A collection of objects is arranged on a light-colored surface. On the left, a portion of a chessboard with a blue and brown checkered pattern is visible, featuring several chess pieces. Next to it are two medals: one with a red ribbon and a white star, and another with a blue ribbon and a white star. A silver compass is located at the bottom left. A pair of gold-rimmed glasses with thin temples is positioned in the center, with one temple resting on the chessboard and the other on the surface. The text 'Logikai ágensek' is overlaid on the right side of the image.

# Logikai ágensek

Gyenge Csilla



# Tartalom

- ◆ Bevezetés az ágensek világába
  - Az ágens szó eredete
  - Az ágensekről általánosan
- ◆ A logikai ágens
  - Átfogó ismertetés
  - A Wumpus világ
  - