közötti valódi távolságot, a csomópontokra írt szám pedig a csomópont célponttól mért legkisebb („légvonalban mért”) távolságát jelenti.



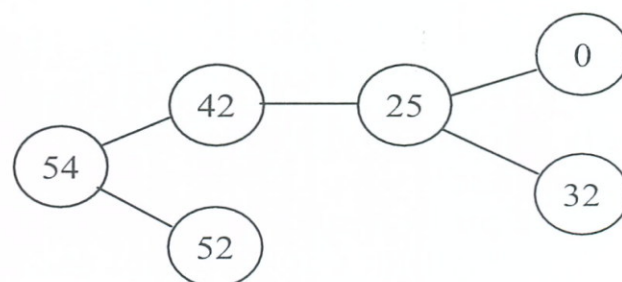
Milyen fát épít, és milyen sorrendben járja be az adott topológiát

- a mohó keresés, ha az alkalmazott becslés (heurisztika) a célponttól mért legkisebb távolság nagysága?
- az A\* keresés, ha az alkalmazott becslés (heurisztika) a célponttól mért legkisebb távolság nagysága?

**Megoldás:**

a) A mohó keresés mindig a becslés alapján rövidebb utat fogja választani, tehát a csomópontokban elhelyezett számokkal jelölve a csomópontok sorrendje a következő:

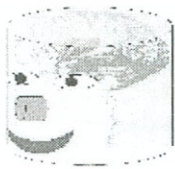
54 – 42 – 25 – 0, ami az összes megtett valódi távolság tekintetében (71 km) nem optimális.



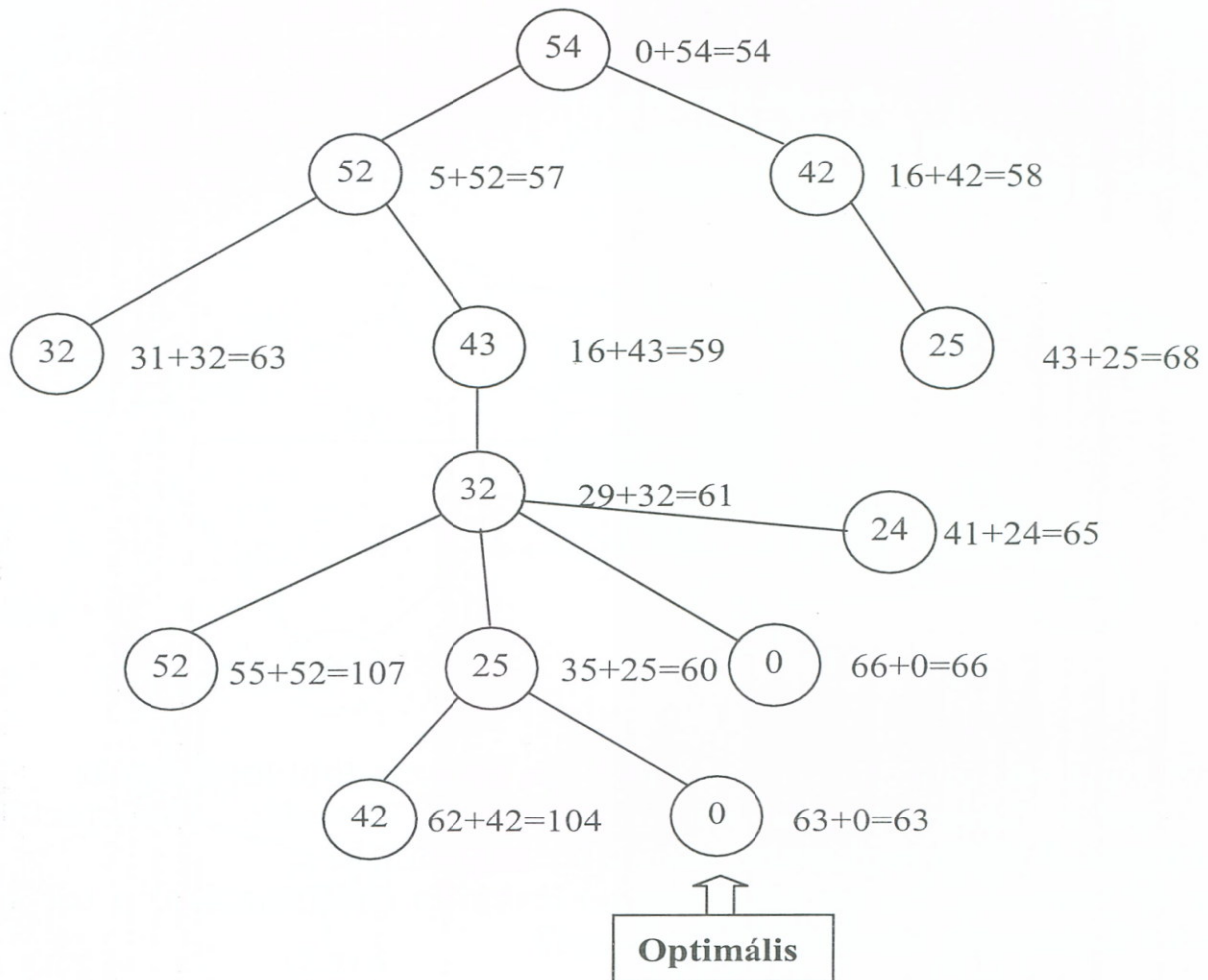
A választásoknál a nem választott csomópontot is vizsgálja, ezért jelöli a fa ezeket a csomópontokat is.

b) Az A\* keresésnél a választás alapja az eddig megtett út és a hátralevő út becslésének összege ( $f(n) = g(n) + h(n)$ ), ahol  $g(n)$  értéke az aktuális élekre írt távolságok összege,  $h(n)$  értéke pedig az aktuális csomópontba írt legkisebb távolság.

A fán a csomópontba írt számmal jelzett csomópontok mellé a  $g(n)+h(n)=f(n)$  számokkal fölírt összeget írjuk, ahol mindig a legkisebb érték felé folytatódik a fa továbbterjesztése. Természetesen a választás miatt kiterjesztett csomópontokat itt is tartalmazza az A\* által épített keresési fa.



A keresési fa:



1.3.2. Adott egy keresési feladat a háromjegyű számok halmazán (100 és 999 közötti számok). A feladat egy tetszőlegesen megadott számból (I-ből) eljutni egy másik megadott számhoz (G-be). A feladat szabályai a következők:

- I. Egy lépés azt jelenti, hogy az adott szám egyik számjegyét eggyel növeljük vagy eggyel csökkentjük.
- II. Két egymás utáni lépésben nem szabad ugyanazt a számjegyet módosítani.
- III. A 9-es számjegyhez nem lehet hozzáadni, a 0-ból nem lehet levonni.
- IV. Nem tehető olyan lépés, amely a tiltott halmazba tartozó számot állítana elő.

A feladat megoldásához az A\* algoritmust kell használni. Legyen a  $h(n)$  függvény a következőképpen definiálva:

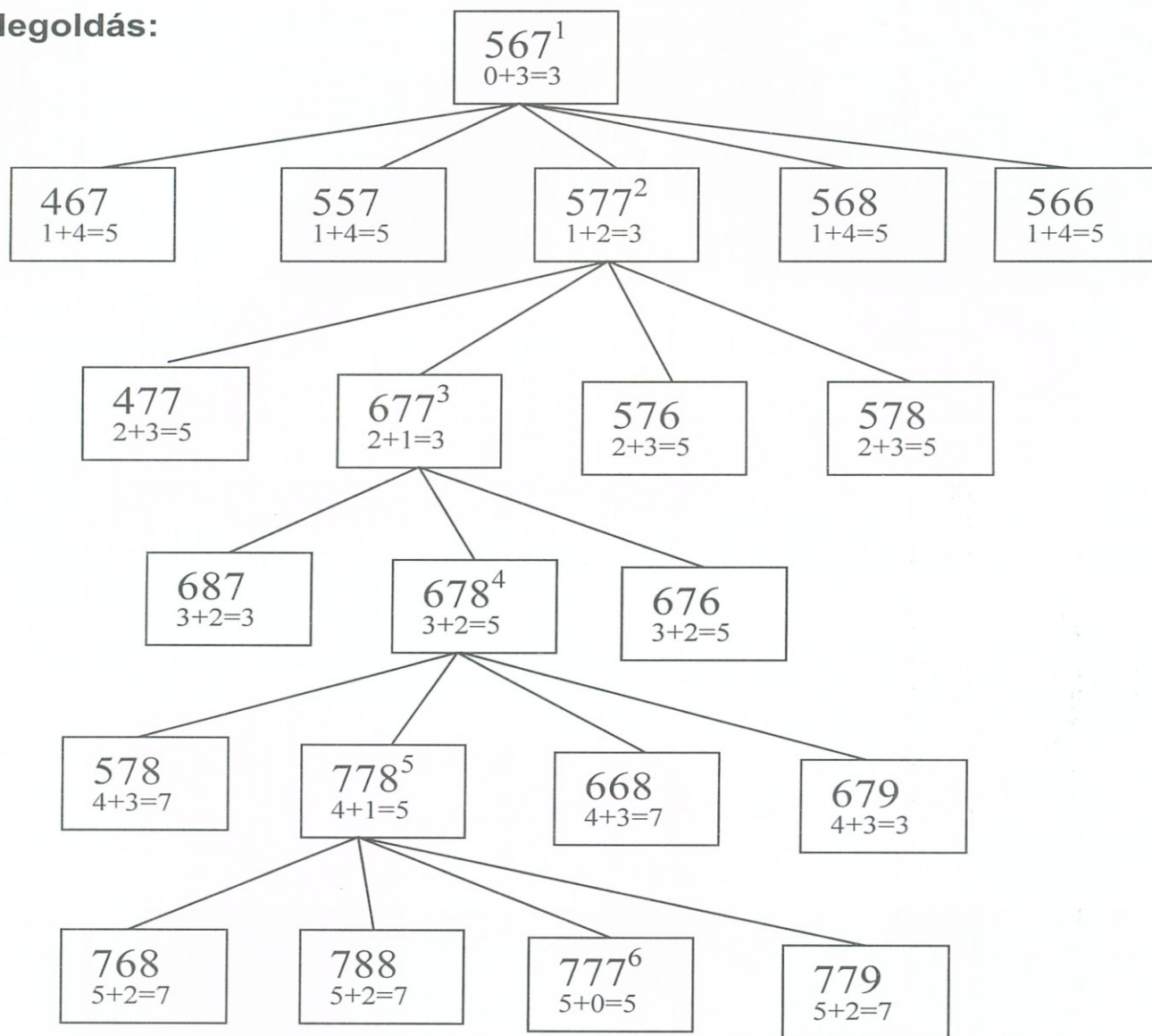
$$h(h) = |G_1 - n_1| + |G_2 - n_2| + |G_3 - n_3|$$

ahol az aktuális állapothoz tartozó szám számjegyei rendre  $n_1$   $n_2$   $n_3$ , míg a célállapothoz tartozó szám számjegyei  $G_1$   $G_2$   $G_3$ .



Rajzolja meg a keresési fát, ha  $I=567$ ,  $G=777$  és a tiltott számok halmaza:  $\{666,667\}$ . Adja meg minden csomópontra a  $g$ ,  $h$  és  $f$  függvények értékeit!

Megoldás:

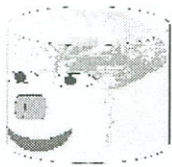


**Megjegyzés:** A 4. Szinten több elágazás is lehetséges

1.3.3. Vegye fel a 8-as játék egy tetszőleges állapotát! (A cél állapotot az ábrán rögzítettük.)

1	2	3
8		4
7	6	5





- Definiáljon egy alkalmas heurisztikus kiértékelő függvényt, és adja meg az imént felvett állapot távolságát a céltól ezzel a függvénnyel!
- Optimális-e az A\* keresés ezzel a heurisztikus kiértékelő függvénnyel? Indokolja meg a választát! Ha szükséges, módosítsa a heurisztikus függvényét úgy, hogy optimális A\* keresést eredményezzen!
- Rajzolja meg a keresési fa A\* algoritmussal kifejtett ágait, és adja meg az  $F(n)$  függvény értékeit lépésenként!

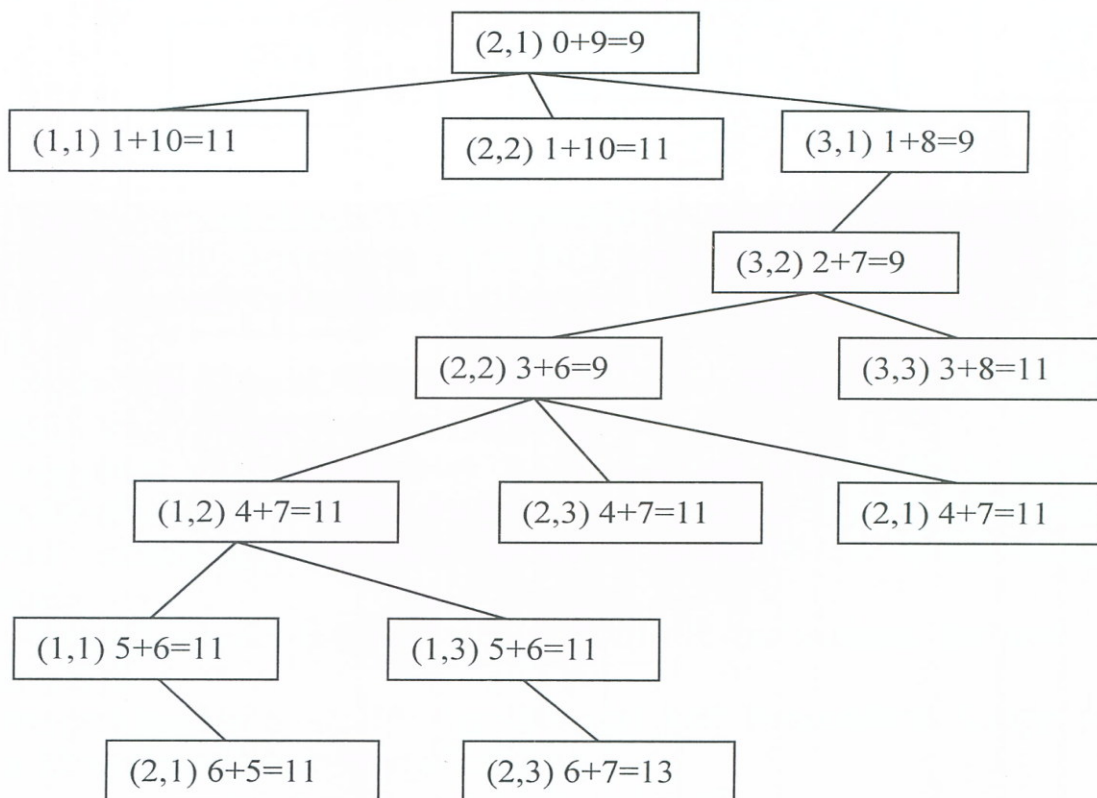
**Megoldás:**

3	2	8
	6	4
1	7	5

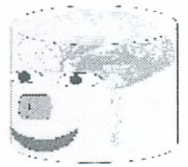
a) Bármilyen  $h$  függvény alkalmas, amely egy adott álláshoz egyetlen függvényértéket rendel. Ilyen például az egyes számoknak a célállapotbeli helyzetűtől való távolságuk összege. A kiválasztott állapot esetén  $h=9$ .

b) A javasolt  $h$  függvénnyel valóban optimális lesz az A\* keresés, mert az egyes számok célbeli helyzetűktől mért távolságának minimális értékét összegezzük, amelynél a megteendő út semmiképp sem lehet kisebb.

c) A nyolcas játék rendezési problémáját mindig úgy lehet legegyszerűbben leírni, ha az üres mező mozgásának koordinátáit követjük, miközben a megadott  $h$  érték behelyettesítésével határozzuk meg  $f$  költségfüggvény értékét.



A kiterjesztés a 4. szintnél másképp is folytatódhatna, és a kifejtett ág sem nem teljes. Hasonló módon folytatható a keresési gráf, míg a célállapotot megkapjuk.



1.3.4. Adott egy sakktábla és egy huszár figura a A1 mezőn. Szabályos lóugrással a G8 mezőre kell juttatni a huszárt. Adja meg a fenti feladat keresési fáját az A\* heurisztikának megfelelően, ahol  $h(n)$  értéke az aktuális  $n$  mező és a cél (G8) mező Manhattan (index) távolsága, vagyis  $h(n) = abs(x_n - x_G) + abs(y_n - y_8)$ , ahol rendre

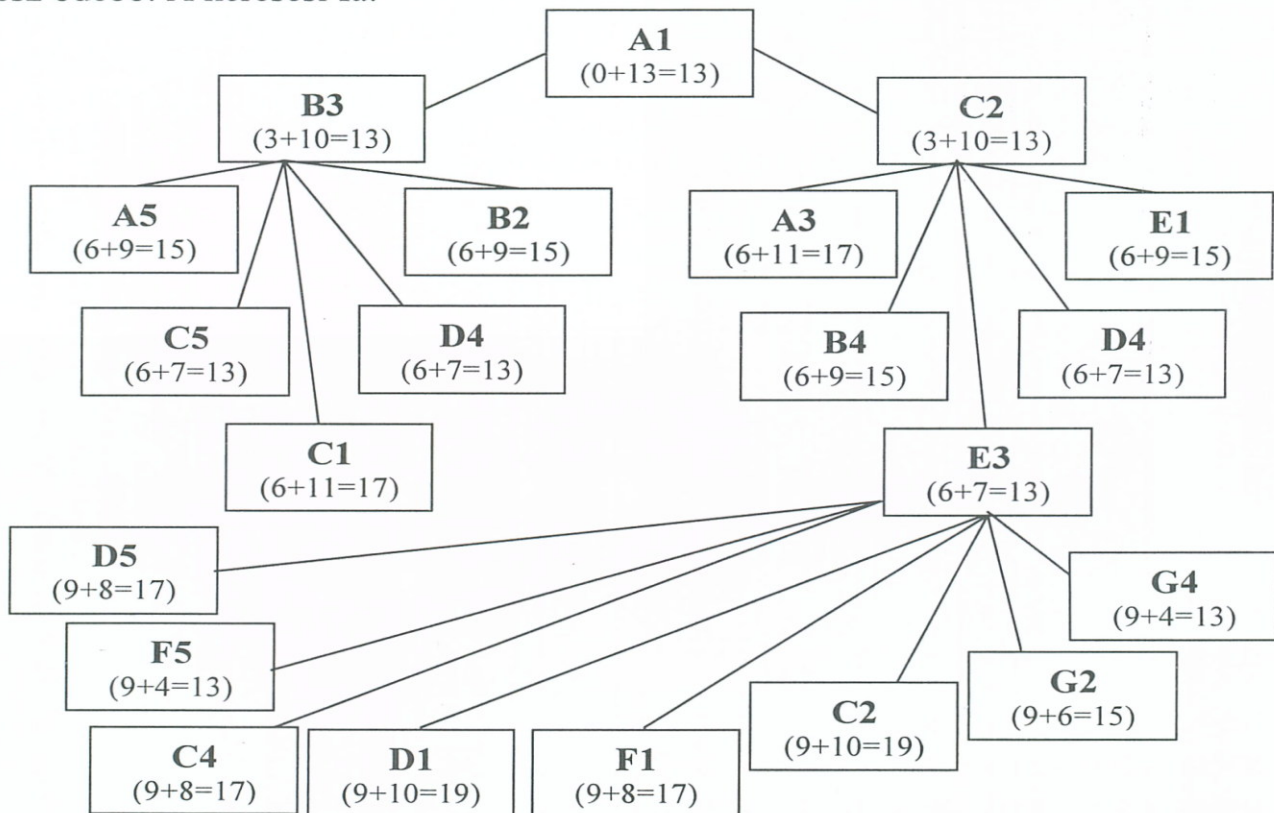
$x_A$  és  $y_1$  értéke 1;  $x_B$  és  $y_2$  értéke 2; ...  $x_H$  és  $y_8$  értéke 8

Rajzolja fel az A\* által generált keresési fát és a csomópontjaihoz tartozó  $f(n)$ ,  $g(n)$ ,  $h(n)$  értéket határozza meg!

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								

### Megoldás:

Az adott heurisztika mellett a G8 cél állapot és az A1 kiindulási állapot távolságának becslése:  $h(n) = (7-1) + (8-1) = 13$  A sakk szabályai szerint a ló L alakban (egy irányba 2 majd oldalra 1) lép, tehát a lépése eredményeként a Manhattan távolság alapján 3-mal lesz odébb. A keresési fa:

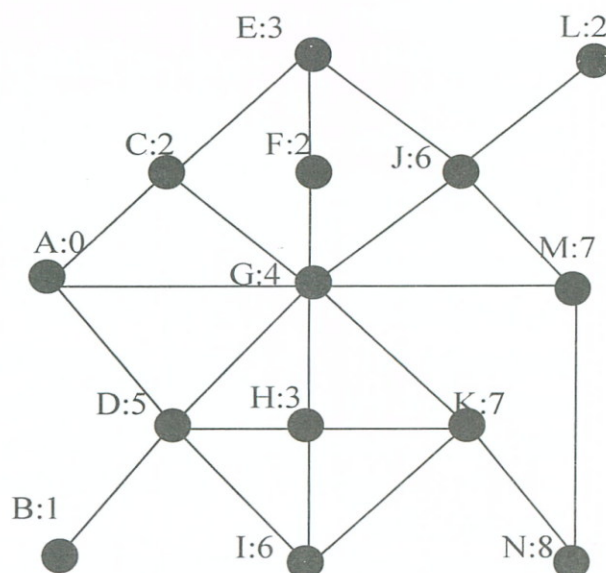


A keresési fa csak szemléltetés, természetesen az azonos  $f(n)$  értékek mindegyikénél folytatni kell a fa kiterjesztését, és a folytatásból csak azokat kell kizárni, amelyeknél van jobb értékű (alacsonyabb  $f(n)$  függvényértékű) csomópont. Az ilyen bonyolultságú keresések, bár még kézi számítással is nyomkövethetők már elsősorban számítógépes keresésre adnak reprezentációs lehetőséget, illetve ha számonkérésben szerepelnek, hasonló szemléltetés és szóbeli kiegészítés mellett a teljesség nélkül is elfogadhatók.



