

Alkalmazott mesterséges intelligencia (AMI)

<http://www.mit.bme.hu/oktatas/targyak/vimibb01>

3 ea. (2019 ősz)

Logikai következtetésen alapuló szabályalapú eszközök

<http://mialmanach.mit.bme.hu/aima/ch07>

Jegyzet 7. fejezet

Előadó: Pataki Béla

BME I.E. 414, 463-26-79

pataki@mit.bme.hu,

<http://www.mit.bme.hu/general/staff/pataki>



Hogyan lehet egy döntést megvalósítani számítógéppel?

(1) Analitikus tervezés:

Kvíz következik

Begyűjteni az analitikus (fizikai, kémiai stb. összefüggésekből felépített) összefüggéseket, modelleket az adott problémára.

Megtervezni analitikusan a konkrét, a problémára vonatkozó mechanizmust, és azt algoritmusként implementálni.

Egyik lehetőség: **Logikai következtetésen alapuló szabályalapú (szakértői) rendszerek** (*Jól illeszkedik az emberekhez, mert az emberek logikusan gondolkodnak.*)

(2) Megtervezni a tanulás mechanizmusát, és azt algoritmusként implementálni.

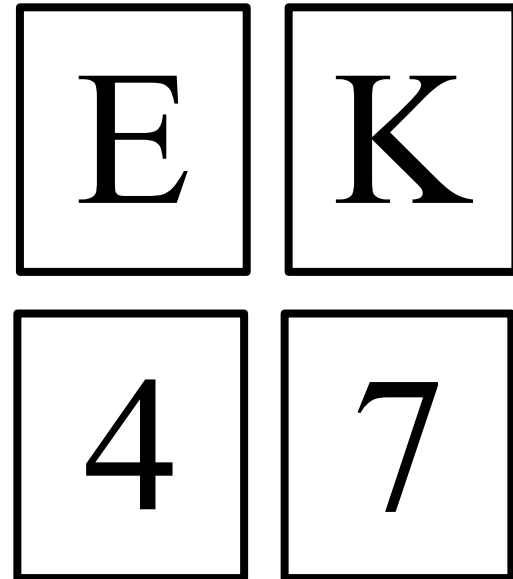
Majd alkalmazásával megtanulni vele a rendelkezésre álló minták alapján a döntés tényleges mechanizmusát, és azt algoritmusként implementálni.

Kvíz (03.1.) (Mérő László: Észjárások c. könyvéből)

Van egy pakli kártya, tudjuk, hogy a lapok egyik oldalán egy-egy betű, a másik oldalán egy-egy szám van. Azt állítják, hogy **„Ha a kártya betűs oldalán magánhangzó van, akkor a számos oldalán páros szám áll.”**

A feladat: hogyan lehet minél kevesebb kártya megfordításával (a túloldaluk megnézésével) eldönteni, hogy erre a 4 kártyára igaz-e az állítás?

- A. A 4-est és az E-t kell megfordítani
- B. A 4-est és a K-t kell megfordítani
- C. Legalább három kártyát kell megfordítani
- D. A 7-est és az E-t kell megfordítani



Két – formálisan logikailag – teljesen azonos probléma:

1. A csekk egyik oldalán van az összeg, a másik oldalán az aláírás (ha szükséges). A 20 \$-nál kisebb összegű csekket nem kell aláírni. Előttünk van 4 csekk, melyikeket kell megfordítva ellenőriznünk?

10 \$

40 \$

aláírt

alá nem
írt

2. Magyarországon (de néhány más országban is) volt olyan, hogy lezáratlan borítékban feladott levélre kevesebb bélyeg kellett (mondjuk 10 Ft-os a lezáratlanra, 20 Ft a lezártra). Melyik borítékokat kell az alábbiak közül ellenőrizni a postásnak?

10 Ft

20 Ft

lezárt

nyitott

(Tanulság: az emberek nagy többsége valójában nem logikusan gondolkodik!)

Logikai következtetésen alapuló szabályalapú (szakértői) rendszerek

- (1) Az eszközünknek van egy **belső modellje** a világról – ennél az eszköznél logikai reprezentáció, logikai állítások halmaza. (Más eszközöknek más modellje is lehet a világról.)
 - (2) A tények (állítások, ítéletek) és szabályok alapján képes új – közvetlenül nem adott – **tényeket kikövetkeztetni**.
 - (3) A felhasználó **kérdéseket tehet fel**, és az eszköz megpróbálja kikövetkeztetni a választ. (Pl. az adott jelek alapján XY beteg? Pl. az adott válaszok alapján a vásárló elégedett?)
- (A szakértői rendszeren alapuló **intelligens ágens** ezen túl **észleléseket végezhet**, így is nyerhet új információt, és **be is avatkozhat**.

Mi is az a szakértői rendszer?

- mesterséges intelligencián alapuló szoftver rendszer
- jól körülhatárolt, viszonylag szűk szakterület ismeretanyagára és humán szakértők tapasztalati tudására épül (adatok, tények, szabályok, összefüggések, általános és különleges esetek stb.)
- a felhasználó által szolgáltatott adatok alapján képes viszonylag bonyolult problémákat megoldani, döntéseket hozni, tanácsot adni, válaszolni a felhasználó kérdéseire
- magyarázatadásra képes (feltett kérdések oka, kikövetkeztetett eredmény)

Szakértői rendszerek az MI történetében

- ~1930 Univerzális számítási modell: Turing-gép (1936), Univerzális Turing-gép, Church-Turing hipotézis, Zuse, Neumann,...: „vezérlő program is adat”:
- 1943 McCulloch & Pitts: Bináris kapcsolati agymodell
- 1950 Turing: "Computing Machinery and Intelligence"
- **1956** Dartmouth találkozó: "Artificial Intelligence" megnevezés elfogadása
- 1950s Korai MI programok: sakk, [tételbizonyítás](#)
- **Számítás(keresés) alapú MI**
- - A Fizikai Szimbólumrendszer hipotézise: A.Newel&H.A.Simon (1976)
- 1966—73 Számítási komplexitási korlátok a keresésben
Elméleti korlátok a neurális hálózatokban
- **1969—79 Tudásalapú szakértői rendszerek (szabály alapú szakértői rendszerek)**
- **Tudásalapú MI**
- 1986-- Neurális hálózatok újbóli megjelenése
- 1988-- Valószínűségi szakértői rendszerek
- 1995-- Gépi tanulás gyors fejlődése
- **Adatvezérelte MI**
- **Autonóm tanulás alapú MI, Általános Intelligencia, SzuperIntelligencia**

Szabály alapú rendszerek = Tudásalapú rendszerek
= Szakértő rendszerek

Mycin, Stanford, ca. 1972, kb. 500 szabály, **szakorvos szintje**

IF The site of the culture blood, and
The gram stain of the organism is gramneg, and
The morphology of the organism is rod, and
The portal of entry of the organism is urine, and
The patient has not had a genito-urinary manipulative procedure, and
Cystitis is not a problem for which the patient has been treated
THEN There is suggestive evidence (.6) - the identity of the organism is e.coli

IF The identity of the organism is bacteroides
THEN Recommend therapy chosen from the following drugs:
1. clindamycin (0.99) 2. chloramphenicol (0.99)
3. erythromycin (0.57) 4. tetracycline (0.28)
5. carbenicillin (0.27)

R1, XCON, CMU, 1978, DEC VAX rendszerek rendelés utáni konfigurálása,
kb. 2500 szabály, 1980-1986 között kb. 80,000 rendelés, 95-98% pontosság,
évi \$25M profit (szerelés sebessége, kevesebb kár, nagyobb elégedettség)