### 1.4. Iteratív javító algoritmusok

1.4.1. Az alábbi állapotternél az ABC betűi jelölik a különböző állapotokat, a mellettük található szám az állapotok jóságát képviselő értéket adja meg. Adja meg, hogy milyen utat jár be a keresőalgoritmus a csúcsramászás módszerének alkalmazásával, ha az A pontból az N pontba kell eljutni! Változtassa meg valamelyik csomópont jósági értékét úgy, hogy a csúcsramászás módszere segítségével a feladat ne legyen megoldható (a keresés elakadjon)!



#### Megoldás:

A csúcsramászás algoritmus a szomszéd csomópontokat ellenőrizve mindig a legnagyobb jósági értékű csomópontot kiválasztva halad. Az A csomópont közvetlen szomszédai: a C (2), a G (4) és a D (5) pontok közül ez utóbbinak a legnagyobb a jósági értéke, tehát ezt választja, és erre indul. Hasonló indoklás alapján az ábrázolt állapotteren a bejárt útvonal:

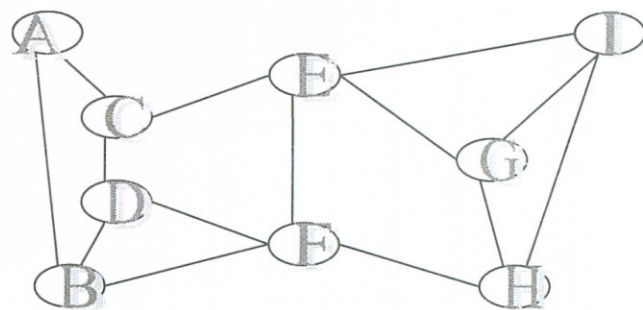
$$A (0) - D (5) - I (6) - K (7) - N (8)$$

Amennyiben a D csomópont jósági értékét 7-re vagy annál nagyobbra növelem, a csúcsramászás módszere úgy érzékeli, hogy már a csúcson van, hiszen ekkor D valamennyi szomszédja alacsonyabb jósági értékkel rendelkezik, tehát az algoritmus elakad.

1.4.2. Az alábbi állapotternél az ABC betűi jelölik a különböző állapotokat, a hozzájuk tartozó jósági értékeket pedig az alábbi táblázat foglalja össze.

A	B	C	D	E	F	G	H	I
0	2	3	5	4	7	10	9	11

a) Adja meg, hogy milyen utat jár be a keresőalgoritmus a csúcsramászás módszerének alkalmazásával, ha az A pontból az I pontba kell eljutni, illetve eljut-e a célba!



b) Optimális-e a megoldás és miért (az érintett csomópontok száma alapján döntsük el)?



**Megoldás:**

- a) A mindenkori legjobb jósági értékű szomszédot választva az algoritmus a következő utat járja be:

A – C – D – F – H – I

- b) A csomópontok számát tekintve ez az útvonal összesen 6-ot érint, ha a jósági értékektől eltekintünk, akkor az A – C – E – I útvonal kevesebb csomópontot járna be, tehát a csúcsramászás módszere nem mindig a legrövidebb úton jut el a keresett megoldásig. Ugyanakkor a megtalált csomópont a legnagyobb jósági értékű, tehát optimális volt az a) pontban. Az iteratív javító algoritmusokat olyan keresési feladatok megoldására használhatjuk, ahol nem a megoldáshoz vezető út, hanem maga a megoldás az, amit keresünk (pl. optimum/szélsőérték keresések).

**Megjegyzés:**

Legtöbb keresési feladat megfogalmazható (reprezentálható) úgy, hogy valamely iteratív javító algoritmus megoldást szolgáltatson. Például a megoldáshoz vezető különböző utakat jelképezik a csomópontok, a jósági értékük, pedig az utak költségét kifejező érték, ami annál magasabb, minél kisebb költségű az útvonal.

**1.4.3. Adott egy genetikus algoritmus két egyedének genetikus kódja. Írjuk föl, hogy milyen utód egyedeket hoz létre**

- a) az egyponthozos keresztezés  
b) az egyponthozos mutáció

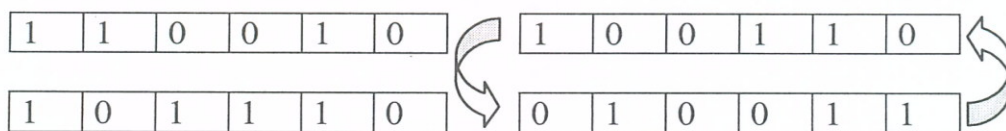
ha a szülő egyedek az adott egyedek!

1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

**Megoldás:**

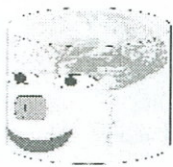
- a) Legyen a keresztezési pont az egyedek kódjában a 6. bit (szám) után! Válasszuk ennél a pontnál szét az egyes egyedeket reprezentáló kódot (számsorozatot)!



Hagyjuk változatlanul az így kialakult számsorozatok első felét, és cseréljük fel a két hátsó fél számsorozatot! Vonjuk össze ezután az így kialakult fél számsorokat egészszé!

1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



b) A mutációs pontokat az egyedek számsorából véletlenszerűen kiválasztva az ott szereplő bitet kell megváltoztatni. Ha a kiválasztott mutációs pont az 5. bit akkor a két szülő egyed kódja a következőképpen módosul:

1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
⇕											
1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1

1.4.4. Adott egy evolúciós algoritmus két egyedének kódja (a kód csak egyjegyű, értékes számokat tartalmaz). Írjuk föl, hogy milyen utód egyedeket hoz létre

a) az egyponthoz keresztezés (keresztezési pont a jelölésnél)

b) az egyponthoz mutáció (mutációs pont a jelölésnél)

ha a szülő egyedek az adott egyedek!

3	4
5	3
4	1
1	5
6	7
7	8
2	6
8	2

Megoldás:

a) A keresztezés után az utódok:

b) Az ezt követő mutáció eredményeként pl.:

3	4
5	3
4	1
1	5
7	6
8	7
6	2
2	8

3	4
5	9
4	1
1	5
6	7
7	8
2	6
8	2

1.4.5. Adott egy labirintus (ábra), jelölje „B1” a kiindulási pontot, és „F5” a célpontot. A labirintus egyes négyzetének a távolsága a céltól a Manhattan távolság (1.3.4. feladat) segítségével számítható. Az egyes négyzetek jóságai értékeit úgy képezhetjük, hogy a négyzet Manhattan távolságát 20-ból kivonjuk.

	A	B	C	D	E	F
1						
2						
3						
4						
5						

a) Eljut-e a célpontba az adott labirintuson a definiált jóságai értékekkel a csúcsramászás algoritmus?



**b) Milyen labirintus esetén nem használható a csúcsramászás algoritmus? (Mutasson egy példát!)**

**Megoldás:**

- a) A kiszámítható jósági értékek alapján a csúcsramászás azt az irányt követi, amerre ez a jósági érték növekedik, sőt a lehetséges irányok közül mindig azt választja, amerre a legnagyobb növekedést találja. Ezek alapján az egyes lépések illetve választások:

$$B1 \text{ jósági értéke: } M(B1, F5) = 8 \rightarrow JÉ(B1) = 20 - 8 = 12$$

$$A1 \text{ jósági értéke: } M(A1, F5) = 9 \rightarrow JÉ(A1) = 20 - 9 = 11$$

$$C1 \text{ jósági értéke: } M(C1, F5) = 7 \rightarrow JÉ(C1) = 20 - 7 = 13 \text{ (tehát ezt választja)}$$

Hasonlóan folytatva a számolást és a lépkedést:

$$JÉ(C2) = 14 \text{ továbblép}$$

$$JÉ(C3) = 15 \text{ továbblép}$$

$$JÉ(C4) = 16 \text{ továbblép}$$

$$JÉ(B4) = 15 \text{ vagy } JÉ(C5) = 17 \text{ közül ez utóbbit választja}$$

$$JÉ(D5) = 18 \text{ továbblép}$$

$$JÉ(E5) = 19 \text{ továbblép}$$

$$JÉ(E4) = 18 \text{ vagy } JÉ(F5) = 20; \text{ ez utóbbit választja, és célba ér.}$$

- b) A példában szereplő labirintus az „F3” célponttal már jól példázza, hogy a csúcsramászás algoritmus nem tud mindig célba jutni. Ekkor az algoritmus a „C3” négyzet után csak olyan csomópontot talál, ahol a jósági érték csökken, így elakad.

**1.4.6. Legyen az  $f(x,y,z) = x^2 + y^3 + z$  háromváltozós függvény értelmezési tartománya a természetes számok halmazán a**

$$\{ 1 \leq x \leq 100, 1 \leq y \leq 100, 1 \leq z \leq 100 \}$$

**számhalmaz. Keressük ennek a függvénynek a maximumát a csúcsramászás módszerével! Az egyes állapotok a különböző  $x,y,z$  számhármások, a szomszédos állapotok, ahol a három helyettesítési érték összege és az előző állapot helyettesítési értékeinek összege különbségként csak 1-et ad, vagyis  $abs((x_k + y_l + z_m) - (x_{k+1} + y_{l+1} + z_{m+1})) = 1$ .**

**Megoldás:**

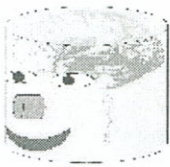
Legyen az egyes állapotok jósági értéke azonos az  $f(x,y,z)$  függvény értékével, így a legnagyobb jósági érték egyben a függvény maximuma lesz. A keresés kiindulási pontjaként válasszunk az értelmezési tartományból egy tetszőleges pontot. Legyen ez pl. az  $x=23, y=12, z=37$  ponthármas. Ennek a ponthármasnak (csakúgy mint az értelmezési tartomány belső pontjainak 6 szomszédja van. Ezekre vizsgálva a jósági értékeket a következőket kapjuk:

$$\text{Kiindulási pont: } 23^2 + 12^3 + 37 = 2294$$

$$x+1 \rightarrow 24^2 + 12^3 + 37 = 2341 \quad y+1 \rightarrow 23^2 + 13^3 + 37 = 2763 \quad z+1 \rightarrow 23^2 + 12^3 + 38 = 2295$$

$$x-1 \rightarrow 22^2 + 12^3 + 37 = 2249 \quad y-1 \rightarrow 23^2 + 11^3 + 37 = 1897 \quad z-1 \rightarrow 23^2 + 12^3 + 36 = 2293$$

Tehát a továbblépés a 23, 13, 37 számhármás felé.



Mivel a köbre emelés növeli leginkább a függvényértéket, és a pozitív tartományban a köb monoton növekszik, a csúcsramászás az  $y_{n+1}=y_n+1$  változások mentén halad, amíg eléri az  $y=100$  értéket. Ezután a négyzetre emelt tag növekszik gyorsabban és monoton, tehát a folytatásban a csúcsramászás az  $x_{n+1}=x_n+1$  változások mentén halad, míg ez is eléri a 100 határértéket. Végül a  $z$  változó egyenkénti növelésével lehet még nagyobb függvényértékeket találni, amíg ez is 100 értékű nem lesz. A függvényérték a leírt útvonalon szigorúan monoton nő, tehát a csúcsramászás módszere nem akad el. A maximális függvényérték pedig:  
 $100^2+100^3+100=1010100$

### Megjegyzés:

Mivel a megadott függvény az adott értelmezési tartományon szigorúan monoton, a csúcsramászás módszere alkalmazható a maximum (vagy a minimum) keresésére.

### 1.4.7. Alkalmazza az előző feladat szélsőérték keresési problémájának megoldására a genetikus (evolúciós) algoritmus módszerét!

#### Megoldás:

Kódoljuk úgy az evolúciós keresés egyedeit, hogy azok a következő számhármassok legyenek:  $(x_k, y_l, z_m)$ , ahol  $k, l, m$  tetszőleges természetes számok 1 és 100 között! Legyen az egyes egyedek rátermettségi értéke (fitness factor) az  $f(x, y, z)$  függvény értékével egyenlő! Kezdeti populációként válasszunk ki például 40 számhármast (egyedet)! Rangsoroljuk és rendezzük csökkenő sorrendbe a kezdeti populáció egyedeit a rátermettségi értékük szerint! Őrizzük meg a legjobb 20 egyedet, és „selejtezzük ki a leggyengébb 20 egyedet (választhatunk más selejtezési arányt is)! A megtartott 20 egyedből Keresztezéssel állítsunk elő újabb 20 egyedet! Példa a keresztezésre:

1. egyed: (23, 12, 37)

2. egyed: (47, 86, 65)

A keresztezési pont az  $y$  értéke után legyen. Ekkor az új egyedek:

1. utód: (23, 12, 65)

2. utód: (47, 86, 37)

Egy előre kiválasztott mutációs aránynak megfelelő számú mutációt hajtsunk végre!

Példa a mutációra:

Mutáció előtt: (23, 12, 37)

mutáció után: (23, 47, 37)

Az így létrejövő 40 egyedből álló új populációra ismételjük meg az előzőekben leírt kiválasztási és utánpótlási eljárást, majd ezt ciklikusan addig ismételjük, míg azt tapasztaljuk, hogy a populációban már nincs jelentős változás (nem növekszik a rátermettségi értéke az egyedeknek).



## 2. Logika

### 2.1. Tudásreprezentáció

2.1.1. Adott a két alábbi, elsőrendű logikában megfogalmazott mondat:

$$\forall x \exists y \geq (x, y)$$

$$\exists x \forall y \geq (x, y)$$

Tegyük fel, hogy az  $x$  és az  $y$  változók a természetes számok értékeit (0, 1, 2, ...,  $\infty$ ) vehetik fel, és hogy a „ $\geq$ ” predikátum jelentése: „nagyobb-vagy egyenlő”.

- a) A fenti interpretáció mellett fogalmazza meg az állításokat magyarul!  
b) Határozza meg az állítások (mondatok) igazságértékét!

#### Megoldás:

a) A fenti felírás ismerős lehet a matematikából.

Az első állítás: Minden  $x$  természetes számhoz található (létezik olyan)  $y$  természetes szám, hogy az  $x$  nagyobb vagy egyenlő  $y$  számnál.

Másképp: Van olyan természetes szám, amelynél valamennyi természetes szám Nagyobb, vagy azzal egyenlő.

A második állítás: Létezik olyan  $x$  természetes szám, hogy valamennyi (minden)  $y$  természetes szám esetén az  $x$  nagyobb vagy egyenlő mint  $y$ .

Másképp: Létezik olyan természetes szám, amely nagyobb minden természetes számnál vagy egyenlő vele.

b) Az első állítás igaz (TRUE) hiszen  $y = 0$  választással találtunk megfelelő számot.

A második állítás hamis (FALSE), nem található olyan szám, amely minden természetes számnál nagyobb vagy akár azzal egyenlő lenne, hiszen a természetes számok halmaza végtelen.

2.1.2. Írja föl a következő állításokat az elsőrendű logika szintaxisának megfelelően!

- a) Van olyan páciens, aki minden doktorban megbízik.  
b) A kuruzslókban egyetlen páciens sem bíz meg.  
c) Egyetlen doktor sem kuruzsló.

#### Megoldás:

a)  $\exists x, \forall y \text{ páciens}(x) \wedge \text{doktor}(y) \Rightarrow \text{megbíz}(x,y)$

b)  $\forall x, \forall y \text{ páciens}(x) \wedge \text{kuruzsló}(y) \Rightarrow \neg \text{megbíz}(x,y)$

vagy  $\exists x, \forall y \text{ megbíz}(x,y) \wedge \text{kuruzsló}(y) \Rightarrow \neg \text{páciens}(x)$

c)  $\forall x \text{ doktor}(x) \Rightarrow \neg \text{kuruzsló}(x)$





### 2.1.3. Igazolja a következő ekvivalenciákat!

a)  $(\neg A \vee \neg B) \Rightarrow (A \wedge B) = (A \wedge B)$

b)  $[(\neg A \wedge B) \vee \neg B] \Rightarrow (A \vee B) = (A \vee B)$

#### Megoldás:

Alkalmazzuk a jegyzet 55. oldalán található ekvivalencia szabályokat!

a) a 2. szabály alapján:  $\neg(\neg A \vee \neg B) \vee (A \wedge B)$

a 10. (de Morgan) szabály alapján:  $(A \wedge B) \vee (A \wedge B)$

a 12. szabály alapján:  $(A \wedge B)$

ekvivalens átalakításokat végezve a keresett alakot kaptuk, tehát a két mondat ekvivalens.

b) az 5. (disztributivitás) szabály alapján:  $[(\neg A \vee \neg B) \wedge (B \vee \neg B)] \Rightarrow (A \vee B)$   
 a 2. szabály alapján:  $\neg [(\neg A \vee \neg B) \wedge (B \vee \neg B)] \vee (A \vee B)$   
 a 10. (de Morgan) szabály alapján:  $\neg(\neg A \vee \neg B) \vee \neg(B \vee \neg B) \vee (A \vee B)$   
 újra a 10. szabály alapján:  $[(A \wedge B) \vee (\neg B \wedge B)] \vee (A \vee B)$   
 a 8. szabály alapján:  $[(A \wedge B) \vee \text{False}] \vee (A \vee B)$   
 a 6. szabály alapján:  $[(A \wedge B)] \vee (A \vee B)$   
 a 4. (asszociativitás) szabály alapján:  $[(A \wedge B) \vee A] \vee B$   
 a 11. szabály alapján:  $A \vee B$

ekvivalens átalakításokat végezve a keresett alakot kaptuk, tehát a két mondat ekvivalens.

## 2.2. Következmény ellenőrzése igazságtáblával

### 2.2.1. Írja föl az alábbi logikai mondatok szemantikai értékét az igazságtábla segítségével!

a)  $(A \vee B) \Rightarrow A$     b)  $(A \vee B) \wedge (A \Rightarrow C)$     c)  $(A \wedge C) \Rightarrow (\neg A \vee B)$

#### Megoldás:

a) A mesterséges intelligencia alapjai jegyzet alapján (54. old)

A	B	$(A \vee B)$	$(A \vee B) \Rightarrow A$
T	T	T	T
T	F	T	T
F	T	T	F
F	F	F	T



b)

A	B	C	$(A \vee B)$	$(A \Rightarrow C)$	$(A \vee B) \wedge (A \Rightarrow C)$
T	T	T	T	T	T
T	T	F	T	F	F
T	F	T	T	T	T
T	F	F	T	F	F
F	T	T	T	T	T
F	T	F	T	T	T
F	F	T	F	T	F
F	F	F	F	T	F

c)

A	$\neg A$	B	C	$(A \wedge C)$	$(\neg A \vee B)$	$(A \wedge C) \Rightarrow (\neg A \vee B)$
T	F	T	T	T	T	T
T	F	T	F	F	T	T
T	F	F	T	T	F	F
T	F	F	F	F	F	T
F	T	T	T	F	T	T
F	T	T	F	F	T	T
F	T	F	T	F	T	T
F	T	F	F	F	T	T

2.2.2. Igazolja az igazságtábla segítségével a következő ekvivalenciát:

$$A \wedge (B \vee C) = (A \wedge B) \vee (A \wedge C) !$$

Megoldás:

A	B	C	$(B \vee C)$	$A \wedge (B \vee C)$	$(A \wedge B)$	$(A \wedge C)$	$(A \wedge B) \vee (A \wedge C)$	$A \wedge (B \vee C) = (A \wedge B) \vee (A \wedge C)$
T	T	T	T	T	T	T	T	T
T	T	F	T	T	T	F	T	T
T	F	T	T	T	F	T	T	T
T	F	F	F	F	F	F	F	T
F	T	T	T	F	F	F	F	T
F	T	F	T	F	F	F	F	T
F	F	T	T	F	F	F	F	T
F	F	F	F	F	F	F	F	T

Az igazságtábla kiértékelése szerint az ekvivalencia minden esetben igaz (true –T).



**2.2.3. Adottak a következő premisszák:**

$$P \wedge \neg Q, \quad P \vee Q, \quad \neg Q \Rightarrow R$$

a) Igazolja az igazságtáblával, hogy ezek egyik következménye  $\neg Q$ !

b) Adja meg a fenti premisszák (tudásbázis) egy interpretációját!

**Megoldás:**

a) Jelölje  $Z = (P \wedge \neg Q) \wedge (P \vee Q) \wedge (\neg Q \Rightarrow R)$

P	Q	R	$\neg Q$	$P \wedge \neg Q$	$P \vee Q$	$\neg Q \Rightarrow R$	Z	$Z \Rightarrow \neg Q$
T	T	T	F	F	T	T	F	T
T	T	F	F	F	T	T	F	T
T	F	T	T	T	T	T	T	T
T	F	F	T	T	T	F	F	T
F	T	T	F	F	T	T	F	T
F	T	F	F	F	T	T	F	T
F	F	T	T	F	F	T	F	T
F	F	F	T	F	F	F	F	T

Az igazságtábla kiértékelése szerint a következtetés minden variációban igaz, tehát a premisszáknak  $\neg Q$  következménye.

b) A tudásbázis tényeinek egy lehetséges interpretációja azt jelenti, hogy a logikai mondatokat megfeleltetjük valamilyen módon a világ tényeinek. Például:

- P – esős évszak
- Q – nyaralás időszaka
- R – fáradt dolgozó

**2.2.4. Adott a következő tudásbázis!**

- $\neg$ Sikeres felvételi  $\Rightarrow$  Állást keres
- Sikeres felvételi  $\Rightarrow$  Sok tanulás
- $\neg$ Állást keres

**Igazolja az igazságtáblával, hogy a Sok tanulás következik a fenti tudásbázisból!**

**Megoldás:**

Az egyszerűség kedvéért jelöljük a premisszákat a következő szimbólumokkal:

A – Sikeres felvételi                      B – Állást keres                      C – Sok tanulás

$$\text{Tehát: } \left. \begin{array}{l} \neg A \Rightarrow B \\ A \Rightarrow C \\ \neg B \end{array} \right\} \Rightarrow C$$

Jelölje továbbá  $D = (\neg A \Rightarrow B) \wedge (A \Rightarrow C) \wedge \neg B$ !



Az igazságtábla:

A	B	C	$\neg A$	$\neg B$	$\neg A \Rightarrow B$	$A \Rightarrow C$	D	$D \Rightarrow C$
T	T	T	F	F	T	T	F	T
T	T	F	F	F	T	F	F	T
T	F	T	F	T	T	T	T	T
T	F	F	F	T	T	F	F	T
F	T	T	T	F	T	T	F	T
F	T	F	T	F	T	T	F	T
F	F	T	T	T	F	T	F	T
F	F	F	T	T	F	T	F	T

Mivel a következtetés az igazságtábla kiértékelése szerint minden szemantikai variációban igaz, a Sok tanulás valóban következménye az adott tudásbázisnak.

## 2.3. Következtetés Modus Ponens alkalmazásával

2.3.1. Adott a következő tudásbázis:

kórházban van  $\Rightarrow$  beteg  
 gyógyszer szed  $\Rightarrow$  meggyógyul  
 beteg  $\Rightarrow$  gyógyszer szed  
 idős  $\Rightarrow$  kórházban van  
 idős

Milyen következményeket állít elő a tudásbázisból a Modus Ponens?

**Megoldás:**

A mesterséges intelligencia alapjai jegyzet (58-59. old.) alapján:  $((a \Rightarrow b) \wedge a) = b$

Más jelöléssel:  $\frac{a \Rightarrow b, a}{b}$  Alkalmazzuk ezt a következtetési szabályt a fenti tudásbázisra!

$\frac{\text{idős} \Rightarrow \text{kórházban van}, \text{idős}}{\text{kórházban van}}$

Tehát kórházban van következmény, ezzel kiegészíthetjük a tudásbázist

$\frac{\text{kórházban van} \Rightarrow \text{beteg}, \text{kórházban van}}{\text{beteg}}$

Tehát beteg következmény, ezzel kiegészíthetjük a tudásbázist

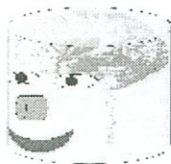
$\frac{\text{beteg} \Rightarrow \text{gyógyszert szed}, \text{beteg}}{\text{gyógyszert szed}}$

Tehát gyógyszer szed következmény, ezzel kiegészíthetjük a tudásbázist

$\frac{\text{gyógyszert szed} \Rightarrow \text{meggyógyul}, \text{gyógyszert szed}}{\text{meggyógyul}}$

Tehát meggyógyul következmény, ezzel kiegészíthetjük a tudásbázist

A Modus Ponens a fenti tudásbázis négy következményét állította elő.



### 2.3.2. Alkalmazza a következő tudásbázison a Modus Ponens szabályt új tények előállítására!

$$Q \Rightarrow P, \quad \neg P \vee R, \quad Q$$

#### Megoldás:

A modus ponens szabály akkor alkalmazható, ha a mondatok implikációt tartalmaznak, és az implikáció premisszájával azonos atomi mondat található a tudásbázisban. Tehát

$Q \Rightarrow P$  és  $Q$  esetén ez teljesül, itt az új tény a modus ponens szerint  $P$ .

A logikai mondatok ekvivalencia szabályai közül (jegyzet 55. old.) a második segítségével:

$\neg P \vee R = P \Rightarrow R$ , így ez a szabály is implikáció, amit az új ténnyel együtt a modus ponens szabályt alkalmazva  $R$ -t is előállítja új tényként.

### 2.3.3. Alkalmazzuk a modus ponens szabályt új tények előállítására, ha a tudásbázis a következő: $A \Rightarrow B$ , $B \Rightarrow C$ , $C \Rightarrow D$ .

#### Megoldás:

Mivel egyetlen implikáció premisszája sem szerepel a tudásbázisban, tegyük fel, hogy  $A$  is tény. Ekkor a modus ponens alkalmazása szerint  $B$  is tény ( $A \Rightarrow B$ ). Mivel  $B$  a feltételezés nyomán tény, és  $B \Rightarrow C$ ,  $C$  is tény. A feltételezésével tehát következtethettük  $C$ -t, másként jelölve  $A \Rightarrow C$ . Ez új tény. Folytatva a gondolatmenetet, mivel  $C$  új tényként feltételezhető az  $A$  feltételezése nyomán, és  $C \Rightarrow D$ , új tényként állítható elő  $D$ . Vagyis  $A$  feltétel teljesülése esetén  $D$  is igaz, tehát  $A \Rightarrow D$ . (Sőt hasonlóan igaz  $B \Rightarrow D$  is!)

Az új tények igazolásához nem volt szükség arra, hogy  $A$  valóban igaz legyen, tehát a létrehozott új tények a feltétel teljesülése nélkül is igazak. Ugyanakkor  $B$ ,  $C$ ,  $D$  mondatok csak a feltétel ( $A$ ) igazsága esetén lesznek igazak.

#### Megjegyzés:

A fenti módon történő új tények létrehozását nevezhetjük implikáció bevezetésének, a modus ponens szabály alkalmazását a korábbiak szerint, implikáció kiküszöbölésének.



## 2.4. Rezolúció

2.4.1. Adott a következő tudásbázis:  $A \vee B$ ,  $\neg B \vee C$ ,  $A \vee \neg C$ ,

Igazoljuk, hogy A következik ebből a tudásbázisból!

### Megoldás:

A rezolúció alkalmazásának menete:

1. Tagadjuk a bizonyítandó állítást, és tételezzük fel, hogy a tagadás a tudásbázis része.
2. Alkalmazzuk a rezolúciós szabályt, míg ellentmondásba ütközünk. A rezolúciós szabály:

$A \vee B$ ,  $\neg B \vee C$  együttes teljesülésekor igaz a  $A \vee C$  is.

3. Az ellentmondás azt jelenti, hogy a tudásbázisunkban van egy nem igaz tény. Mivel a kiinduló tudásbázis tényeiről ismert, hogy igazak, a hamis tény a feltételezett, a bizonyítandó állítást tagadó tény. Ha nem igaz a bizonyítandó állítást tagadó tény, akkor annak tagadása, tehát a bizonyítandó tény az igaz. De ezt kellett bizonyítani.

Alkalmazzuk a rezolúciót a fenti bizonyításra!

1. Tegyük fel, hogy  $\neg A$  is része a tudásbázisnak!
2.  $\neg A$  és  $A \vee B$  miatt B is tény  
B és  $\neg B \vee C$  miatt C is tény  
C és  $A \vee \neg C$  miatt A is tény  
De A és  $\neg A$  egyszerre nem lehet igaz, ellentmondásra jutottunk.
3. Tehát  $\neg A$  nem igaz, vagyis igaz A, A következik a tudásbázisból.

2.4.2. Adott a következő tudásbázis:  $A \Rightarrow B$ ,  $\neg C \Rightarrow B$ ,  $A \vee \neg C$ ,

Következik-e mindebből B?

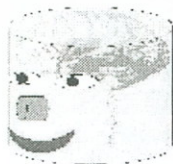
### Megoldás:

A rezolúciós szabály nem alkalmazható azokra az összetett mondatokra, amelyek implikációt tartalmaznak. Ezeket a mondatokat alakítsuk át a logikai mondatok ekvivalencia szabályai szerint (jegyzet 55. old.).

$$A \Rightarrow B = \neg A \vee B, \quad \neg C \Rightarrow B = C \vee B$$

Az így átalakított tudásbázisra már az előző példának megfelelően alkalmazható a rezolúció.

- a) Tegyük fel, hogy  $\neg B$  is része a tudásbázisnak.
- b)  $\neg A \vee B$  és  $\neg B$  miatt  $\neg A$  is tény  
 $A \vee \neg C$  és  $\neg A$  miatt  $\neg C$  is tény  
 $C \vee B$  és  $\neg C$  miatt B is tény  
De B és  $\neg B$  egyszerre nem lehet igaz, ellentmondásra jutottunk.
- c) Tehát  $\neg B$  nem igaz, B pedig következménye a tudásbázisnak.



2.4.3. Adott a következő tudásbázis:

fáradt  $\Rightarrow$   $\neg$ focizik  
focizik  $\Rightarrow$  egészséges  
 $\neg$ egészséges  $\Rightarrow$  fáradt  
 $\neg$ focizik  $\Rightarrow$   $\neg$ szomjas  
 $\neg$ szomjas  $\Rightarrow$   $\neg$ iszik  
iszik

**Bizonyítsa be, hogy az „egészséges” következmény!**

**Megoldás:**

Vezessük be a következő jelöléseket, és írjuk fel a tudásbázis ennek segítségével!

A – fáradt, B – focizik, C – egészséges, D – szomjas, E – iszik

Tudásbázis:

I.	$A \Rightarrow \neg B$	$\neg A \vee \neg B$
II.	$B \Rightarrow C$	$\neg B \vee C$
III.	$\neg C \Rightarrow A$	$C \vee A$
IV.	$\neg B \Rightarrow \neg D$	$B \vee \neg D$
V.	$\neg D \Rightarrow \neg E$	$D \vee \neg E$
VI.	E	E
VII.		$\neg C$

Alakítsuk át a tudásbázis összetett mondatait rezolválható alakúvá! Egészítsük ki a bizonyítandó állítás tagadásával ( $\neg C$ )!

- VIII. II. és VII. miatt  $\neg B$  is tény
- IX. IV. és VIII. miatt  $\neg D$  is tény
- X. V. és IX. miatt  $\neg E$  is tény
- XI. De VI. és X. ellentmondásban van (E és  $\neg E$ ).

Tehát nem igaz, hogy  $\neg C$ , vagyis C azaz „egészséges” következmény.

Erre juthatunk másik úton is. Válasszuk most:

- VIII. III. és VII. miatt A is tény
- IX. I. és VIII. miatt  $\neg B$  is tény
- X. IV. és IX. miatt  $\neg D$  is tény
- XI. V. és X. miatt  $\neg E$  is tény
- XII. VI. és XI. miatt ellentmondásra jutottunk ismét (E és  $\neg E$ ).

Tehát egészséges ilyen úton is következménynek adódott.

**Megjegyzés**

A módszer alkalmazhatósága nem függ attól, hogy hogyan választunk rezolvens párt, de a levezetés idejét, a lépések számát, vagyis hogy mennyire követhető a válasz, nagymértékben befolyásolhatja a választás.



**2.4.4. Adott a következő tudásbázis:**

**Kutyatulajdonos  $\Rightarrow$  Állatimádó**  
**Állatimádó  $\Rightarrow$   $\neg$ öl macskát**  
**János  $\Rightarrow$  kutyatulajdonos**  
**János  $\vee$  Bodri  $\Rightarrow$  öl macskát**

**Határozza meg a rezolúciós következtetési szabály segítségével, hogy a „Bodri  $\Rightarrow$  öl macskát” következmény!**

**Megoldás:**

Alakítsuk át a példában szereplő mondatokat rezolválható formájúra!

I. Kutyatulajdonos  $\Rightarrow$  Állatimádó  $\neg$  Kutyatulajdonos  $\vee$  Állatimádó

II. Állatimádó  $\Rightarrow$   $\neg$ öl macskát  $\neg$  Állatimádó  $\vee$   $\neg$ öl macskát

III. János  $\Rightarrow$  kutyatulajdonos  $\neg$  János  $\vee$  kutyatulajdonos

IV. János  $\vee$  Bodri  $\Rightarrow$  öl macskát  $(\neg (János \vee Bodri)) \vee$  öl macskát

Bontsuk fel a zárójeleket!

IV'.  $(\neg János \wedge \neg Bodri) \vee$  öl macskát

IV''.  $(\neg János \vee öl macskát) \wedge (\neg Bodri \vee öl macskát)$

Használjuk ezt a IV. mondatként, és alkalmazzuk rá az és kiküszöbölése következtetési szabályt (jegyzet 57. old.).

IV/a  $\neg János \vee öl macskát$

IV/b  $\neg Bodri \vee öl macskát$

Alakítsuk át a bizonyítandó állítást is!

V. Bodri  $\Rightarrow$  öl macskát  $\neg Bodri \vee öl macskát$

(innen már látszik, hogy valóban következmény, hiszen egy tudásbázisban szereplő tényt akarunk bizonyítani) Folytassuk a példában kért rezolúciós bizonyítást!

Tagadjuk a bizonyítandó állítást!

V'.  $\neg(\neg Bodri \vee öl macskát) = Bodri \wedge \neg öl macskát$

Ismét alkalmazva az és kiküszöbölését:

V/a Bodri

V/b  $\neg öl macskát$

Keressünk rezolváló párokat!

VI. IV/b és V/a miatt öl macskát tény

VII. V/b és VI. miatt ellentmondásra jutottunk, tehát bebizonyítottuk rezolúcióval is, hogy Bodri  $\Rightarrow$  öl macskát!

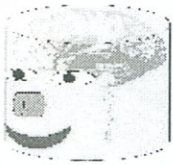
**2.4.5. Adott a következő tudásbázis**

- I. Bárki aki tud olvasni, az tud írni is.
- II. A delfinek nem tudnak írni.
- III. Van olyan delfin, amelyik intelligens.

**Bizonyítsuk be, hogy a következő állítás az adott tudásbázis egy következménye!**

**IV. Van aki intelligens, de nem tud olvasni.**





## Megoldás

Első lépésként alakítsuk át a nyelvi mondatokat az elsőrendű logika szintaxisának megfelelő alakúvá. Jelölje  $O$  az olvasni tudást,  $L$  az írni tudást,  $D$  a delfint és  $I$  az intelligens!

- I.  $\forall x [O(x) \Rightarrow L(x)]$
- II.  $\forall x [D(x) \Rightarrow \neg L(x)]$
- III.  $\exists x [D(x) \wedge I(x)]$
- IV.  $\exists x [I(x) \wedge \neg O(x)]$

A Skolem konstans és függvény alkalmazását nem részletezve válasszunk egy olyan helyettesítést, amelyben az egzisztenciális kvantorral ( $\exists$ ) megfogalmazott állítás igaz, és az univerzális kvantor ( $\forall$ ) állítása is ezzel a helyettesítéssel igazolható, de a helyettesítés a tudásbázisban később se szerepel. Ezzel a helyettesítéssel átalakítva hagyjuk el a kvantorokat.

- |       |                              |                            |
|-------|------------------------------|----------------------------|
| I.    | $O(x) \Rightarrow L(x)$      | $\neg O(x) \vee L(x)$      |
| II.   | $D(y) \Rightarrow \neg L(y)$ | $\neg D(y) \vee \neg L(y)$ |
| III/a | $D(A)$                       | $D(A)$                     |
| III/b | $I(A)$                       | $I(A)$                     |
| IV.   | $I(z) \wedge \neg O(z)$      |                            |

Az implikációk átalakítása után tegyük föl, hogy a bizonyítani kívánt állítás tagadása igaz, vagyis:

- |     |                                |                       |
|-----|--------------------------------|-----------------------|
| IV. | $\neg [I(x) \wedge \neg O(x)]$ | $\neg I(z) \vee O(x)$ |
|-----|--------------------------------|-----------------------|

Alkalmazzuk a rezolúciós szabályt!

- |       |                       |                           |                    |
|-------|-----------------------|---------------------------|--------------------|
| V.    | III/b és IV. alapján  | $O(A)$                    | $\Theta = \{z/A\}$ |
| VI.   | I. és V. alapján      | $L(A)$                    | $\Theta = \{x/A\}$ |
| VII.  | II. és VI. alapján    | $\neg D(A)$               | $\Theta = \{y/A\}$ |
| VIII. | III/a és VII. alapján | ellentmondásra jutottunk, |                    |

tehát a feltételünk nem volt helyes, vagyis van aki intelligens és nem tud olvasni.



## 2.5. Valószínűségi logika

**2.5.1. A savanyú szőlő és az érett szőlő logikai mondatok valószínűségi eloszlását az alábbi táblázatban foglaltuk össze. Számítsa ki a következő mondatok valószínűségi értékét!**

- savanyú és érett szőlő
- nem savanyú vagy érett szőlő
- savanyú szőlő
- nem savanyú feltéve, hogy érett

Szőlő	Savanyú	¬Savanyú
Érett	0,1	0,3
¬ Érett	0,4	0,2

### Megoldás:

A jegyzet 89. oldalán található minta alapján:

a) A valószínűségi eloszlást ábrázoló táblázatban a rácsokban szereplő értékek a megfelelő mondatok és kapcsolatára vonatkoznak, tehát a savanyú és érett szőlőre a 0,1 érték vonatkozik.

b) A vagy kapcsolat a benne szereplő mondatoknál megtalálható valamennyi valószínűségi érték összegeként adódik, de vigyázni kell arra, hogy egy tagot csak egyszer szerepeltessünk.

$$P(\neg\text{Savanyú} \vee \text{Érett}) = 0,2 + 0,3 + 0,1 = 0,6$$

c) Egy mondat valószínűsége a rá vonatkozó valószínűségek összege.

$$P(\text{Savanyú}) = 0,1 + 0,4 = 0,5$$

d) A feltételes valószínűség a teljes valószínűségi teret leszűkíti a feltételben szereplő állításra vonatkozó valószínűségekre, így ehhez a valószínűséghez viszonyítva vizsgálja a többi valószínűségi értékeket. Másképp fölírva:

$$P(\text{tétel/feltétel}) = P(\text{tétel} \wedge \text{feltétel}) / P(\text{feltétel})$$

Behelyettesítve:

$$P((\neg\text{Savanyú} / \text{Érett}) = P(\neg\text{Savanyú} \wedge \text{Érett}) / P(\text{Érett}) = 0,3 / (0,1 + 0,3) = 0,75$$

**2.5.2. Legyenek egy tudásbázis logikai mondatai Lány, Kék szemű, Szép! Az alábbi táblázat tartalmazza ezen mondatok valószínűségi eloszlását. Számítsa ki a következő mondatok valószínűségi értékeit!**

- Lány és Kék szemű és Szép
- ¬Lány és Kék szemű
- Kék szemű vagy ¬Szép
- (Lány és Kék szemű) vagy Szép
- Szép feltéve, hogy Kék szemű
- ¬Lány és Kék szemű feltéve, hogy ¬Szép

Lány	Szép	¬Szép
Kék szemű	0,2	0,1
¬Kék szemű	0,1	0,1

¬Lány	Szép	¬Szép
Kék szemű	0,2	0,1
¬Kék szemű	0,1	0,1



**Megoldás:**

- a)  $P(\text{Lány} \wedge \text{Kék szemű} \wedge \text{Szép}) = 0,2$
- b)  $P(\neg\text{Lány} \wedge \text{Kék szemű}) = 0,2 + 0,1 = 0,3$
- c)  $P(\text{Kék szemű} \vee \neg\text{Szép}) = 0,2 + 0,1 + 0,1 + 0,2 + 0,1 + 0,1 = 0,8$
- d)  $P((\text{Lány} \wedge \text{Kék szemű}) \vee \text{Szép}) = 0,2 + 0,1 + 0,1 + 0,2 + 0,1 = 0,7$
- e)  $P(\text{Szép}/\text{Kék szemű}) = P(\text{Szép} \wedge \text{Kék szemű}) / P(\text{Kék szemű}) =$   
 $= (0,2 + 0,2) / (0,2 + 0,1 + 0,2 + 0,1) = 0,33$
- f)  $P((\neg\text{Lány} \wedge \text{Kék szemű})/\neg\text{Szép}) = P(\neg\text{Lány} \wedge \text{Kék szemű} \wedge \neg\text{Szép}) / P(\neg\text{Szép}) =$   
 $= 0,1 / (0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1) = 0,25$

**2.5.3. Legyenek egy tudásbázis logikai mondatai Zajos, Koszos, Rendezett! Az alábbi táblázat tartalmazza ezen mondatok valószínűségi eloszlását. Számítsa ki a következő mondatok valószínűségi értékeit!**

**a) Zajos feltéve, hogy koszos vagy nem rendezett**

**b) Koszos és zajos feltéve, hogy rendezett**

**c) nem rendezett feltéve, hogy zajos**

<b>Rendezett</b>	<b>Zajos</b>	<b><math>\neg</math>Zajos</b>
<b>Koszos</b>	<b>0,1</b>	<b>0,05</b>
<b><math>\neg</math>Koszos</b>	<b>0,05</b>	<b>0,2</b>

<b><math>\neg</math>Rendezett</b>	<b>Zajos</b>	<b><math>\neg</math>Zajos</b>
<b>Koszos</b>	<b>0,3</b>	<b>0,15</b>
<b><math>\neg</math>Koszos</b>	<b>0,05</b>	<b>0,1</b>

**Megoldás:**

- a)  $P(\text{Zajos}/(\text{Koszos} \vee \neg\text{Rendezett})) =$   
 $= P(\text{Zajos} \wedge (\text{Koszos} \vee \neg\text{Rendezett})) / P(\text{Koszos} \vee \neg\text{Rendezett}) =$   
 $= (0,1 + 0,3) / (0,1 + 0,3 + 0,05 + 0,15) = 0,4 / 0,6 = 0,66$
- b)  $P((\text{Koszos} \wedge \text{Zajos})/\text{Rendezett}) = P(\text{Koszos} \wedge \text{Zajos} \wedge \text{Rendezett}) / P(\text{Rendezett}) =$   
 $= 0,1 / (0,1 + 0,05 + 0,05 + 0,2) = 0,25$
- c)  $P(\neg\text{Rendezett}/\text{Zajos}) = P(\neg\text{Rendezett} \wedge \text{Zajos}) / P(\text{Zajos}) =$   
 $= (0,3 + 0,05) / (0,1 + 0,05 + 0,3 + 0,05) = 0,35 / 0,5 = 0,7$

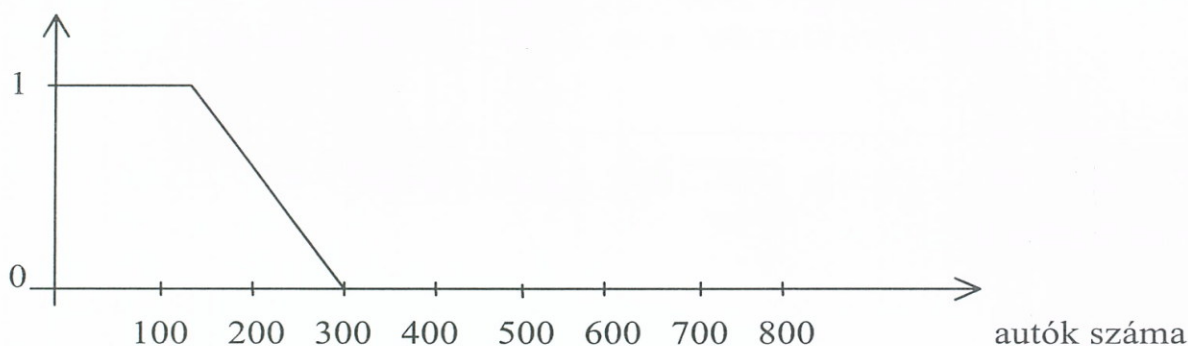


## 2.6. Fuzzy logika

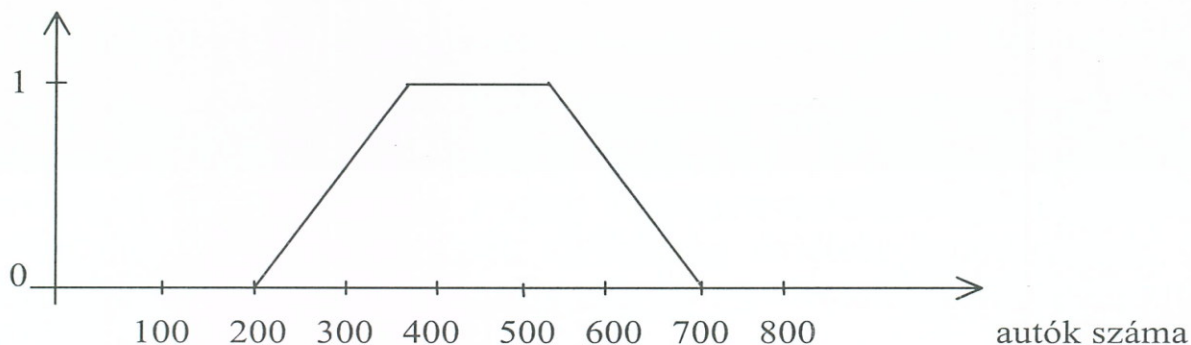
2.6.1. Legyen az „autók száma” nyelvi változó 3 nyelvi értéke a „kevés”, „közepes” és „sok”! Végezze el a nyelvi értékek fuzzifikálását!