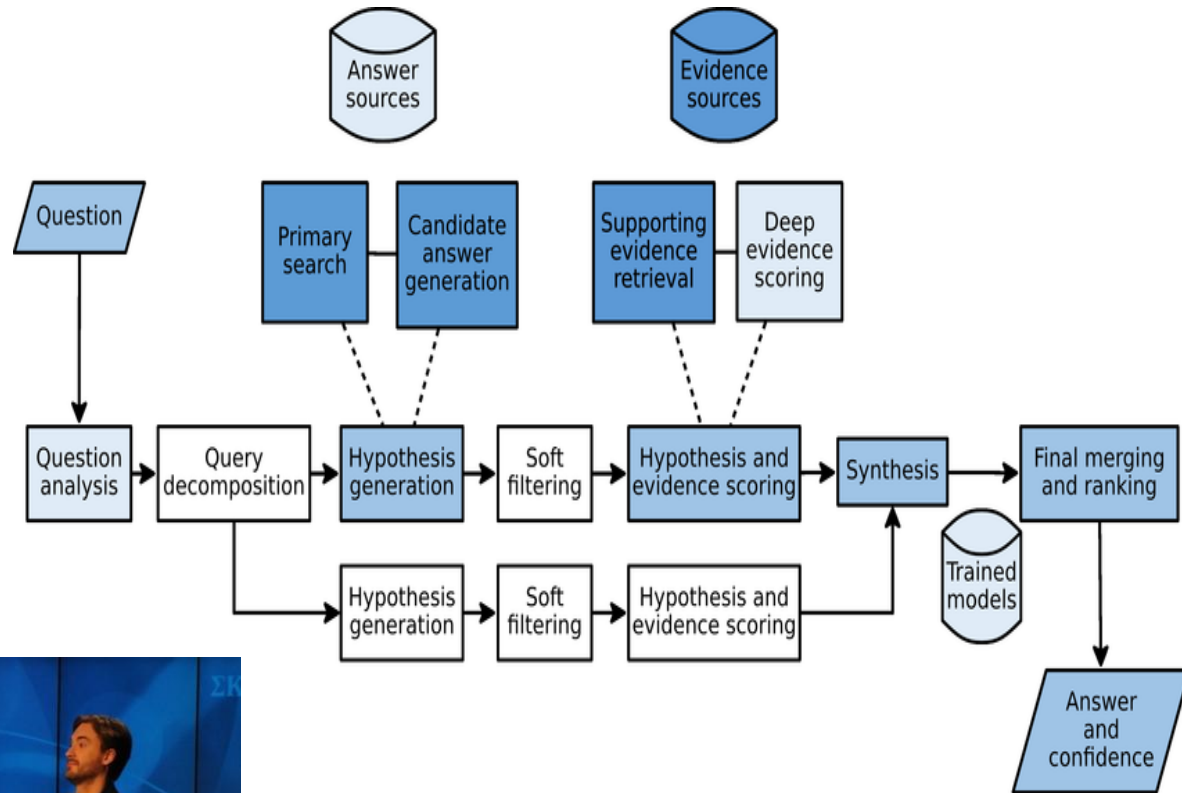
IBM Grand Challenge

- 1997: **Deep Blue** legyőzi a G. Kaszparov sakkvilágbajnokot.
- 1999-2006<: **Blue Gene**, fehérje struktúra predikció
- 2011: **Watson** Jeopardy kvízzjáték

IBM Watson (2011): Jeopardy kvízzjáték

– 2011: **Watson**

- **Beszédértés**
- **Következtetés**
- **Játék**



A játékok a mesterséges intelligencia fejlesztések alkalmas terepei, de a fejlesztések nem állnak meg ennél a területnél.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Watson_\(computer\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Watson_(computer))

- 2016, az IBM bejelentette, hogy Watsont időjárás előrejelzésre fogják alkalmazni
- 2017 egy adózással foglalkozó cég alkalmazni kezdett egy Watsonon alapuló programot
- 2017, az IBM bejelentette, hogy a Watson mesterséges intelligencián alapuló hirdetési megoldásokat fog adni