### Megoldás:

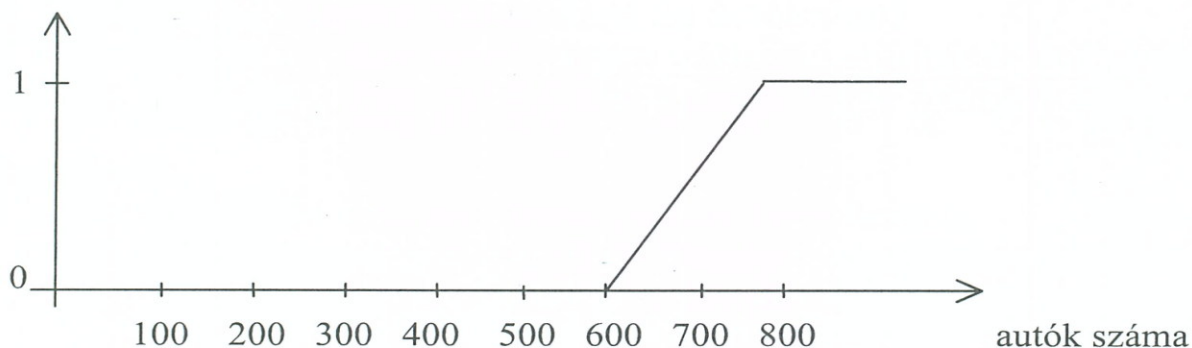
A nyelvi értékek fuzzifikálása azt jelenti, hogy az értékek matematikai formalizálása érdekében egy tagsági függvényt rendelünk hozzájuk, ami a nyelvi változó minden lehetséges értékéhez egy  $[0,1]$  intervallumba eső számot rendel. Ez alapján a kevés autó tagsági függvénye grafikusán:

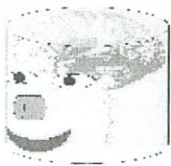


A közepes számú autó tagsági függvénye grafikusán:



A sok számú autó tagsági függvénye grafikusán:

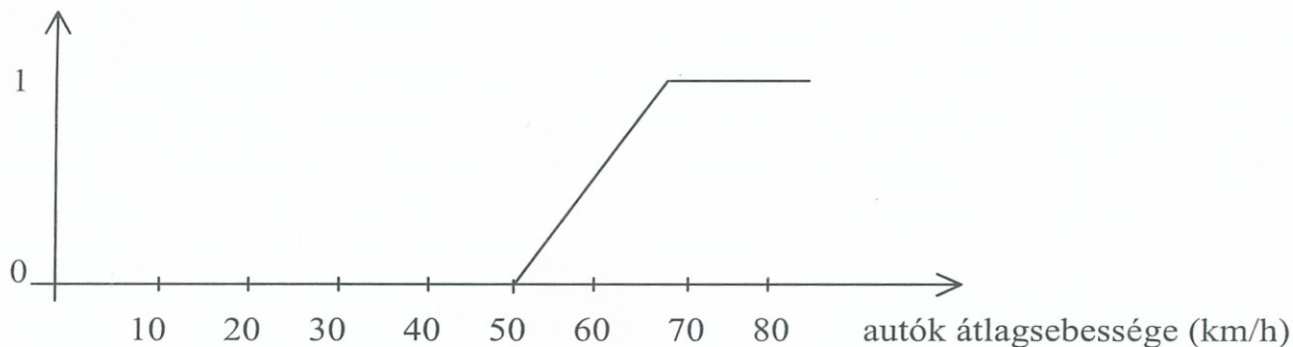




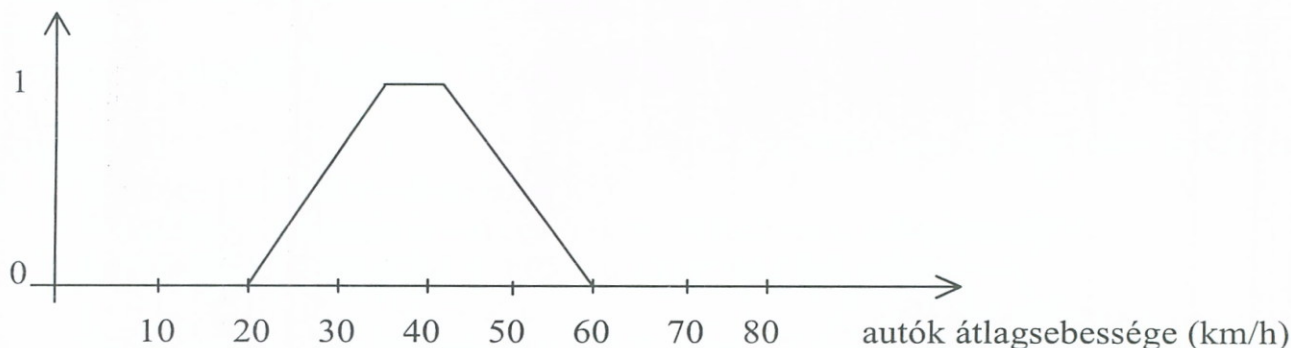
2.6.2. Végezze el az utcai forgalom nyelvi változó fuzzifikálását az elhanyagolható, van és jelentős nyelvi értékek szerint, majd az előző példában felvett fuzzifikációt is figyelembevéve fogalmazzon meg fuzzy szabályokat az utca forgalmának felmérésére az autók száma alapján.

**Megoldás:**

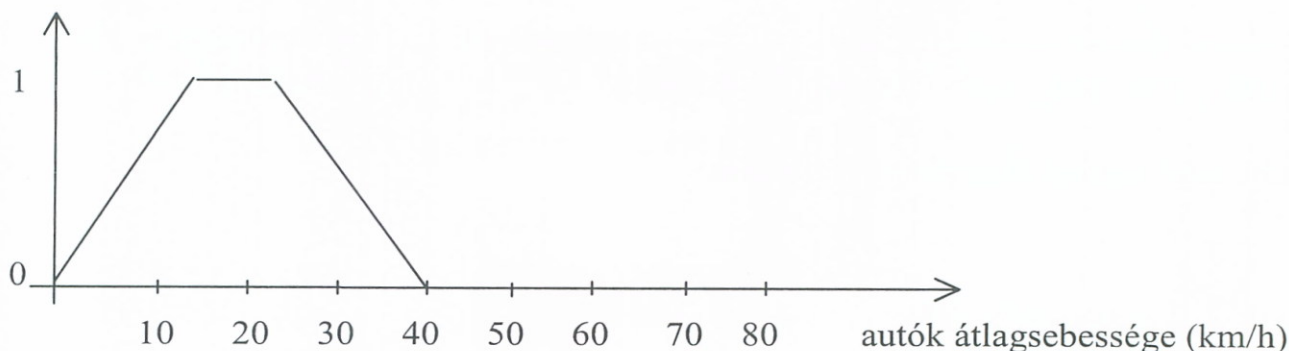
Értékeljük az utcai forgalmat az autók választható átlagsebessége alapján! Ekkor az elhanyagolható utcai forgalom tagsági függvénye grafikusán:



A van utcai forgalom tagsági függvénye:



A jelentős utcai forgalom tagsági függvénye:



Fuzzy szabályra példák:

Ha az autók száma kevés, akkor elhanyagolható az utcai forgalom.

Ha az autók száma közepes, akkor van utcai forgalom.

Ha az autók száma sok, akkor jelentős utcai forgalom van.



**2.6.3. Az előző példákban leírt változókkal, tagsági függvényekkel és szabályokkal működő fuzzy szabályozás választ sebességet az utcában közlekedő autó számára az autók számát figyelembevéve. Milyen sebességet ajánl a fuzzy szabályozás, ha az autók száma 280?**

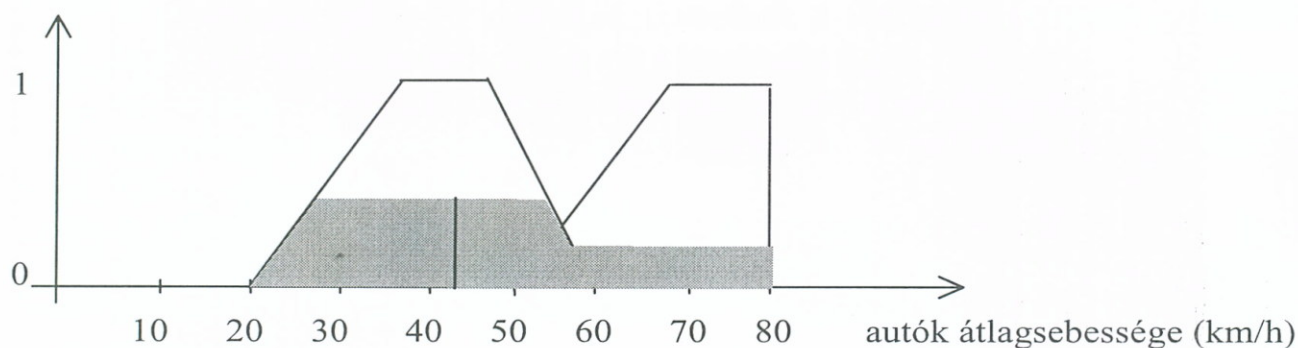
**Megoldás:**

A 280-as értéknél a kevés számú autó tagsági értéke (kb.) 0,15; a közepes számú autó tagsági értéke (kb.) 0,45. Ez azt jelenti, hogy két szabály feltételei is teljesülnek valamilyen tagsági szinten, tehát 2 szabály is tüzel:

Ha az autók száma kevés, akkor elhanyagolható az utcai forgalom.

Ha az autók száma közepes, akkor van utcai forgalom.

A sebesség meghatározásához használjuk a CoA (Center of Area) módszert, ábrázoljuk az utcai forgalomra vonatkozó tagsági függvényeket! Figyelembevéve a feltételek tagsági értékét a besötétített területekre kell alkalmazni ezt a defuzzifikációs szabályt.



A CoA módszer alapján (grafikusan, szemmértékre berajzolva) a választott sebesség 43 km/h.

**2.6.4. Egy vállalat pénzügyi helyzetét értékelő beszámoló alapján kell dönteni a tőzsdei részvényei értékéről. A döntést végző mesterséges intelligencia módszer a Fuzzy logikára épül. A pénzügyi beszámoló az éves árbevétel és a nettó nyereség értékét tartalmazza. Az árbevétel esetén 2 milliárd Ft-ig, a nyereség esetén 500 millió forintig értékel a program.**

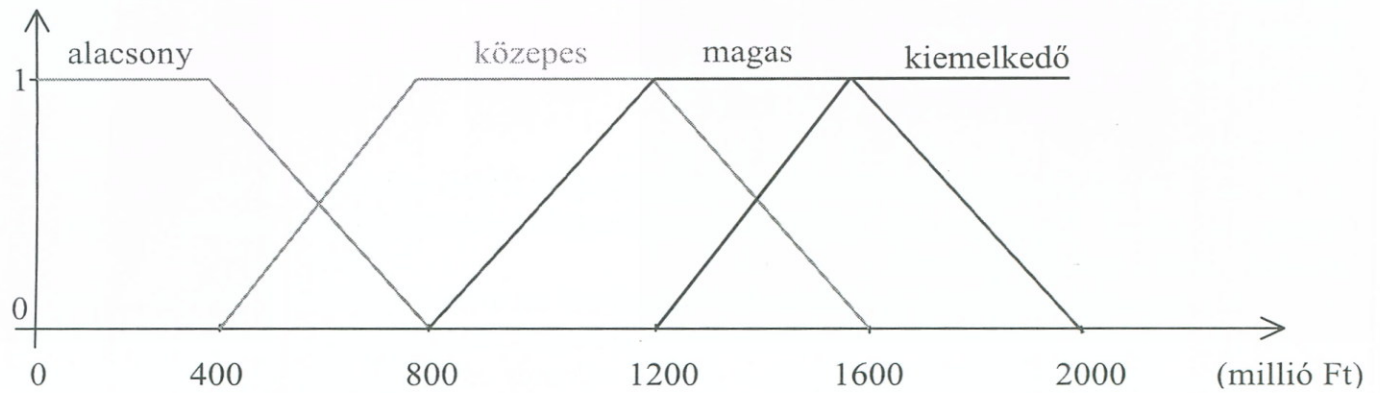
- Hozzon létre mindkét szöveges változó (árbevétel, nyereség) 4-4 nyelvi értéket!
- Fuzzifikálja a nyelvi változókat és értékeket!
- Fuzzifikálja a részvényárfolyam változás döntését is (5 érték)!
- Írjon 3 példát a fenti problémát kezelő fuzzy szabályokra!

**Megoldás:**

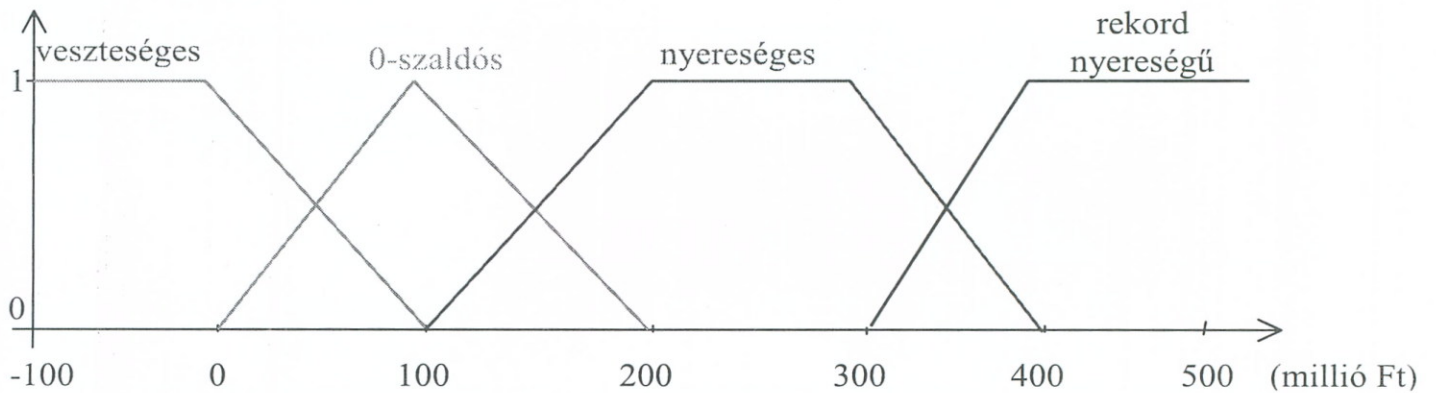
- Legyen az árbevétel alacsony, közepes, magas, kiemelkedő és a nettó nyereség veszteséges, 0-szaldós, nyereséges, rekord nyereségű



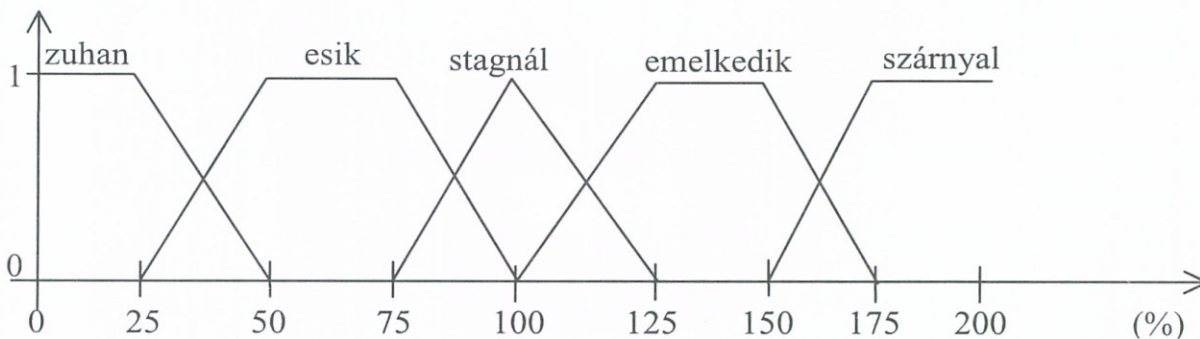
b) Árbevétel:



Nettó nyereség:



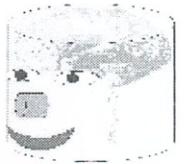
c) Részvényárfolyam változás:



d) Szabályok:

- Ha az árbevétel magas, a nettó nyereség 0-szaldós, akkor az árfolyam esik.
- Ha az árbevétel magas, a nyereség nyereséges, akkor az árfolyam emelkedik.
- Ha az árbevétel magas, a nyereség rekord, akkor az árfolyam szárnyal.

...



### 3. Alkalmazott tudásreprezentációs módszerek

#### 3.1. Frame alapú tudásreprezentáció

3.1.1. Alkalmazza a következő állításokban megfogalmazott tudásbázisra a frame alapú tudásreprezentációt! A frame alapú tudásreprezentációs következtetésben meglevő problémákra keressen példát az adott tudásbázison létrehozott frame-ek alapján!

- Az ipari robotok szabadon programozható mechanizmusok, amelyek alkalmasak tárgyak manipulálására, és legalább 3 mozgástengellyel rendelkeznek.
- A derékszögű koordinátás robotok 3 lineáris tengellyel rendelkező ipari robotok, amelyek ipari elterjedtsége 35%.
- A hengerkoordinátás robotok 5 mozgástengellyel és hengeres munkatérrel rendelkező ipari robotok, amelynek ipari elterjedtsége 5%.
- A SCARA típusú robotok 4 mozgástengellyel és hengeres munkatérrel rendelkező ipari robotok, amelyek ügyességük és felépítésük miatt elsősorban szerelési feladatok megoldására alkalmasak.
- A humanoid ipari robotok mind a 6 mozgató tengelye forgó mozgást végez, ipari elterjedtsége 50%.
- A TUR 2,5 típusú, a BME laboratóriumában található robot egy SCARA robot, amelynek két tengelye hibás.
- Az RM01, a BME laboratóriumában található robot humanoid robot, az oktatási kihasználtsága 40%.

#### Megoldás:

A frame alapú tudásreprezentációnál kulcsfontosságú, hogy csak azokat az információkat vegyük figyelembe, amik a felmérés, leírás, igény alapján rendelkezésre állnak. A reprezentációban fel kell mérni a lehetséges osztályok, objektumok kapcsolatait, ez adja a relációkat. Különös figyelmet kell fordítani az osztály-alosztály, illetve az osztály-példány relációkra, hiszen ez határozza meg a frame-ek hierarchikus kapcsolatait, ezáltal az öröklődést (következtetést). A jegyzetben található jelölések alkalmazásával a következő frame-eket lehet létrehozni:

*Defframe* Ipari robot

*Relációk:*

*Tulajdonságok:*

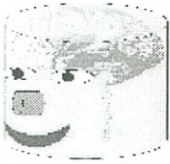
Tárgyakat manipulál

3 mozgástengellyel rendelkeznek

Szabadon programozható

Ipari elterjedtség





## Defframe Derékszögű koordinátás robot

*Relációk:* *is-a* ipari robot (hierarchia)  
*Tulajdonságok:* lineáris tengelyek  
Ipari elterjedtség 35%

## Defframe Hengerkoordinátás robot

*Relációk:* *is-a* ipari robot (hierarchia)  
*Tulajdonságok:* 5 mozgástengely  
Ipari elterjedtség 5%  
Hengeres munkatér

## Defframe SCARA robot

*Relációk:* *is-a* ipari robot (hierarchia)  
Szerelési feladatok megoldására  
*Tulajdonságok:* 4 mozgástengely  
Hengeres munkatér  
Ügyes

## Defframe Humanoid robot

*Relációk:* *is-a* ipari robot (hierarchia)  
*Tulajdonságok:* 6 mozgástengely  
Forgó tengelyek  
Ipari elterjedtség 50%

## Defframe TUR 2,5 robot

*Relációk:* *instance-of* SCARA robot (hierarchia)  
BME laboratóriumában van  
*Tulajdonságok:* 2 hibás tengely

## Defframe RM01 robot

*Relációk:* *instance-of* Humanoid robot (hierarchia)  
BME laboratóriumában van  
*Tulajdonságok:* oktatási kihasználtsága 40%

Az öröklődésből adódó következtetés problémáira, ellentmondására a tengelyek száma a példa, hiszen az ipari robotoknál 3 tengelyt, a hozzá tartozó alosztályokban a SCARA 4, a Humanoid 6 tengellyel rendelkezik. Másik példa lehet, hogy az ipari robotok tulajdonsága az ipari elterjedtség, például a Humanoid robot esetén ez 50%, miközben az RM01 robotra ez a tulajdonság kifejezetten nem jellemző, hiszen ez a példány nem az iparban, hanem az oktatásban játszik szerepet.

### Megjegyzés:

A frame alapú reprezentációnál (hasonlóan minden más reprezentációhoz) alapvető követelmény, hogy csak az ismert tényeket és ne pedig a feltételezéseket reprezentáljuk. Itt ismert tényeknek csakis a feladat mondataiban szereplő információk számítanak.