Szabályalapú szakértői rendszerek manapság

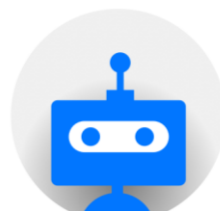
- Jogi szakértői rendszerek
- Adó- és pénzügyi tanácsadó rendszerek
- Ügyfélszolgálat és technikai támogató rendszerek

- Természetes nyelvű interfészek

➤ Digitális asszisztensek



➤ Csetbotok



Drift

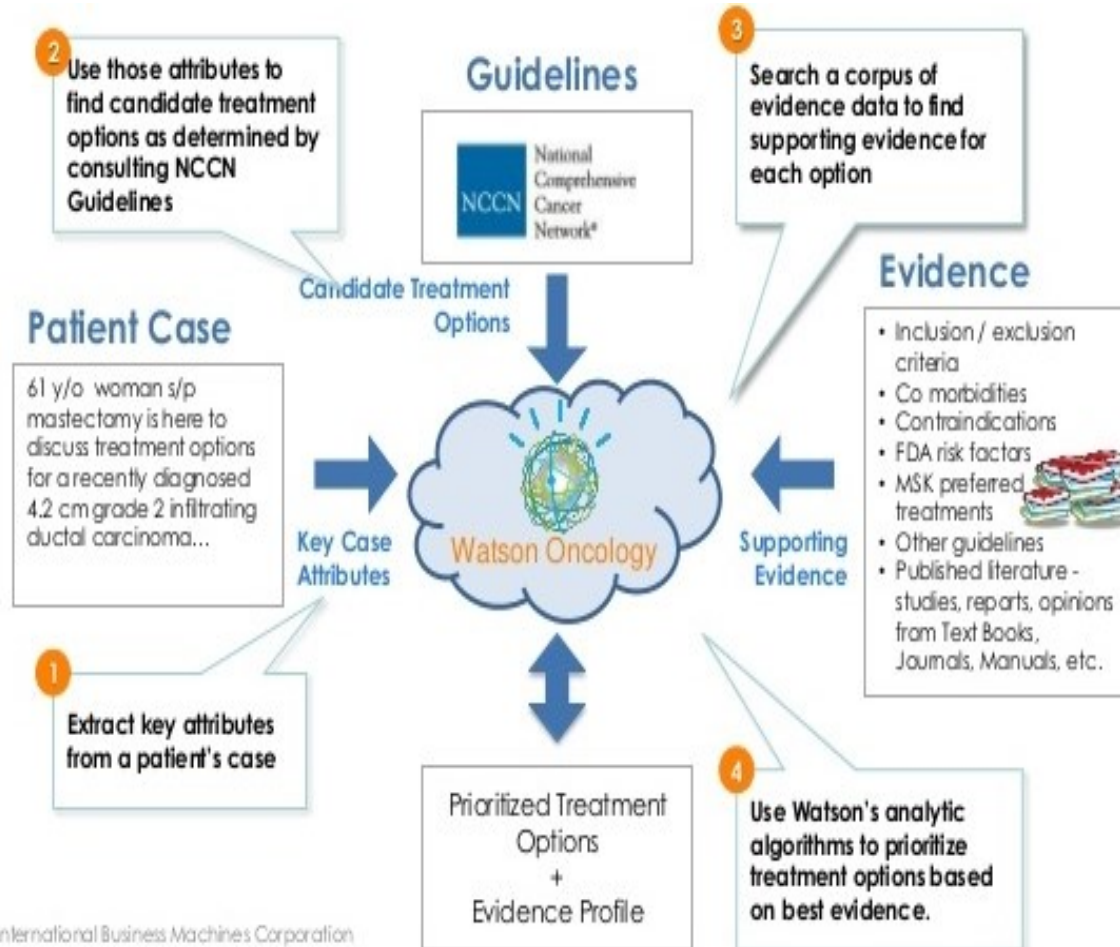


myclever™

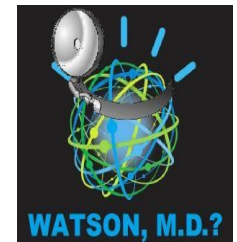
Workbot
FOR SALESFORCE



Orvosi döntéstámogató és szakértői rendszerek



© 2014 International Business Machines Corporation



A tényeket és szabályokat egy-egy úgynevezett **logikai mondat** írja le.

Szintaktika ← szétválasztjuk → Szemantika

Szigorú formális szabályoknak kell megfeleljenek a szabályos, érvényes logikai mondatok!
(Nem függ attól, hogy milyen szakterületről van szó, hogy mi a logikai mondat értelme!)



Eltér a természetes nyelvektől!
Többértelmű szavak, kötetlen szórend, mutatószavak stb.
(Term. nyelv: Aludtak Péter ágyában. Péternek aludtak az ágyában. Az a kis rózsaszín folt Steve Jobs háza. Szöveget ütött a fejébe.)

A **mondat értelme** – a modell (szemantika) meghatározza az összes mondatunkra, hogy igaz-e vagy hamis.

Pl. az X szimbólum jelentheti az egyik világban (modellben), hogy

X= „Rezső beteg”

vagy egy másik modellben:

X= „A Nap sárga törpe csillag”

egy megint másokban:

X= „A részvényár esik”,

Egyes világokban X igaz, másokban hamis.

Többféle logika van, a legegyszerűbb az úgynevezett **ítéletkalkulus**: minden mondat egy ítélet (az előző példákhoz hasonló: pl. A=„Szabi okos”). Minden mondat vagy IGAZ(=1) vagy HAMIS (=0). (Ha el tudjuk dönteni. Ha nincs elég információnk, akkor nem eldönthető.)

Kvíz következik!

Szintaxis szabályai

Mondat = (Atomi mondat) vagy (Komplex mondat)

Atomi mondat= IGAZ vagy HAMIS vagy Szimbólum

Komplex mondat= (Mondat) vagy (Mondat Összekötőjel Mondat) vagy (\neg Mondat)

Összekötőjel: \wedge vagy \vee vagy \Rightarrow vagy \Leftrightarrow

Szintaxis szabályai

1. Mondat = (Atomi mondat) vagy (Komplex mondat)
2. Atomi mondat= IGAZ vagy HAMIS vagy Szimbólum
3. Komplex mondat= (Mondat) vagy (Mondat Összekötőjel Mondat)
vagy (\neg Mondat)

4. Összekötőjelek: \wedge vagy \vee vagy \Rightarrow vagy \Leftrightarrow

Kvíz (03.2.)

Érvényes atomi szimbólumok: A, B, C, D, E

Érvényes (szintaktikailag szabályos) mondat-e a következő kettő?

1. $(A \vee \neg (\neg (B \wedge \text{IGAZ})) \vee C) \Rightarrow (D \wedge E)$
2. $(A \vee \neg (B \wedge DA) \vee C) \Rightarrow (D \vee \wedge E)$

A. Csak az első érvényes

B. Csak a második érvényes

C. Mindkettő érvényes

D. Egyik sem érvényes

Kvíz következnek!

Az összekötőjeleket az igazságtáblájukkal adjuk meg.

X	Y	$\neg X$	$X \wedge Y$	$X \vee Y$	$X \leftrightarrow Y$	$X \Rightarrow Y$
0	0	1	0	0	1	1
0	1	1	0	1	0	1
1	0	0	0	1	0	0
1	1	0	1	1	1	1

Az összekötőjeleket az igazságtáblájukkal adjuk meg.

X	Y	$\neg X$	$X \wedge Y$	$X \vee Y$	$X \Leftrightarrow Y$	$X \Rightarrow Y$
0	0	1	0	0	1	1
0	1	1	0	1	0	1
1	0	0	0	1	0	0
1	1	0	1	1	1	1

Kvíz (03.3.)

Pl.: Érvényes szimbólumok és értékeik: A=1, B=0, C=0, D=0, E=1

Mi a következő két logikai mondat értéke (IGAZ v. HAMIS)?