**3.1.2. Adott az előbbi feladatban meghatározott frame-ekből álló tudásbázis. Figyelembevéve a frame alapú reprezentációra jellemző következtetést részletezze az RM01 robotra vonatkozó ismereteinket!**

**Megoldás:**

Az RM01 robot egy Humanoid típusú Ipari robot, amely tárgyakat manipulál, szabadon programozható és jellemzője az ipari elterjedtség. Legalább 3 tengelye van, 6 forgó tengelye van, ipari elterjedtsége 50%, oktatási kihasználtsága 40%, a BME laboratóriumában található.

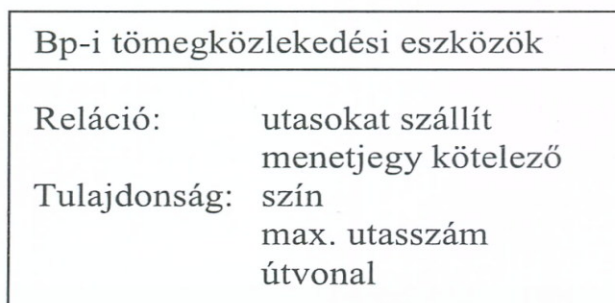
Ebből a megfogalmazásból is kitűnnek az öröklődésből adódó ellentmondások.

**3.1.3. Alkalmazza a budapesti tömegközlekedésben választható közlekedési eszközök és járatok reprezentálására a frame alapú tudásreprezentációs megjelenítést!**

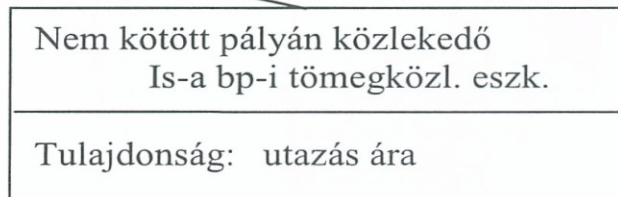
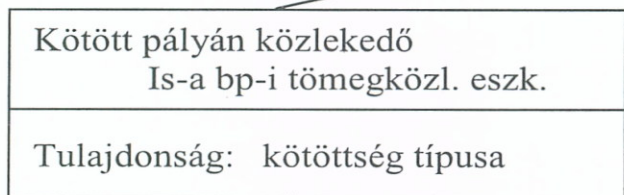
**Megoldás:**

A reprezentálásra formailag is egy keretet hozunk létre, amelynek fejlécében a frame azonosítója, alatta a hierarchiát leíró reláció, belsejében a „slot”-ok (tulajdonságok, relációk) található. A hierarchikus kapcsolatok erőteljesebb szemléltetése érdekében kapcsolat vonalakat is rajzolunk.

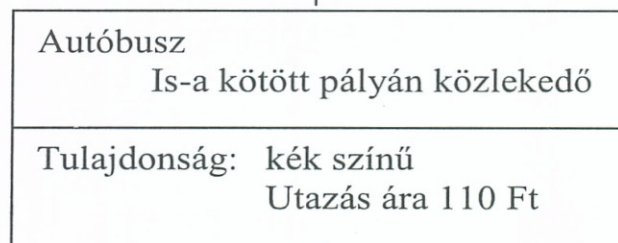
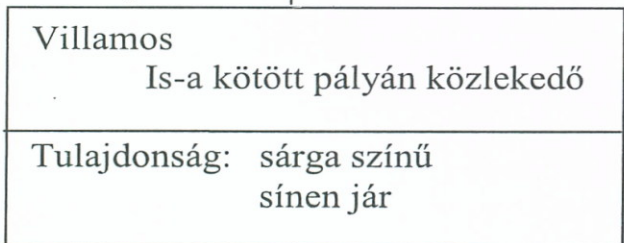
Főosztály:



Osztály:



Alosztály:





Példány:

6026-os szerelvény Instance-of villamos
Tulajdonság: 19-es útvonal max. utasszám 270

RS 19-62 rendszámú busz Instance-of autóbusz
Tulajdonság: 7-es útvonal Max. utasszám 278

A további eszközöket (metró, HÉV, trolibusz, taxi, airport minibusz) hasonlóan hozzáilleszhetjük a reprezentációhoz, és kiegészíthetjük a tulajdonságokat megfelelő értékekkel, illetve újabb tulajdonságokat és relációkat is meghatározhatunk.

**3.1.4. Adott a következő frame-ekből álló tudásbázis. Fogalmazza meg a hierarchiából levezethető és a frame-ekben megfogalmazott következtetéseket az elsőrendű logika szintaxisának megfelelően!**

**Defframe 3. csarnok gépei**

**Reláció** a D, H, N munkadarabok gyártására szolgálnak  
**Tulajdonság** a gépek kihasználtsága

**Defframe eszterga**

**Reláció** is-a 3. csarnok gépei  
**Tulajdonság** a D és N munkadarabok gyártására szolgálnak vezérelt tengelyek száma

**Defframe EN 400**

**Reláció** instance-of eszterga  
a D munkadarab gyártására szolgál  
**Tulajdonság** kihasználtsága 95%  
vezérelt tengelyek száma 2,5D

**Megoldás:**

Az is-a hierarchiát megadó relációból levezethető egy univerzálisan igaz implikáció:

$\forall x \text{ eszterga}(x) \Rightarrow 3. \text{ csarnok gépei}(x)$

Az instance-of hierarchiát megadó relációból levezethető egy predikátum:

$\text{Eszterga}(\text{EN } 400)$

A fenti frame-ekben több érték is található a relációkban és a tulajdonságokban. Például:

$\forall x \text{ eszterga}(x) \wedge \forall y \text{ N munkadarab}(y) \Rightarrow \text{gyártására szolgál}(x,y)$  vagy

$\exists x \text{ eszterga}(x) \wedge \forall y \text{ N munkadarab}(y) \Rightarrow \text{gyártására szolgál}(x,y)$

Sajnos ez a példa mutatja a frame alapú reprezentáció egyik hibáját, nevezetesen, hogy a frame nem határozza meg egyértelműen, hogy az N munkadarab valóban minden esztergán gyártható, vagy csak az esztergák közül néhányon. A tulajdonságok értékeinél a reprezentáció példája:

$\text{EN } 400 \Rightarrow \text{kihasználtság } 95\%$



3.1.5. Írja föl a frame alapú tudásreprezentációnak megfelelő formában az alábbi ismeret tartalmakat.

a) A notebook számítógépek olyan személyi számítógépek, amelyek mobilitásuk, kis súlyuk, kis terjedelmük miatt egyaránt rugalmasan alkalmazhatók a döntéshozatal, a karbantartás és az oktatás területén.

b) A lépegető exkavátor egy nagy terhelhetőségű, építési munkákban alkalmazható, közúti közlekedésre alkalmas haszonjármű.

**Megoldás:**

a) Ha egy frame-ben fogalmazzuk meg a fenti ismeretet, akkor az a notebook számítógépek frame-je lesz. Ebben a különböző alkalmazások relációkként, a többi jellemző tulajdonságként jelentkezik. A hierarchiai elhelyezkedésről a személyi számítógépekre vonatkozó információ ad ismeretet. Ennek megfelelően fölírva a frame-et:

<i>Defframe</i>	notebook számítógép	
<i>Reláció</i>	<i>is-a</i> személyi számítógép alkalmazható döntéshozatalban alkalmazható oktatásban alkalmazható karbantartásban	<i>hierarchia</i>
<i>Tulajdonság</i>	helyhezköötöttség – mobil terjedelem – kicsi súly – kicsi	

b) hasonlóan az előzőhöz:

<i>Defframe</i>	lépegető exkavátor	
<i>Reláció</i>	<i>is-a</i> haszonjármű alkalmazható közúti közlekedésben alkalmazható építési munkákban	<i>hierarchia</i>
<i>Tulajdonság</i>	terhelhetőség – nagy	



### 3.2. Szabály alapú tudásreprezentáció

#### 3.2.1. Adott egy szabály alapú szakértő rendszer aktuális adatbázisa és egy szabálya. Állapítsa meg, hogy tüzel-e a szabály, és végrehajtás esetén hogyan módosul az adatbázis!

##### Adatbázis:

(A1 alkatrész manipulálásra vár)  
(A2 alkatrész kész)  
(A3 alkatrészt az R1 robot manipulálja)  
(R1 robot foglalt)  
(R2 robot szabad)

##### Szabály:

Defrule            alkatrész manipulálása  
                      ?f1 ← (?R robot szabad)  
                      ?f2 ← (?A alkatrész manipulálásra vár)  
  
⇒  
assert ( ?A alkatrészt a ?R robot manipulálja)  
          (?R robot foglalt)  
retract (?f1, ?f2)

##### Megoldás:

A feladatban használt szabály formalizmusa megegyezik a jegyzetben használttal. A szabály alapú következtetésben az aktuális adatbázis (ami a szabályozni, vezérelni kívánt környezetet írja le) állításait kell megvizsgálni, hogy megfelelnek-e a szabály(ok) feltételrendszerének. A feladatban szereplő szabály ?f1 feltételének az adatbázis utolsó (ötödik) sora megfelel, tehát ?R helyére R2 behelyettesíthető. Az ?f2 feltételnek az adatbázis első sora megfelel, itt az ?A helyére az A1 helyettesíthető. Mivel a feltételek teljesülnek a szabály tüzel. A tüzelés, végrehajtás után a szabályban megfogalmazott változások végrehajtnak az adatbázison, vagyis a konkrét értékeket behelyettesítve az adatbázishoz hozzáadódik:

(A1 alkatrészt az R2 robot manipulálja)  
(R2 robot foglalt)

A szintén konkrét értékekkel rendelkező, feltételeket teljesítő állítások pedig törlődnek:

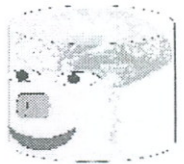
(R2 robot szabad)  
(A1 alkatrész manipulálásra vár)

A módosítás után az adatbázis a következő:

(A1 alkatrészt az R2 robot manipulálja)  
(A2 alkatrész kész)  
(A3 alkatrészt az R1 robot manipulálja)  
(R1 robot foglalt)  
(R2 robot foglalt)

##### Megjegyzés:

A következtető mechanizmus szempontjából nem érdekes, de a vezérelt rendszer szempontjából természetesen lényeges, hogy a tüzelés esetén az R2 robot valóban megkezdje az A1 alkatrész manipulálását, így a módosult adatbázis ismét a tényleges helyzetnek megfelelő.



**3.2.2. Adott a következő adatbázis:**

- (A1 asztal rendelésre vár)
- (A2 asztal kész)
- (A3 fizetésre vár)
- (A4 asztal rendelt)
- (P1 pincéernél lehet fizetni)
- (P1 pincér felszolgál)
- (P2 pincér rendelkezésre áll)

**A) Fogalmazza meg egy szabály alapú tudásreprezentáció szabálybázisa számára, amely a pincérek munkáját szervezi, a következő műveleteket!**

- a) pincér felveszi a rendelést
- b) pincérrel rendezik a számlát

**B) Hogyan módosul a fenti adatbázis az a) szabály tüzelése után?**

**Megoldás:**

A) A szabály megfogalmazásához gondoljuk végig azokat a természetes feltételeket, amelyek szükségesek, hogy egy asztalnál rendelést lehessen felvenni, és ezeket abban a formában adjuk meg, ahogy az adatbázis megfogalmazza.

a) Defrule      pincér felveszi a rendelést  
    ?f1 ← (?A asztal rendelésre vár)  
    ?f2 ← (?P pincér rendelkezésre áll)

⇒

assert          (?P pincér felszolgál)  
                  (?A asztal rendelt)  
retract         (?f1, ?f2)

b) Defrule      pincérrel rendezik a számlát  
    ?f1 ← (?A asztal fizetésre vár)  
    ?f2 ← (?P pincér rendelkezésre áll)  
          (?P pincéernél lehet fizetni)

⇒

assert          (?P pincér felszolgál)  
                  (?A asztal kész)  
retract         (?f1, ?f2)

**B) Az adatbázis az a) szabály tüzelése után:**

- (A1 asztal rendelt)
- (A2 asztal kész)
- (A3 fizetésre vár)
- (A4 asztal rendelt)
- (P1 pincéernél lehet fizetni)
- (P1 pincér felszolgál)
- (P2 pincér felszolgál)



**3.2.3. Egy teherszállító lift vezérlését kell megoldani szabály alapú szakértő rendszer segítségével. A lifthez tartozó érzékelő jelzi, hogy a szállítandó konténer üres vagy tele van. A tele konténereket föl, az üresek le kell szállítani (csak két szint van). Arra, hogy a konténerek hogyan kerülnek oda, illetve hogyan viszik őket el, nem kell figyelni. A konténerek száma legyen 4. Vegyen föl egy tetszőleges kezdeti állapotot, adja meg az ahhoz tartozó adatbázist, és fogalmazza meg azokat a szabályokat, amelyekkel a teherszállító lift vezérelhető!**

**Megoldás:**

Az adatbázis megfelelő kialakításához végig kell gondolni, hogy milyen információkra van szükség a vezérléshez. Tudnunk kell, hogy a konténer lent vagy fönt van, hogy tele vagy üres, a lift fönn áll vagy lenn áll, illetve fölfelé szállít vagy lefelé szállít. Ennyi információ alapján már működni tud a vezérlés, és a következő feladatokat kell megfogalmazni (szabályok):

Tele konténer fölfelé szállítása

Üres konténer lefelé szállítása

Lift fölérkezett

Lift leérkezett

hiszen ezek az állapotok változtatnak a vezérelt környezet állapotán is.

Ezek alapján az adatbázisban megfogalmazható információk:

a K1, K2, K3, K4 konténerek állapota lehet üres vagy tele,

a K1, K2, K3, K4 konténerek helyzete lehet fönt és lent,

az L lift aktuális állapota: lent van, fölfelé szállít, fönt van, lefelé szállít,

az L lift áll vagy mozog (ezt egy a szabályalapú rendszertől független érzékelő módosíthatja).

Vegyük fel a fenti leírásokat használva egy tetszőleges környezeti állapotot! Adatbázis:

(K1 konténer lent van)

(K2 konténer fönt van)

(K3 konténer lent van)

(K4 konténer fönt van)

(K1 konténer tele van)

(K2 konténer tele van)

(K3 konténer üres)

(K4 konténer üres)

(L lift lent van)

(L lift áll)

Fogalmazzuk meg a felsorolt feladatokhoz tartozó szabályokat! Szabálybázis:

Defrule            tele konténer fölfelé szállítása

?f1 ← (?K konténer lent van)

?f2 ← (L lift lent van)

(?K konténer tele van)

⇒

assert (L lift ?K konténert fölfele szállítja)

(L lift mozog)

retract (?f1, ?f2)



Defrule        üres konténer lefelé szállítása  
    ?f1 ← (?K konténer fönt van)  
    ?f2 ← (L lift fönt van)  
    (?K konténer üres)

⇒

assert (L lift ?K konténert lefele szállítja)  
    (L lift mozog)  
retract (?f1, ?f2)

Defrule        lift fölérkezett  
    ?f1 ← (L lift ?K konténert fölfele szállítja)  
    (L lift áll)

⇒

assert (L lift fönt van)  
    (?K konténer fönt van)  
retract (?f1)

Defrule        lift leérkezett  
    ?f1 ← (L lift ?K konténert lefele szállítja)  
    (L lift áll)

⇒

assert (L lift lent van)  
    (?K konténer lent van)  
retract (?f1)

## Megjegyzés:

A megoldásnál nem törődtünk azzal, hogyan ürülnek, illetve telnek meg a konténerek. A lift megérkezésekor az adatbázist a szabályoktól függetlenül módosítja egy külső jel, aminek hatására az „L lift mozog” átvált „L lift áll” állapotra.

### 3.2.4. Egy automata mosoda irányítására szabály alapú szakértői rendszert kell készíteni. Adott a következő adatbázis:

- (M1 mosógép szabad)
- (M2 mosógép szabad)
- (M3 mosógép foglalt)
- (M1 mosógép szintetikus színes ruhák mosására szolgál)
- (M2 mosógép pamut fehérnemű mosására szolgál)
- (M3 mosógép univerzális)
- (R1 ruhacsomag pamut fehérnemű mosásra vár)
- (R2 ruhacsomag színes szintetikus ruhák kész)
- (R3 ruhacsomag vegyes ruhák kész)
- (R3 ruhacsomag mosása az M3 mosógépen folyik)





**A) Fogalmazza meg a szabály alapú tudásreprezentáció szabálybázisa számára a következő műveleteket:**

**a) Új ruhacsomag mosógépbe helyezése**

**b) A ruhacsomag kivétele a mosógépből**

**B) Hogyan egészítené ki az adatbázist, ha a mosodában automata szárító kamrák is működnének? Adjon példát az azt vezérlő szabályra is!**

**Megoldás:**

A) Az adatbázisban szereplő, és a mosás megkezdéséhez és a ruhák eltávolításához értelemszerűen szükséges jellemzők alapján a szabályok a következők:

a) Defrule Új ruhacsomag mosógépbe helyezése

?f1 ← (?M mosógép szabad)

?f2 ← (?R ruhacsomag mosásra vár)

(?R ruhacsomagnak megfelelő ?M mosógép)

⇒

assert (?M mosógép foglalt)

(?R ruhacsomag mosása ?M mosógépen folyik)

retract (?f1, ?f2)

b) Defrule A ruhacsomag kivétele a mosógépből

?f1 ← (?M mosógép foglalt)

?f2 ← (?R ruhacsomag kész)

⇒

assert (?M mosógép szabad)

(?R ruhacsomag szárításra vár)

>> a B) feladat rész megelőlegzéseként <<

retract (?f1, ?f2)

B) Feltételezve, hogy 2 szárítókamra működik, egészítsük ki az adatbázist ezek állapotával, illetve módosítsuk az R2 ruhacsomag állapotát. Így az adatbázis a következőképpen változik:

(M1 mosógép szabad)

(M2 mosógép szabad)

(M3 mosógép foglalt)

(M1 mosógép szintetikus színes ruhák mosására szolgál)

(M2 mosógép pamut fehérnemű mosására szolgál)

(M3 mosógép univerzális)

(R1 ruhacsomag pamut fehérnemű mosásra vár)

(R2 ruhacsomag színes szintetikus ruhák szárításra vár)

(R3 ruhacsomag vegyes ruhák kész)

(R3 ruhacsomag mosása az M3 mosógépen folyik)

(S1 szárító foglalt)

(S2 szárító szabad)

(R4 ruhacsomag S1 szárítóban)

Ezek után példaképpen írjuk föl a Ruhát szárítóba visz szabályt!



Defrule      Ruhát szárítóba visz  
    ?f1 ← (?S szárító szabad)  
    ?f2 ← (?R ruhacsomag szárításra vár)

⇒

assert (?S szárító foglalt)  
    (?R ruhacsomag ?S szárítóban)  
retract (?f1, ?f2)

**3.2.5. Adott egy metrószelvényeket vezérlő szabály alapú szakértő rendszer két szabálya. Írja föl milyen tipikus alakú adatokat, információkat kell megadnunk az ezeket a szabályokat aktiváló adatbázisban!**

**Defrule      Metrószelvény állomásról elindul**  
    ?f1 ← (?A állomáson ?S szerelvény tartózkodik)  
    ?f2 ← (?A állomáson nincs már utas)

⇒

**assert      (?A állomás szabad)**  
    **(?S szerelvény ?A állomás felé tart)**  
**retract      (?f1, ?f2)**

**Defrule      Metrószelvény állomásra érkezik**  
    ?f1 ← (?A állomás szabad)  
    ?f2 ← (?S szerelvény ?A állomás felé tart)  
    ¬(?A állomás karbantartás alatt)

⇒

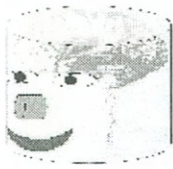
**assert      (?A állomáson ?S szerelvény tartózkodik)**  
**retract      (?f1, ?f2)**

### **Megoldás:**

Az adatbázis állításai, információi csak pozitív alakúak, és megegyeznek a feltételekben ellenőrzött alakoknak. Ezen felül az adatbázisban konkrét elemekről adunk információt.

Ennek megfelelően a fenti szabályokból a következő adatbázis részlet található ki:

A1 állomás szabad  
A2 állomáson S1 szerelvény tartózkodik  
S2 szerelvény A1 állomás felé tart  
A2 állomáson nincs már utas  
A3 állomás karbantartás alatt



### **3.3. Eset alapú tudásreprezentáció**

**3.3.1. Az eddigi nyaralásaink során szerzett tapasztalatainkat a következőkben összegezzük:**

**Ha az időjárás jó, de az árak magasak, a tömeg nagy, bár sok szolgáltatás van, nem mindig érezzük magunkat jól**

**Ha az időjárás ritkán jó, bár kevesen vannak, és az árak elfogadhatók, de kevés szolgáltatás van, ritkán érezzük magunkat jól**

**Ha az időjárás többnyire jó, kevesen vannak, az árak elfogadhatóak, és sok szolgáltatás van, mindig jól érezzük magunkat**

**Ha az időjárás nem jó, kevesen vannak, az árak alacsonyok, és kevés szolgáltatás van, sosem érezzük jól magunkat**

**Állítson össze hatékony eset alapú reprezentációt a fenti tapasztalatokra építve!**

#### **Megoldás:**

A tapasztalatok leírását tudatosan kiválasztott jellemzők jól megválasztott néhány értéke szerint összegezzük! Legyenek a fenti tapasztalatok esetén a jellemzők az időjárás, az árszínvonal, a tömeg és a szolgáltatások! A következőkben az egyes jellemzőkhöz kiválasztott értékeket soroljuk fel úgy, hogy mindig a pozitív felől a negatív érték felé tartunk:

Időjárás: jó, többnyire jó, ritkán jó, nem jó	I : 1, 2, 3, 4
Árszínvonal: alacsony, elfogadható, magas	A: 1, 2, 3
Tömeg: kicsi, nagy	T : 1, 2
Szolgáltatások: sok, kevés	S : 1, 2

Az egyszerűbb kezelés érdekében numerizáljuk a jellemzők értékeit a fentiek szerint! Az így megadott környezetben a feladatban megfogalmazott tapasztalatok a következőképpen néznek ki:

I=1, A=3, T=2, S=1 ilyenkor nem mindig érezzük jól magunkat

I=3, A=2, T=1, S=2 ilyenkor ritkán érezzük jól magunkat

I=2, A=2, T=1, S=1 ilyenkor mindig jól érezzük magunkat

I=4, A=1, T=1, S=2 ilyenkor sosem érezzük jól magunkat

Az esetbázisunk tehát 4 esetet tartalmaz, miközben a jellemzők értékei alapján 48 ( $4 \times 3 \times 2 \times 2$ ) lehetséges eset vizsgálható. Ahhoz, hogy a főt nem megfogalmazott esetekhez is rendelhessünk olyan következtetést, ami alapján eldönthető, hogyan éreznénk magunkat azokban az esetekben, próbáljuk megtalálni a tapasztalatok közül a „legközelebbit”, és annak a következtetését használni. Használjuk az esetek leírására a numerizált értékekből összeállított vektort, és az esetek „távolságát” az euklideszi távolságfogalom szerint adjuk meg! Mivel a jellemzők értékeit rendre a pozitívtól a negatívig számoztuk meg, így valóban a



távoli értékek számértékei lesznek távoliak. Példaként keressük meg a tapasztalataink között nem szereplő jó idő, alacsony árak, kis tömeg, sok szolgáltatás ideális helyzethez adódó következtetést!