1. $(A \vee \neg B) \Rightarrow D$
2. $(B \wedge A) \Rightarrow (D \wedge E)$

A. Az első IGAZ, a második HAMIS

B. Az első HAMIS a második IGAZ

C. Mindkettő IGAZ

D. Mindkettő HAMIS

Tudásbázis: tények és szabályok

Ítéletek, szimbólumok: A (szemantika A=„Miska lázas”)
B (szemantika B=„Miska köhög”)
C (szemantika C=„Miska végtagjai
fájnak”)
D (szemantika D=„Miska influenzás”)

Tények: A, B, C

Szabályok: $C \wedge (A \wedge B) \Rightarrow D$

Hogyan tudja a számítógép kikövetkeztetni, hogy D igaz?
(Miska influenzás?)

Vannak általános következtetési szabályok! (Már a régi görögök is...)

Általános következtetési szabályok

Kvíz következik!

①. Modus Ponens

$$\frac{A \quad A \Rightarrow B}{B}$$

④. Dupla negálás

$$\frac{\neg(\neg A)}{A}$$

⑤. VAGY bevezetés

$$\frac{A_k}{A_1 \vee A_2 \vee \dots \vee A_k \vee \dots \vee A_N}$$

②. ÉS kiküszöbölés

$$\frac{A_1 \wedge A_2 \wedge A_3 \wedge \dots \wedge A_N}{A_1}$$

A1

A2

...

AN

⑥. Egységrezolúció

$\neg A$

$A \vee B$

B

③. ÉS bevezetés

A1

A2

...

AN

$$A_1 \wedge A_2 \wedge A_3 \wedge \dots \wedge A_N$$

⑦. Rezolúció

$A \vee B$

$\neg B \vee C$

$A \vee C$

Kvíz! (03.4.)

A következő két következtetési szabály közül melyik általánosan helyes? (Minden esetben jól működik.)

1. Tudjuk, hogy $A \Rightarrow B$ igaz, tudjuk továbbá, hogy $\neg B$ igaz. Ez esetben biztosan kikövetkeztethetjük, hogy $\neg A$ igaz.

$$\frac{\neg B \quad A \Rightarrow B}{\neg A}$$

2. Tudjuk, hogy $A \Rightarrow B$ igaz, tudjuk továbbá, hogy $\neg A$ igaz. Ez esetben biztosan kikövetkeztethetjük, hogy $\neg B$ igaz.

$$\frac{\neg A \quad A \Rightarrow B}{\neg B}$$

A. Az első szabály általánosan helyes, a második nem

B. A második szabály általánosan helyes, az első nem

C. Mindkettő általánosan helyes

D. Egyik sem helyes általánosan

A szabályalapú rendszerek szokásos felépítése:

Tények (a konkrét esetre vonatkozó tudás)
A, B, $X \wedge C$, $A \vee (B \wedge \neg D)$,
...

Szabályok (a vizsgált szakterületre vonatkozó tudás)
 $A \rightarrow W$, $(X \wedge C) \rightarrow Z \vee (B \wedge \neg Y)$,
...

Általános, minden területen érvényes logikai következtetési szabályok, pl. Modus Ponens, Rezolúció, ...

Felhasználói felület (interfész)

logikai kifejezések a tudásbázisban

új – a tudásbázis alapján kialakítható – logikai kifejezések következtetése

Nem könnyű feladat: természetes nyelvű?/korlátozott?

Nagyon szépen dekomponálható a különböző általánossági szintekhez rendelhető tudás!

Otthoni gyakorlásra: vizsgálja meg az első példát!
Milyen következtetési lépéseken keresztül tudja a számítógép kikövetkeztetni, hogy Miska influenzás?

Tények: A (A=„Miska lázas”)
B (B=„Miska köhög”)
C (C=„Miska végtagjai fájnak”)

Szabályok:

$$C \wedge (A \wedge B) \Rightarrow D$$

(D=„Miska influenzás”)

Előrefele következtetés (adatvezérelt eljárás):

HA feltétel AKKOR következmény

Előrekövetkeztetésnél olyan tényeket keresünk, amik megegyeznek a feltételrészsel. Majd a következményt felvesszük a tények közé, és újra keresünk olyan szabályt, aminek a feltételrésze szerepel a tények közt. (Ha nem találunk ilyen, akkor az ÉS bevezetéssel stb. igyekszünk új tényeket előállítani.)

Például:

Tények

A

$C \wedge D$

$A \wedge D$

Szabályok

1. $C \wedge (A \wedge B) \Rightarrow G$

2. $A \wedge D \Rightarrow C \wedge B$

3. $G \Rightarrow E$

- I. A 2. szabály elsüthető
- II. A 2. szabály következményéből és az A tényből kialakítható az 1. szabály feltételrésze
- III. Az 1. szabály elsüthető, előáll a 3. szabály feltételrésze

Példa: Számítógépes előrefele következtetés

A tudásbázishoz hozzávesszük a hipotézist (mint egy állítást), és szükségszerűen igaz ($A \vee (\neg A)$), vagy szükségszerűen hamis ($A \wedge \neg A$) mondatra próbálunk jutni.

Módszerünk: a hét általános következtetési szabályt ismételten alkalmazzuk.

Vizsgáljuk meg a következő példát!

Tények: $E \wedge F \wedge G, M$

Szabályok:

$$H \wedge E \wedge M \Rightarrow A \wedge K$$

$$F \wedge H \Rightarrow B \wedge D$$

$$G \Rightarrow H$$

$$H \wedge E \Rightarrow G \wedge L$$

$$A \wedge B \Rightarrow C$$

Hogyan tudja a számítógép kikövetkeztetni, hogy C igaz?

Tegyük a tényekhez a „C nem igaz” hipotézist, tehát $\neg C$!

Hátrafele következtetés (célvezérelt, diagnosztika, tételbizonyítás):

Hátrakövetkeztetésnél megkeressük azt a következményt, amire szükségünk van: célunk ezt bebizonyítani. Ennek a szabálynak a feltételrészé lesz a következő cél. Ha szerepel a tények közt, kész vagyunk. Ha nem, akkor keresünk

Tények

A

$C \wedge D$

$A \wedge D$

Cél: G igaz?

Szabályok

1. $C \wedge (A \wedge B) \Rightarrow G$

2. $A \wedge D \Rightarrow C \wedge B$

3. $G \Rightarrow E$

I. Az 1. szabály következményrészé a cél: G, tehát feltételrészé az új bizonyítandó cél: $C \wedge (A \wedge B)$

II. Az új cél nem szerepel egyik szabálynál sem: felbontható két részcélra: $C \wedge B$ és A.

III. A szerepel a tények között, $C \wedge B$ a 2. szabály következményében az új rész cél $A \wedge D$

IV. Az $A \wedge D$ szerepel a tények közt. ✓

A szabályalapú rendszerek működési ciklusa

1. Mintaillesztés (feltétel vagy következményrészre a kétféle következtetési eljárásnak megfelelően)
Lehet, hogy több szabályra is lehet illeszteni a tények közül egyiket-másikat.
2. Konfliktusfeloldás – ha több szabályt is el lehet sütni, akkor kiválasztjuk, hogy melyiket használjuk.
3. Szabály alkalmazása (elsütése), a következményrészt a tények közé beírjuk. (Vagy a célok közé a feltételrészt, ha hátrafele következtetünk.)

Jól illeszkedik az emberi gondolkodáshoz, bár az emberek nem mindig logikusan gondolkodnak!

Lehetőségek a konfliktus feloldási stratégiára, például:

- **Frissesség**
Utoljára felkerült szabályok preferálása.
- **Specifikusság**
Az a szabály, amely a legjobban illeszkedik az adott helyzetre preferált.

Ciklusmentesség

Ugyanazokra az adatokra csak egyszer hajtja végre a szabályokat.

Megakadályozza a ciklusokat