Keresett = [1, 1, 1, 1]

Tapasztalat1 = [1, 3, 2, 1]

$$\text{távolság1} = \sqrt{(1-1)^2 + (3-1)^2 + (2-1)^2 + (1-1)^2} = \sqrt{5}$$

Tapasztalat2 = [3, 2, 1, 2]

$$\text{távolság2} = \sqrt{(3-1)^2 + (2-1)^2 + (1-1)^2 + (2-1)^2} = \sqrt{6}$$

Tapasztalat3 = [2, 2, 1, 1]

$$\text{távolság3} = \sqrt{(2-1)^2 + (2-1)^2 + (1-1)^2 + (1-1)^2} = \sqrt{2}$$

Tapasztalat4 = [4, 1, 1, 2]

$$\text{távolság4} = \sqrt{(4-1)^2 + (1-1)^2 + (1-1)^2 + (2-1)^2} = \sqrt{10}$$

A számítás szerint a 3. tapasztalat áll legközelebb az ideálishoz, aminek a következtetése, hogy ilyenkor mindig jól érezzük magunkat. Ez meg is felel az elvárásainknak, tehát ez a következtetés ezzel a távolság definícióval működőképesnek tűnik. Ezt erősíti, hogy legtávolabbinak a 4. tapasztalat, vagyis, hogy ilyenkor sosem érezzük jól magunkat adódott, ami szintén a várakozásnak megfelelő.

## Megjegyzés:

A tapasztalatok fenti, eset alapú reprezentálásakor a jól kiválasztott jellemzők és értékek megfelelő numerizálása mellett a megfelelő távolság definíció is alapvető fontosságú. A távolság meghatározása nem mindig ilyen egyszerűen és egyértelműen adódik.

### 3.3.2. Készítsen eset alapú szakértőrendszert egy vállalat HR menedzsere (Human Resource Manager) számára, ami a végzettség, tapasztalat, kor és hozott ajánlások alapján hoz döntést arról, hogy melyik jelentkezőt válassza!

#### Megoldás:

Az ilyen jellegű feladatok megoldásához természetesen szükség van a HR területen szerzett tapasztalatokra, tehát a menedzserrel közösen állíthatók össze a megfelelő tapasztalatok, esetbázis, a megfelelő jellemzők és azok értékei, valamint a távolság. Itt a példatárban egy általános, az álláshirdetésekből kiolvasható elképzelés alapján végezzük el a szakértő rendszer alapjainak kidolgozását. Alkalmazzuk az előző példában bevált módszert, legyenek az egyes jellemzők értékei a pozitívtól a negatív felé sorolva a következők!

Végzettség (V): megfelelő (1), magasabb(2), más irányú(3), nélkül(4)

Tapasztalat (T): sok(1), kevés(2), semmi(3)

Kor (K): fiatal(1), 35 fölötti(2), 50 fölötti(3), nyugdíj előtti(4)

Ajánlás (A): kiváló(1), jó(2), nincs(3), rossz(4)

Fogalmazzunk meg néhány tapasztalatot a fenti numerizálást alkalmazva a felírásban!

Tapasztalat1: [1, 2, 2, 2] nem biztos, hogy fölveszem

Tapasztalat2: [1, 3, 1, 1] fölveszem

Tapasztalat3: [2, 1, 3, 1] nem veszem föl

Tapasztalat4: [3, 1, 2, 1] nem biztos, hogy fölveszem



Tapasztalat5: [4, 3, 1, 3] lehet, hogy fölveszem

Tapasztalat6: [1, 1, 4, 1] nem veszem föl

A szakértő rendszer működéséhez még egy döntési mechanizmust segítő távolság definíció kell, válasszuk most a Manhattan távolságot, vagyis a megfelelő vektorelem értékek különbségének abszolút értékeit összegezve kapjuk a távolságot. Ezzel tulajdonképpen meg is oldottuk a feladatot. A működés bemutatására legyen egy jelentkezőnk, egy megfelelő végzettségű, 35 év fölötti, sok tapasztalattal rendelkező, jó ajánlásokat hozó jelölt: [1, 1, 2, 2].

$$\text{Távolság1} = (1-1)+(2-1)+(2-2)+(2-2) = 1$$

$$\text{Távolság2} = (1-1)+(3-1)+\text{abs}(1-2)+\text{abs}(1-2) = 4$$

$$\text{Távolság3} = (2-1)+(1-1)+(3-2)+\text{abs}(1-2) = 3$$

$$\text{Távolság4} = (3-1)+(1-1)+(2-2)+\text{abs}(1-2) = 3$$

$$\text{Távolság5} = (4-1)+(3-1)+\text{abs}(1-2)+(3-2) = 7$$

$$\text{Távolság6} = (1-1)+(1-1)+(4-2)+\text{abs}(1-2) = 3$$

A jelölt az esetbázis alapján a „nem biztos, hogy fölveszem” döntést kapta.

### Megjegyzés:

A fenti példa kapcsán fölvetődhet néhány további megfontolás. Mi van akkor, ha például egy más végzettségű, jelentkező van, akit mindenképpen szeretnénk elkerülni, vagy egy végzettség nélküli, de nem fiatal és képezhető jelentkező van. Az ilyen esetekben az értékek numerizálásában növelhetjük a távolságot, így a nem kívánt jelölteket el tudjuk kerülni. Használhatunk súlyozott távolságokat is, amikor bizonyos jellemzők fontossága nagyobb, mint a többié, például a végzettség a távolság számításakor 4-szeres szorzót kap. Az ilyen eszközök segítségével finomíthatjuk a távolság fogalmat, és illeszthetjük a szakértő rendszer döntéseit az általunk megvalósítani kívánt döntésekhez. Ez a finomítás azt is elősegíti, hogy az előző példában jól érzékelhető azonos távolságok (a 3., 4. és 6. tapasztalat esetén is 3 a távolság) kevésbé fordulnak elő.

### 3.3.3. Adott egy esetbázis, ami a várható vizsgaeredményt adja meg a következő jellemző és érték reprezentáció esetén:

**szorgalom:** nagy(1), közepes(2), kicsi(3)

**képesség:** kiváló(1), jó(2), közepes(3), rossz(4)

**pillanatnyi állapot:** remek(1), jó(2), elmegy(3), rossz(4)

**megjelenés:** elegáns(1), rendezett(2), szedett-vedett(3)

#### Esetbázis:

[1, 2, 1, 2] → kitűnő eredmény

[3, 1, 2, 3] → gyenge eredmény

[2, 1, 2, 1] → kitűnő eredmény

[3, 3, 1, 1] → gyenge eredmény

[1, 3, 2, 1] → jó eredmény

[3, 4, 1, 2] → bukás

[2, 2, 2, 2] → közepes eredmény

[2, 3, 4, 3] → bukás

Milyen értékelést hoz ki ez a szakértő rendszer a közepes szorgalmú, rossz képességű, remek állapotú, szedett-vedett megjelenésű hallgató esetén, ha a távolságban a szorgalom és a képesség 2-szeres súllyal szerepel, és a Manhattan távolságnak megfelelő súlyozott értéket számítjuk?



## Megoldás:

Mivel a keresett eset az esetbázisban jelenleg nem szerepel, az abban szereplő „legközelebbi” esethez tartozó következtetést választjuk az új eset mellé. Végezzük el a távolságok kiszámítását!

$$T1 = 2 \cdot (2-1) + 2 \cdot (4-2) + (1-1) + (3-2) = 7$$

$$T2 = 2 \cdot (2-2) + 2 \cdot (4-1) + \text{abs}(1-2) + (3-1) = 9$$

$$T3 = 2 \cdot (2-1) + 2 \cdot (4-3) + \text{abs}(1-2) + (3-1) = 7$$

$$T4 = 2 \cdot (2-2) + 2 \cdot (4-2) + (2-2) + (3-2) = 5$$

$$T5 = 2 \cdot \text{abs}(2-3) + 2 \cdot (4-1) + \text{abs}(1-2) + (3-3) = 9$$

$$T6 = 2 \cdot \text{abs}(2-3) + 2 \cdot (4-3) + (1-1) + (3-1) = 6$$

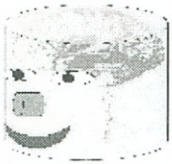
$$T7 = 2 \cdot \text{abs}(2-3) + 2 \cdot (4-4) + (1-1) + (3-2) = 3$$

$$T8 = 2 \cdot (2-2) + 2 \cdot (4-3) + \text{abs}(1-4) + (3-3) = 5$$

A legkisebb távolságra az adott távolság definíció alapján a 7. eset van, tehát a közepes szorgalmú, rossz képességű, remek állapotú, szedett-vedett megjelenésű hallgató vizsgaeredménye bukás.

## Megjegyzés:

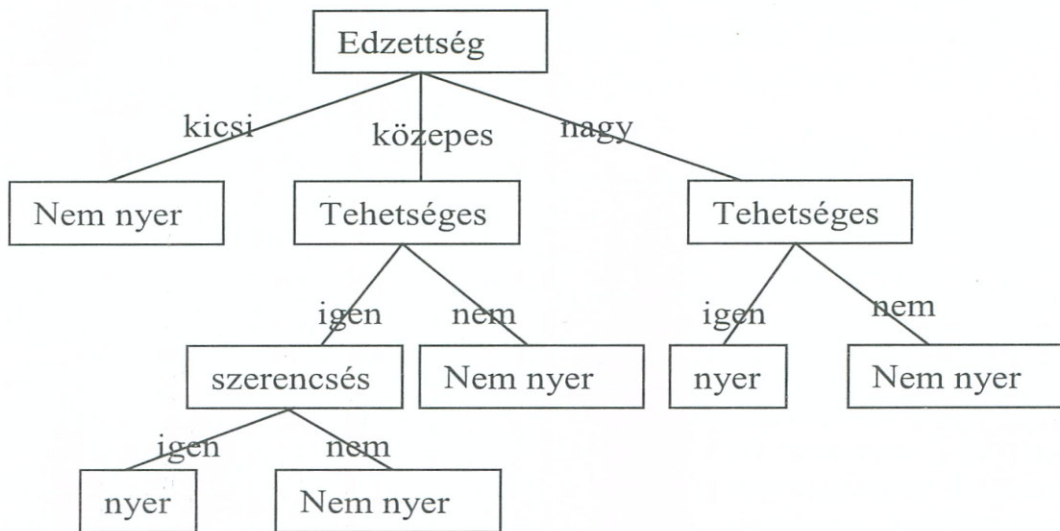
Az eset alapú reprezentáció egyik előnyös tulajdonsága a bővíthetőség, ami a tanulás lehetőségét teremti meg. Ahhoz, hogy a korábban nem szereplő esetekhez is adjon a szakértő rendszer következtetést a fenti példákban is egy legközelebbi esetet, egy „legközelebbi szomszédot” kerestünk. Az induktív tanulási módszerek egy esete a legközelebbi szomszéd, amelyre a fenti megoldások mutatnak példát, hiszen az ily módon besorolt új esetekkel bővül az esetbázis, és ezek az esetek a megoldás szerint egy hasonlósági osztályba kerülnek (hasonlósági alapon történő, azaz induktív tanulás).



## 4. Tanulási módszerek

### 4.1. Döntési fa

#### 4.1.1. Adott a következő döntési fa.



**Fogalmazza meg a döntési fában ábrázolt tapasztalatokat a logikai reprezentációnak megfelelő mondatokkal!**

#### Megoldás:

Legegyszerűbben minden a döntési fa tövétől a döntéshez vezető útvonalon található értékeket ÉS kapcsolattal fölírva kapjuk a megoldást:

Ha az edzettség kicsi, akkor nem nyer.

Ha az edzettség közepes és tehetséges és szerencsés, akkor nyer.

Ha az edzettség közepes és tehetséges és nem szerencsés, akkor nem nyer.

Ha az edzettség közepes és nem tehetséges, akkor nem nyer.

Ha az edzettség nagy és tehetséges, akkor nyer.

Ha az edzettség nagy és nem tehetséges, akkor nem nyer.

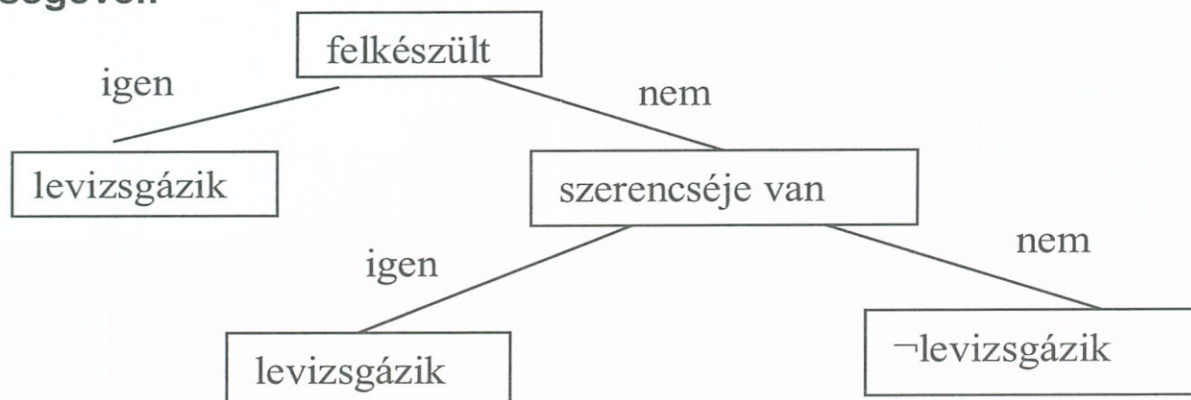
A fenti szabályok összevonhatók, ha az azonos következtetésre vezető jellemzőket vagy kapcsolattal összevonjuk:

Ha az edzettség kicsi, vagy az edzettség közepes és tehetséges és nem szerencsés, vagy az edzettség közepes és nem tehetséges, vagy az edzettség nagy és nem tehetséges, akkor nem nyer.

Ha az edzettség közepes és tehetséges és szerencsés, vagy az edzettség nagy és tehetséges, akkor nyer.



4.1.2. Írja föl az alábbi döntési fa segítségével levonható következtetéseket az ítéletkalkulusban alkalmazott szimbolika segítségével!



**Megoldás:**

Legyenek az ítéletkalkulus mondatai a döntési fában megfogalmazott jellemzők!  
 $felkészült \vee (\neg felkészült \wedge szerencsése\ van) \Rightarrow levizsgázik$   
 $\neg felkészült \wedge \neg szerencsése\ van \Rightarrow \neg levizsgázik$

4.1.3. A következő táblázat egy diák felkészültsége és sikere közötti kapcsolatra vonatkozó tapasztalatokat foglalja össze. Hozza létre az ezekre a tapasztalatokra épülő döntési fát!

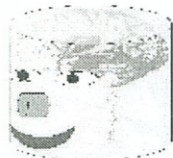
Előadások látogatása	Felkészülésre szánt idő	Eddigi eredmények	Vizsga sikerül
Mindig	Bőséges	Jó	Igen
Legtöbbször	Elegendő	Közepes	Igen
Mindig	Kevés	Jó	Igen
Néha	Kevés	Közepes	Nem
Legtöbbször	Elegendő	Gyenge	Nem
Néha	Bőséges	Közepes	Igen
Legtöbbször	Kevés	Gyenge	Nem
Mindig	Elegendő	Gyenge	Igen
Néha	Elegendő	Jó	Igen

**Megoldás:**

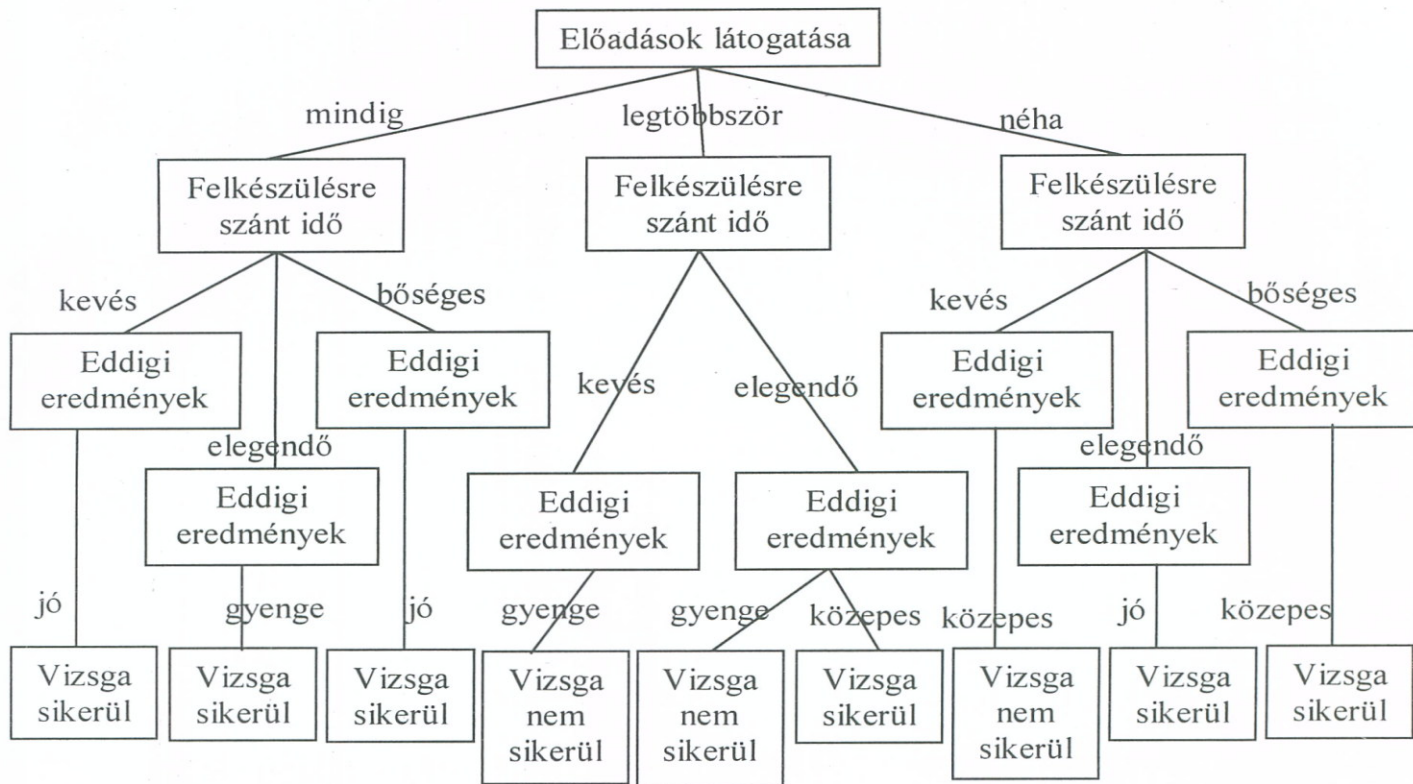
Az előző példák jó mintákat mutatnak a döntési fák felépítéséről. Az elágazásokat az egyes jellemzők, az ágakat az egyes értékek határozzák meg. Ezek szerint a fenti táblázatban megadott jellemzők és azok értékei alapján megadhatók az elágazások és a vizsga sikerére vonatkozó döntéshez is eljuthatunk.

Tulajdonképpen mindegy, melyik jellemzővel kezdjük, illetve milyen sorrendben követjük a jellemzőket, hiszen az előző példákban bemutatott logikai megfeleltetésből is következően (az ÉS kapcsolat kommutatív) a jellemzők felcserélhetőek. Ebből az is következik, hogy a táblázat alapján több jó döntési fa is fölvehető.





Az egyik lehetséges döntési fa a következő:



4.1.4. A következő tanuló mintát egy Balaton parti nyaralás során gyűjtöttük össze annak eldöntésére, hogy mikor engedhetjük a gyerekeket fürödni a tóban.

Nappal, ha napos az idő és meleg a Balaton, akkor fürödhetnek a gyerekek.

Nappal, ha napos az idő és hideg a Balaton, akkor fürödhetnek.

Éjjel, ha borús az idő és hideg a Balaton, akkor nem fürödhetnek.

Éjjel, ha borús az idő és meleg a Balaton, akkor fürödhetnek.

Nappal, ha borús az idő és hideg a Balaton, akkor nem fürödhetnek.

Nappal, ha esős az idő és meleg a Balaton, akkor fürödhetnek.

Éjjel, ha esős az idő és meleg a Balaton, akkor nem fürödhetnek.

Éjjel, ha esős az idő és hideg a Balaton, akkor nem fürödhetnek.

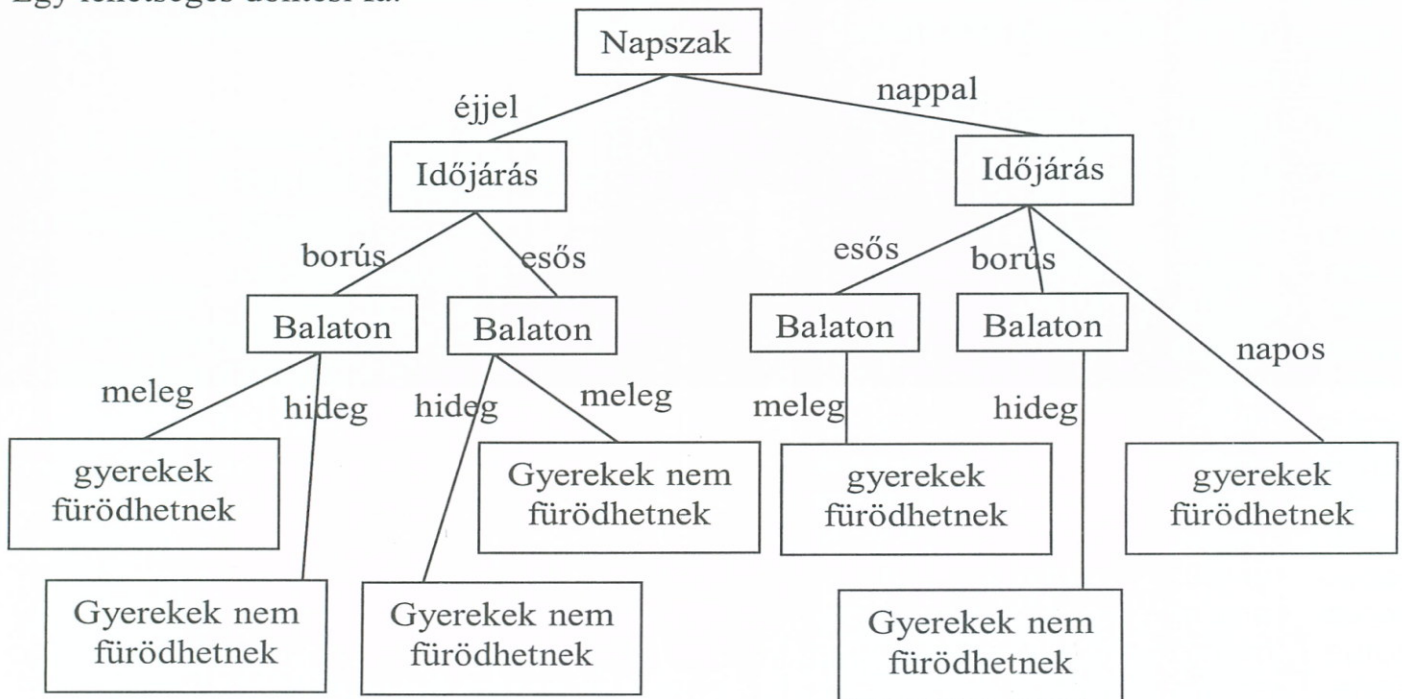
Rajzoljon fel egy olyan döntési fát, amely alkalmas reprezentációja a fenti tanuló mintának!

**Megoldás:**

A tapasztalatok fölrása nemcsak táblázatok, hanem az első példában éppen fordítottan létrehozott implikációs fölrás alakjában is történhet, a döntési fa létrehozása ekkor is az előzőeknek megfelelően, a tulajdonságok és értékeik alapján történik.



Egy lehetséges döntési fa:



**4.1.5. Adott a szabadtéri koncertek elmaradására vonatkozó alábbi tapasztalati leírás. Számítsa ki az erős szélre, a zuhogó esőre és a hideg hőmérsékletre jellemző entrópia értékeket!**

Eső	Szél	Hőmérséklet	Koncert
zuhog	enyhe	meleg	elmarad
csöpög	erős	hideg	elmarad
zuhog	erős	hideg	elmarad
nincs	erős	hideg	elmarad
csöpög	enyhe	meleg	megtartják
nincs	enyhe	meleg	megtartják
csöpög	enyhe	hideg	elmarad
nincs	erős	meleg	megtartják

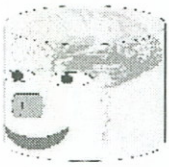
**Megoldás:**

Az entrópia számítására a jegyzetben található következő összefüggést alkalmazzuk:

$$E(I) = -[p/(p+n)] \cdot \log_2(p/(p+n)) - [n/(p+n)] \cdot \log_2(n/(p+n))$$

Ahol p az I jellemző esetén hozott pozitív döntések száma, n pedig az I jellemző bekövetkezése esetén számolt negatív döntések száma, log<sub>2</sub> 2-es alapú logaritmust jelöl. Nézzük meg először az egyes megadott jellemzőkre vonatkozóan hogyan alakul a pozitív és a negatív döntések száma! Ezek után csak a fenti képletbe kell behelyettesítenünk a kérdés megválaszolásához.

- Erős szél: p = 1 n = 3 E = -1/4 · log<sub>2</sub>(1/4) - 3/4 · log<sub>2</sub>(3/4) = 0,5 + 0,311 = 0,811
- Zuhogó eső: p = 0 n = 2 E = -0 · log<sub>2</sub>(0) - 1 · log<sub>2</sub>(1) = 0
- Hideg hőmérséklet: p = 0 n = 4 E = -0 · log<sub>2</sub>(0) - 1 · log<sub>2</sub>(1) = 0



**4.1.6. Adott a szabadban érdemes-e teniszezni kérdésre vonatkozó alábbi tapasztalat halmaz. Hasonlítsa össze a szél és a páratartalom jellemzők nyereségét!**

kilátás	hőmérséklet	páratartalom	szél	érdemes teniszezni
napos	meleg	magas	gyenge	nem
napos	meleg	magas	erős	nem
borús	meleg	magas	gyenge	igen
esős	enyhe	magas	gyenge	igen
esős	hűvös	normális	gyenge	igen
esős	hűvös	normális	erős	nem
borús	hűvös	normális	erős	igen
napos	enyhe	magas	gyenge	nem
napos	hűvös	normális	gyenge	igen
esős	enyhe	normális	gyenge	igen
napos	enyhe	normális	erős	igen
borús	enyhe	magas	erős	igen
borús	meleg	normális	gyenge	igen
esős	enyhe	magas	erős	nem

**Megoldás:**

Az egyes jellemzők nyereségét – a jegyzet alapján – úgy számolhatjuk, hogy először meghatározzuk a teljes tapasztalat halmazra vonatkozó entrópiát, majd a jellemző értékeihez tartozó entrópiát kiszámolva annak súlyozott összegét képezzük, végül azt kivonjuk a már kiszámolt tapasztalati halmaz entrópiából. Képletszerűen:

$$Gain(A, I) = E(I) - \sum_j \frac{p_j + n_j}{p + n} \cdot E_j(I)$$

Határozzuk meg először A tapasztalati halmaz entrópiáját! Ehhez vegyük számba a pozitív és negatív döntéseket. Az adott tapasztalati halmazon 9 pozitív és 5 negatív döntést találunk, amiből az előző példa szerint kiszámítható entrópia:

$$E = -9/14 \cdot \log_2(9/14) - 5/14 \cdot \log_2(5/14) = 0,9405$$

Most a páratartalomhoz tartozó nyereséget számítjuk ki, amihez a normális és magas értékekhez adódó pozitív és negatív döntések, illetve entrópia érték szükséges.

Páratartalom magas:  $p = 3 \quad n = 4 \quad E = -3/7 \cdot \log_2(3/7) - 4/7 \cdot \log_2(4/7) = 0,9852$

normális:  $p = 6 \quad n = 1 \quad E = -6/7 \cdot \log_2(6/7) - 1/7 \cdot \log_2(1/7) = 0,5916$

$$Gain(\text{Páratartalom}) = 0,9405 - 7/14 \cdot 0,9852 - 7/14 \cdot 0,5916 = 0,1521$$

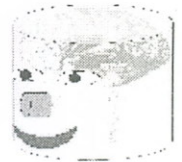
Hasonlóan meghatározható a szélhez tartozó nyereség:

Szél gyenge:  $p = 6 \quad n = 2 \quad E = -6/8 \cdot \log_2(6/8) - 2/8 \cdot \log_2(2/8) = 0,811$

erős:  $p = 3 \quad n = 3 \quad E = -3/6 \cdot \log_2(3/6) - 3/6 \cdot \log_2(3/6) = 1$

$$Gain(\text{Szél}) = 0,9405 - 8/14 \cdot 0,811 - 6/14 \cdot 1 = 0,0485$$

Tehát a páratartalomhoz tartozik nagyobb nyereség érték. Ennek az a jelentősége, hogy a döntési fa építéskor ne tetszőlegesen válasszuk az induló jellemzőt, hanem azt a jellemzőt



választjuk a fa tövéül, amelyiknek a nyeresége nagyobb, így arra van esélyünk, hogy a legegyszerűbb fa struktúrát kapjuk, és a legrövidebb idő alatt juthatunk döntéshez.

#### 4.1.7. Határozzuk meg a 4.1.4. feladatban keresett döntési fát úgy, hogy a nyereség alapján választva a jellemzők sorrendjét az a legegyszerűbb struktúrájú legyen!

##### Megoldás:

Először határozzuk meg a tapasztalati halmazra vonatkozó entrópiát!

Fürödhetnek-e a gyerekek?  $p = 4 \quad n = 4 \quad E = -4/8 \cdot \log_2(4/8) - 4/8 \cdot \log_2(4/8) = 1$

Most jellemzőnként számítsuk ki a nyereséget!

Napszak nappal:  $p = 3 \quad n = 1 \quad E = -3/4 \cdot \log_2(3/4) - 1/4 \cdot \log_2(1/4) = 0,811$

éjjel:  $p = 1 \quad n = 3 \quad E = -1/4 \cdot \log_2(1/4) - 3/4 \cdot \log_2(3/4) = 0,811$

$$\text{Gain(Napszak)} = 1 - 4/8 \cdot 0,811 - 4/8 \cdot 0,811 = 0,189$$

Időjárás esős:  $p = 1 \quad n = 2 \quad E = -1/3 \cdot \log_2(1/3) - 2/3 \cdot \log_2(2/3) = 0,9183$

borús:  $p = 1 \quad n = 2 \quad E = -1/3 \cdot \log_2(1/3) - 2/3 \cdot \log_2(2/3) = 0,9183$

napos:  $p = 2 \quad n = 0 \quad E = -0 \cdot \log_2(0) - 1 \cdot \log_2(1) = 0$

$$\text{Gain(Időjárás)} = 1 - 3/8 \cdot 0,9183 - 3/8 \cdot 0,9183 - 2/8 \cdot 0 = 0,311$$

Balaton hideg:  $p = 1 \quad n = 3 \quad E = -1/4 \cdot \log_2(1/4) - 3/4 \cdot \log_2(3/4) = 0,811$

meleg:  $p = 3 \quad n = 1 \quad E = -3/4 \cdot \log_2(3/4) - 1/4 \cdot \log_2(1/4) = 0,811$

$$\text{Gain(Napszak)} = 1 - 4/8 \cdot 0,811 - 4/8 \cdot 0,811 = 0,189$$

A nyereség alapján a fát érdemes az időjárás jellemző szerint indítani. A legegyszerűbb fát úgy kaphatjuk, hogy a borús ághoz illetve az esős ághoz tartozó alrendszerekre szintén elvégezzük az előző nyereség számítását. (A napos alrendszer döntése, hogy fürödhetnek, tehát nem kell a fát ezen az ágon folytatni.)

Borús alrendszer:  $p = 1 \quad n = 2 \quad E = -1/3 \cdot \log_2(1/3) - 2/3 \cdot \log_2(2/3) = 0,9183$

Napszak nappal:  $p = 0 \quad n = 1 \quad E = 0$

éjjel:  $p = 1 \quad n = 1 \quad E = -1/2 \cdot \log_2(1/2) - 1/2 \cdot \log_2(1/2) = 1$

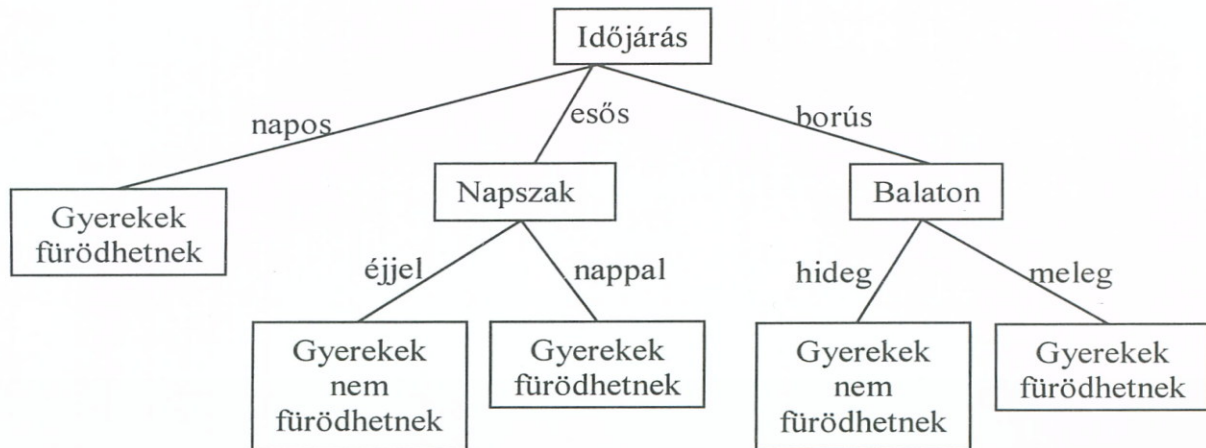
$$\text{Gain(napszak/borús)} = 0,9183 - 1/3 \cdot 0 - 2/3 \cdot 1 = 0,2517$$

Balaton hideg:  $p = 0 \quad n = 2 \quad E = -0 \cdot \log_2(0) - 1 \cdot \log_2(1) = 0$

meleg:  $p = 1 \quad n = 0 \quad E = 0$

$$\text{Gain(Balaton/borús)} = 0,9183 - 0 - 0 = 0,9183$$

A borús ágon tehát a Balaton hőmérséklete szerint kell folytatni a fát (ez egyébként a további folytatást feleslegessé is teszi). Teljesen hasonló módon az esős ág alrendszerét is végigszámolva (még a számértékek is azonosak lesznek) azt kapjuk, hogy ott a napszak nyeresége a nagyobb, és azzal folytatva a fát ott sem lesz szükség további folytatásra. A számítások eredményekén fölrajzolhatjuk a legegyszerűbb döntési fa struktúrát, ami az 4.1.4. feladatban felírt tapasztalati halmazhoz tartozik:



### Megjegyzés:

A kapott döntési fa valóban lényegesen egyszerűbb, mint a 4.1.4. feladat megoldásában fölvetett, és az adott tapasztalati halmaz eseteit vizsgálva azonos döntésekhez vezet. Ugyanakkor a kapott döntési fa rámutat a tanulás egy nagyon lényeges kérdésére, nevezetesen, hogy a tapasztalataink mennyire teljesek. Az adott tapasztalati halmaz alapján a fenti fa szerint esős időben a gyerekek nappal fürödhetnek, ami a hétköznapi tapasztalatainkkal általánosságban nem egyezik. Ennek oka, hogy a tapasztalataink hiányosak voltak, és az előző döntéssel ellentétes tapasztalatok még nem szerepeltek a tanuló halmazban. Kiegészítve ezt a döntést az ellentétes tapasztalatok hiánya miatt elhagyott meleg Balatonnal a döntés is realisabb. Nem mindig a döntési fa egyszerűsége, illetve a döntés gyorsasága szerint helyes döntési fát konstruálni.



## 5. Tesztek

### 5.1. Teszt

1. Melyik állítás hamis az alábbiak közül?

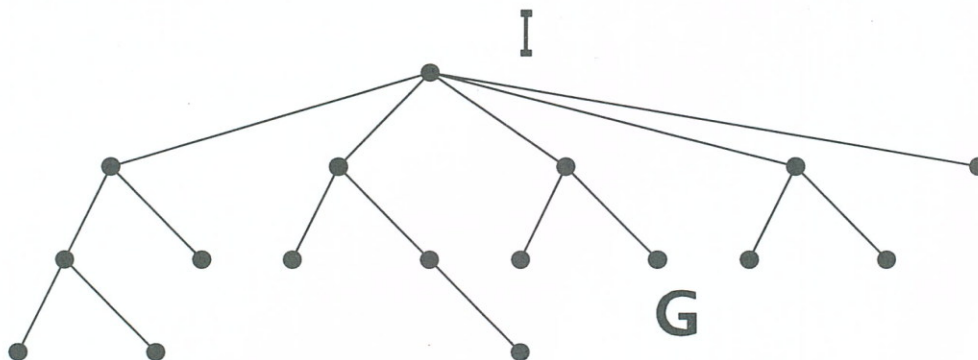
- I. A mesterséges intelligencia a matematika azon ága, amely a logikus, matematikai gondolkodás számítógépen való megvalósítására törekszik.
- II. A mesterséges intelligencia egyik célja lehet a racionálisan cselekvő ágens megvalósítása.
- III. A mesterséges intelligencia célja a gondolkodó számítógép megalkotása.

- a) Mindhárom állítás.      b) Az I. és a III.      c) A II. és a III.      d) Az I. és a II.

2. Melyik igaz az alábbi állítások közül?

- a) A racionális ágens nem mérlegel döntési változatok között.
- b) A racionális ágens hatással van környezeté állapotaira.
- c) A racionális ágensnek minden ismeret rendelkezésére áll, ami céljai eléréséhez szükséges.
- d) A racionális ágensnek nincs módja arra, hogy hasson a környezetére.

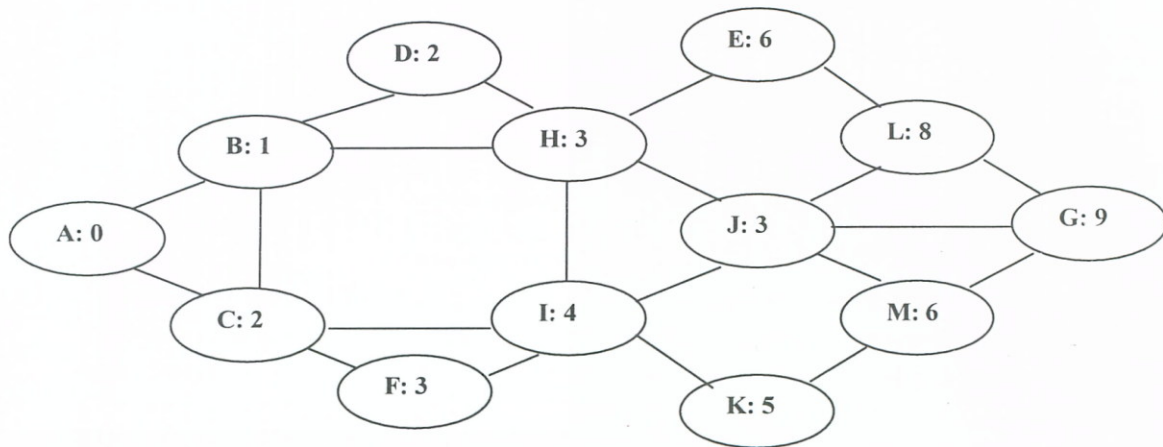
3. A következő keresési fán I a kiindulási és G a cél állapotot jelöli. A leszármazottakat balról jobbra terjesztjük ki. Melyik módszer találja meg a célt legutoljára?



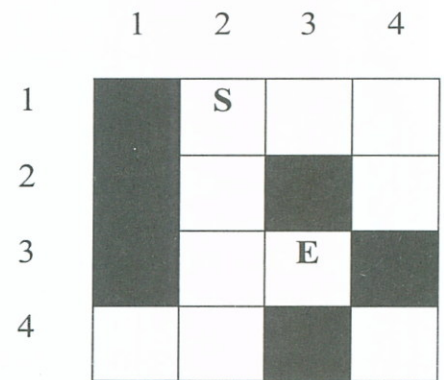
- a) Szélességben először keresés.
- b) Mélységben először keresés.
- c) Iteratív mélyítés.
- d) Mélységben először keresés 2 korláttal.

4. Az alábbi (túloldali) állapottérnél az ABC betűi jelölik a különböző állapotokat, a mellettük található szám az állapotok jóságát képviselő értéket adja meg. Eljuthat-e a csúcsra mászás algoritmus A-ból G-be, ahol a jóság értéke a maximális?

- a) Igen, az A-B-D-H-E-L-G úton.
- b) Igen, az A-C-I-K-M-G úton.
- c) Nem, elakad D-ben.
- d) Igen, az A-C-B-H-J-G úton.



5. Adott az ábrán látható labirintus. Lépni csak a tengelyekkel párhuzamosan fel, jobbra, le vagy balra lehet, a sötét mezők a játékból kizártak. S(1,2) jelöli a kezdeti, E(3,3) pedig a cél állapotot. A keresési fán mindig a következő sorrendben fejtjük ki a csomópontokat: fel, jobbra, le, balra. Hurkok nincsenek megengedve, vagyis az előző állapotba nem szabad visszalépni. Milyen sorrendben terjeszti ki a szélességben először keresés a csomópontokat? (Érdeemes megrajzolni a keresési fát!)



- a) (1,2), (1,3), (1,4), (2,4), (1,4), (1,3), (1,2), (2,2), (3,2), (3,3)
- b) (1,2), (2,2), (2,3), (3,3)
- c) (1,2), (1,3), (2,2), (1,4), (3,2), (2,4), (3,3)
- d) (1,2), (1,3), (1,4), (2,4), (2,2), (3,2), (3,3)

6. Válassza ki a következő mondattal ekvivalens mondatot!  $\neg A \wedge B \Rightarrow \neg C$

- a)  $A \vee \neg B \vee C$
- b)  $\neg A \vee B \vee \neg C$
- c)  $\neg A \vee B \vee C$
- d)  $A \vee \neg B \vee \neg C$

7. Melyik állítás igaz a következő mondatra?  $(\neg A \vee B) \Rightarrow (\neg A \wedge \neg B)$

- a) érvényes
- b) kielégíthető
- c) egyetlen interpretációban hamis, egyébként igaz
- d) nem értelmezhető

8. alszik  $\Rightarrow$   $\neg$ álmos  
 álmos  $\Rightarrow$  rossz-kedvű  
 $\neg$ álmos  $\Rightarrow$   $\neg$ rossz-kedvű  
 alszik

Mi következik belőlük?

- a) rossz kedvű
- b) pihent
- c)  $\neg$ rossz-kedvű
- d) álmos

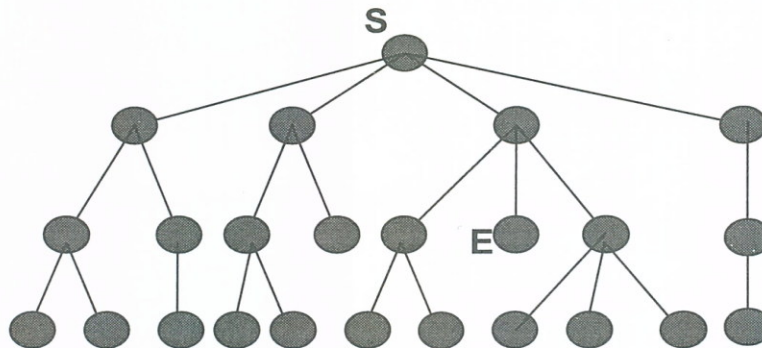






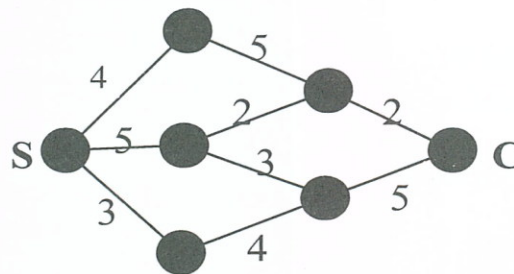


4. A következő keresési fán S a kiindulási és E a cél állapotot jelöli. A leszármazottakat jobbról balra terjesztjük ki. Melyik módszer találja meg a célt legelőször?

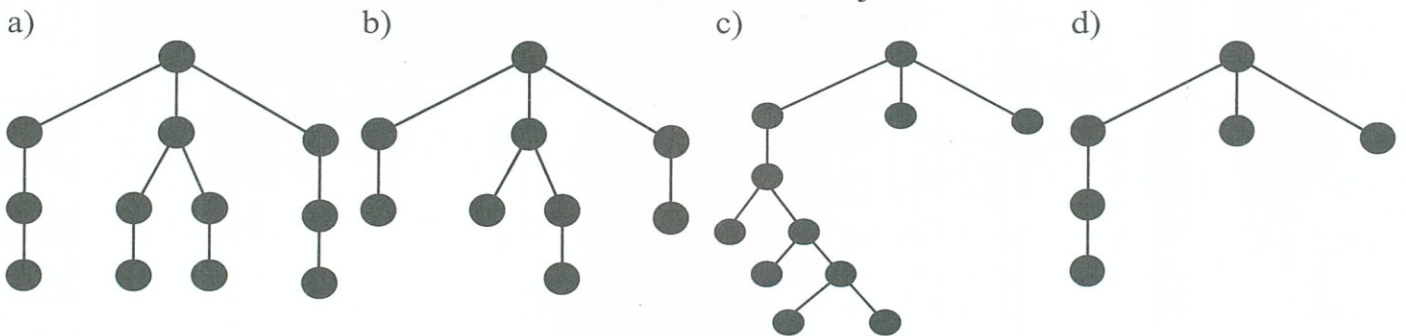


- a) Szélességben először keresés.
- b) Mélységben először keresés.
- c) Mélységben először keresés 2 korlással.
- d) Egyforma a b) és a c) eset.

5. Adott a következő általános gráf az éleire meghatározott költség értékekkel.



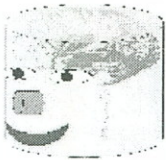
Válassza ki az alábbi keresési fák közül a mohó keresésre jellemzőt!



6. Melyek igazak az alábbi állítások közül?

- I. Következmények automatikus kiszámítása nem lehetséges, mert a számítógép önkényesen értelmezi a logikai mondatokat.
- II. Csak érvényes mondatokból lehet következtetéseket levonni.
- III. Következmények automatikus kiszámítása nem lehetséges, mert a számítógép nem képes értelmezni a logikai mondatokat.

- a) Csak a második állítás.
- b) Az első és a harmadik állítás.
- c) Csak a harmadik állítás.
- d) Egyik állítás sem igaz.



7. Melyik állítás igaz a következő mondatra?  $(\neg A \wedge B) \vee (A \wedge \neg B)$

- a) érvényes  
b) kielégíthetetlen  
c) egyetlen interpretációban hamis, egyébként igaz  
d) kielégíthető

8. vezet  $\Rightarrow$   $\neg$ iszik  
fáradt  $\Rightarrow$   $\neg$ vezet  
 $\neg$ iszik  $\Rightarrow$   $\neg$ elégedett  
vezet

Mi nem következik belőlük?

- a)  $\neg$ fáradt                      b) fáradt                      c)  $\neg$ elégedett                      d)  $\neg$ iszik

9. Melyik az elsőrendű logikának megfelelő reprezentációja a „Minden bornak van cégére.” állításnak?

- a)  $\exists x \exists y \text{ bor}(x) \Rightarrow \text{cégér}(y)$   
b)  $\exists x \exists y \text{ bor}(x) \wedge \text{cégér}(y) \Rightarrow \text{birtokol}(x,y)$   
c)  $\forall x \exists y \text{ bor}(x) \wedge \text{cégér}(y) \Rightarrow \text{birtokol}(x,y)$   
d)  $\forall x \forall y \text{ bor}(x) \wedge \text{cégér}(y) \Rightarrow \text{birtokol}(x,y)$

10. Válassza ki, az alábbi táblázat alapján mi annak a valószínűsége, hogy érett az alma feltéve, hogy piros!

	piros	$\neg$ piros
érett	0,1	0,08
$\neg$ érett	0,05	0,77

- a) 0,1                      b) 0,13                      c) 0,43                      d) 0,67

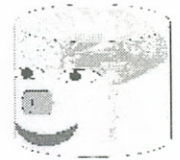
11. Melyek igazak az alábbi állítások közül?

- I. Egy döntési fa ágai megfeleltethetők logikai implikációs szabályoknak.  
II. Egy adott tanuló mintához egy és csakis egy döntési fa tartozhat.  
III. A döntési fa alapú tanulás csak akkor sikeres, ha az entrópia értéke maximális.

- a) Csak az első állítás.  
b) Csak a második állítás.  
c) Csak a harmadik állítás.  
d) A második és a harmadik állítás.

12. Milyen tulajdonságokkal rendelkező robotot választana 20-30 kg-os négyszögletes dobozok raklapra helyezésére?

- a) Merev, legalább 5 szabadságfokú, pályainterpolációt is ismerő, nagy pontosságú derékszögű koordináta robotot  
b) Nagy terhelhetőségű, merev, gyors, 3 szabadságfokú, nagy munkaterű robotot  
c) Nagy terhelhetőségű, engedékeny, pontos, humanoid típusú robotot  
d) Kis munkaterű, merev, gyors, pontos SCARA robotot



13. Melyek a hamis állítások a következők közül?

- I. A tagsági függvény megmutatja az elem halmazba tartozásának fokát.
- II. A fuzzy logika következtetései egyértelműek.
- III. A fuzzy logikai reprezentáció közel áll az emberi gondolkodásmódhoz.

- a) Egyik sem.
- b) Csak a második.
- c) Csak a harmadik.
- d) Az első és a második.

14. Melyek igazak a következő állítások közül?

Az eset alapú következtetés alapötlete

- I. hogy a korábbi feladatok sikeres megoldását használja fel újra.
- II. hogy a különböző esetekből következtet egy jövőbeli eset bekövetkezésére.
- III. hogy szabályokat fogalmaz meg a korábbi esetek sikeres megoldásai alapján.

- a) Csak az első.
- b) A második és a harmadik.
- c) Csak a harmadik.
- d) Az első és a harmadik.

15. Mely állítások hamisak a felsoroltak közül?

- I. A legközelebbi szomszéd módszere az induktív tanulási módszerek közé tartozik.
- II. A legközelebbi szomszéd meghatározásakor "Ockham borotvája" egy használható távolság fogalom.
- III. A legközelebbi szomszéd módszere esetén a tanulási folyamat a tartományhatárok kijelölését és kitörlését jelenti.

- a) Csak a második.
- b) A második és a harmadik.
- c) Az első és a második.
- d) Csak a harmadik.

### 5.3. Teszt

1. Mi tekinthető mesterséges intelligenciának?

- a) Úgy viselkedik mint az ember.
- b) Logikusan gondolkodik.
- c) Képes emberi feladatok megoldására.
- d) Racionálisan cselekszik.

2. Mely tulajdonság nem jellemzi a racionális ágenst?

- a) Célvezérelt viselkedés
- b) Autonómia
- c) Temporális kontinuitás
- d) Reflexitás



3. Mely elemek írják le a keresési feladatot?

- a) Kezdeti állapot, Cél állapot, Állapottér, Operátorok, Költségek
- b) Elágazási tényező, mélység, gyökér, kiterjesztés, csomópont
- c) Keresési fa, kiindulási állapot, heurisztikus függvény, Keresési stratégia.
- d) Cél teszt, reprezentáció, operator, költség.

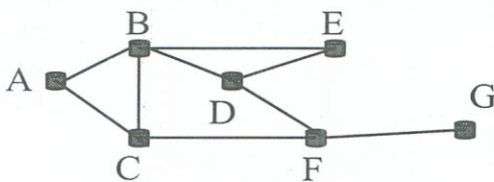
4. Melyik módszert nem nevezhetjük gráfkereső eljárásnak az alábbiak közül?

- a) Mohó keresés
- b) Csúcsra mászás
- c) A\* keresés
- d) Iteratív mélyítés

5. Melyik tulajdonság nem illik a korlátos mélységű keresésre?

- a) Nagy időbeli komplexitás
- b) Nagy memória komplexitás
- c) Nem teljes
- d) Nem optimális

6. Milyen sorrendben látogatja meg az alábbi csomópontokat az A-ból kiinduló, G célt kereső, mélységben először kereső algoritmus? Az azonos szinten lévő csomópontok közül mindig a 12 órától induló, óramutató járásának megfelelő sorrend szerint válasszon!



- a) A – C – F – G
- b) A – B – D – F – G
- c) A – B – E – D – F – G
- d) A – B – C – F – G

7. Melyik kifejezés ekvivalens a következővel?  $(V \vee \neg W) \Rightarrow (\neg W \wedge Z)$

- a)  $(\neg V \vee W) \vee (\neg W \wedge Z)$
- b)  $(V \vee \neg W) \vee (\neg W \wedge Z)$
- c)  $(\neg W \wedge Z) \vee (V \wedge \neg W)$
- d)  $(\neg V \wedge W) \vee (\neg W \wedge Z)$

8. Adottak egy genetikus keresés szülő egyedei és egy utód egyed. Milyen operátor eredményeként jött létre az utód?

	Szülők	Utód	
I.	(101110010110)	(101010010110)	a) egypontos keresztezés
II.	(110011000111)		b) egypontos mutáció
			c) nem lehet létrehozni
			d) a) és b) együtt

9. A dedukció ...

- a) A biztos és kauzális következtetés
- b) A teljes és kauzális következtetés
- c) A teljes és biztos következtetés
- d) A kauzális és diagnosztikai következtetés



10. Melyik állítás igaz a következő mondatra?  $(A \wedge \neg B) \vee (A \wedge B)$

- a) érvényes
- b) kielégíthetetlen
- c) kettő interpretációban hamis, egyébként igaz
- d) teljes

11. Melyek hamisak az alábbi állítások közül? A fuzzy logika

- I. un. nyelvi változókat és értékeket használ.
- II. tagsági függvényei megmutatják az állítás bekövetkezésének valószínűségét.
- III. Következteléseiben a műveletek párhuzamosan hajtódnak végre, így egy lépésben szolgáltatják a következményt.

- a) Mindhárom
- b) A második és a harmadik
- c) Az első és a harmadik
- d) Csak a második

12. Válassza ki a helyes megfogalmazást.

- a) A robot effektora a manipulálandó tárgy megfogásának eszköze.
- b) A robot effektora az emberi kezét helyettesíti a robotkaron.
- c) A robot effektora a robot környezetével való kapcsolatát biztosítja.
- d) A robot effektora sokszabadságfokú mechanizmusként fogható fel.

13. Az alábbiak közül melyik jellemző illik a „démonokra”?

- I. A frame-ek „slot”-jaihoz rendelt matematikai eljárás.
- II. A szakértői rendszerek téves működését előrejelző matematikai eljárás.
- III. A frame-ek manipulálásakor aktivizálódó számítási eljárás.

- a) Egyik sem
- b) Csak az I.
- c) Az I. és a III.
- d) Az I. és a II.

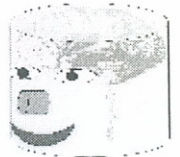
14. Mi az a RETE mechanizmus?

- a) Az eset alapú következtetés mintaillesztési mechanizmusa.
- b) A frame alapú következtetés mintaillesztési algoritmus.
- c) Az eset alapú következtetés esetbázisának reprezentálására szolgál.
- d) A szabály alapú következtetés szabálybázisának reprezentációs hálója.

15. A neurális háló alapegysége (neuron) milyen elemekből épül fel? Válassza ki az oda nem illőt!

- a) Átviteli függvény
- b) Súlytényező
- c) Összegző egység
- d) Összehasonlító egység





6. Melyik állítás igaz a következő mondatra?  $(A \vee \neg B) \wedge (\neg A \Rightarrow B)$

- a) érvényes
- b) kielégíthetetlen
- c) kettő interpretációban hamis, egyébként igaz
- d) nem kielégíthető

7. Mi a heurisztikus függvény?

- a. Egy lineáris összefüggés, amely hatékonyabbá teszi a keresést.
- b. A keresés költségének meghatározására szolgáló összefüggés.
- c. A távolság becslésére szolgáló összefüggés.
- d. Egy kiértékelő függvény, amely egy állapothoz egy számértéket rendel.

8. Melyek a diagnosztikai szabályok az alábbiak közül?

- I. Vizes a fű  $\wedge$   $\neg$ meglocsolták a füvet  $\Rightarrow$  Esett az eső
- II. Esett az eső  $\Rightarrow$  Vizes a fű
- III. Süt a nap  $\wedge$  meglocsolták a füvet  $\Rightarrow$  Vizes a fű
- IV. Süt a nap  $\wedge$  száraz a fű  $\Rightarrow$   $\neg$ meglocsolták a füvet

- a) Egyik sem.
- b) Az első és a negyedik.
- c) A második és a harmadik.
- d) A második és a negyedik.

9. Mely állítások nem igazak az alábbiak közül?

- I. „Következmények automatikus kiszámítása lehetséges, hiszen a számítógép is képes értelmezni a logikai mondatokat.”
- II. „Következmények automatikus kiszámítása nem lehetséges, mert a számítógép önkényesen értelmezi a logikai mondatokat.”
- III. „Érvényes mondatokból lehet következtetéseket levonni.”

- a) egyedül az I.
- b) egyedül a II.
- c) Az I. és a II.
- d) egyedül a III.

10. Válassza ki a hamis állítást!

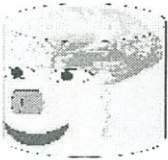
- a) A logikai igazságértéket csak az interpretációval együtt tudjuk meghatározni.
- b) Az érvényesség eldöntéséhez nincs szükségünk a világ és a reprezentáció kapcsolatának ismeretére.
- c) A logika szintaxisa függ az interpretációtól.
- d) A logika szemantikája nem más, mint az interpretációs megfeleltetés.

11. Melyek hamisak az alábbi állítások közül? Szabály alapú következtetéskor

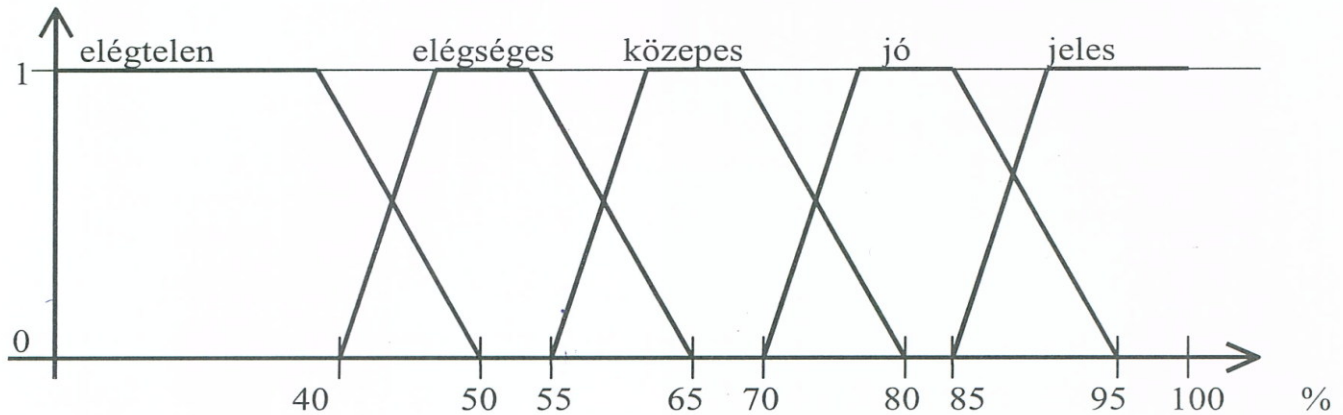
- I. az un. default értékek konfliktusait oldjuk fel.
- II. mintaillesztéssel döntjük el, hogy melyik szabály kerülhet egyáltalán végrehajtásra.
- III. A rezolúciót használjuk új tényállítások előállítására.

- a) Mindhárom.
- b) Az első és a harmadik.
- c) A második és a harmadik.
- d) Az első és a második.





12. Adottak a „hallgató tudása” nyelvi változó értékeinek az ábrán látható tagsági függvényei.



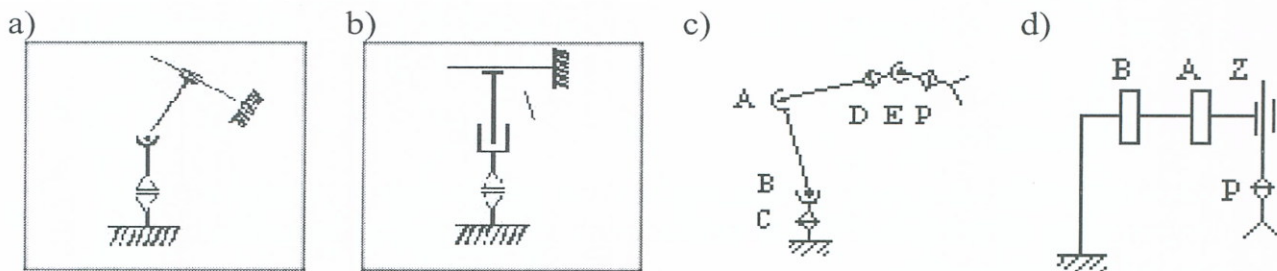
Milyen osztályzatot adna a fuzzy logika módszerével működő „mesterséges tanár” az 56%-os dolgozatra?

- a) jeles
- b) közepes
- c) jó
- d) elégséges

13. Válassza ki a helyes megfogalmazást.

- a) A szakértő rendszerek megvalósítására szolgáló „shell”-ek nagy adatbázissal és a feladat megoldásához illeszkedő szabálybázissal rendelkeznek.
- b) A szakértő rendszerek „shell”-je egyben fejlesztő környezetként is működik.
- c) A szakértő rendszerekben csak az elsőrendű logikában megfogalmazható szabályok alapján történhet következtetés.
- d) A szakértő rendszerek különböző adatbázis kezelő rendszereken működnek.

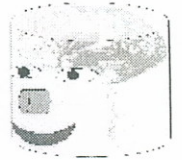
14. Az ábrán látható elrendezések közül melyik a humanoid robot kárelrendezése?



15. Mely állítások hamisak a következők közül?

- I. A neurális hálózatok visszafolytatásos (backpropagation) tanulási módszere a nem felügyelt tanulási módszerek közé tartozik.
- II. Egy neurális háló működését egyedül az határozza meg, hogy milyen tanulási módszert alkalmazunk.
- III. A mesterséges neurális hálók tanulása úgynevezett induktív tanulás.

- a) Az első és a második.
- b) A második és a harmadik.
- c) Mindhárom hamis.
- d) Csak a második.



## 5.5. Megoldások

### 5.1. Teszt

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
B	B	C	B	C	D	B	C	B	A	B	B	B	C	B

### 5.2. Teszt

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
C	B	C	C	C	A	D	B	C	D	A	B	A	A	A

### 5.3. Teszt

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
D	D	A	B	B	C	D	B	C	C	D	C	C	D	D

### 5.4. Teszt

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
D	C	B	C	A	C	D	B	D	C	B	D	B	C	C

## Ajánlott irodalmak

Szalay Tibor: *A mesterséges intelligencia alapjai*, Jegyzet – Gábor Dénes Főiskola 2002.

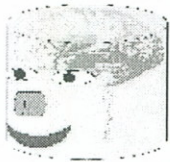
Russel, S., Norvig, P. *Mesterséges intelligencia korszerű megközelítésben*, Panem Kiadó, Budapest, 2000.

Futó, Iván (szerk) *Mesterséges intelligencia*. Aula, Budapest, 1999.

Fekete István, Gregorics Tibor, Nagy Sára: *Bevezetés a mesterséges intelligenciába*, Jegyzet - Gábor Dénes Főiskola 1999.

Sántáné – Tóth E.: *Tudásalapú technológia, szakértő rendszerek*; Dunaújváros, 1998

Horváth G.: *Neurális hálózatok és műszaki alkalmazásai*; Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1995.



## Tartalomjegyzék

<b>BEVEZETŐ</b> .....	<b>3</b>
<b>1. KERESÉSI FELADATOK</b> .....	<b>5</b>
1.1. FELADATOK REPREZENTÁCIÓJA .....	5
1.2. VAKKERESÉSI STRATÉGIÁK .....	10
1.3. HEURISZTIKUS GRÁFKERESÉSI STRATÉGIÁK .....	13
1.4. ITERATÍV JAVÍTÓ ALGORITMUSOK .....	18
<b>2. LOGIKA</b> .....	<b>23</b>
2.1. TUDÁSREPREZENTÁCIÓ .....	23
2.2. KÖVETKEZMÉNY ELLENŐRZÉSE IGAZSÁGTÁBLÁVAL .....	24
2.3. KÖVETKEZTETÉS MODUS PONENS ALKALMAZÁSÁVAL .....	27
2.4. REZOLÚCIÓ .....	29
2.5. VALÓSZÍNŰSÉGI LOGIKA .....	33
2.5. VALÓSZÍNŰSÉGI LOGIKA .....	33
2.6. FUZZY LOGIKA .....	35
<b>3. ALKALMAZOTT TUDÁSREPREZENTÁCIÓS MÓDSZEREK</b> .....	<b>39</b>
3.1. FRAME ALAPÚ TUDÁSREPREZENTÁCIÓ .....	39
3.2. SZABÁLY ALAPÚ TUDÁSREPREZENTÁCIÓ .....	44
3.3. ESET ALAPÚ TUDÁSREPREZENTÁCIÓ .....	50
<b>4. TANULÁSI MÓDSZEREK</b> .....	<b>54</b>
4.1. DÖNTÉSI FA .....	54
<b>5. TESZTEK</b> .....	<b>61</b>
5.1. TESZT .....	61
5.2. TESZT .....	64
5.3. TESZT .....	67
5.4. TESZT .....	70
5.5. MEGOLDÁSOK .....	73
<b>AJÁNLOTT IRODALMAK</b> .....	<b>73</b>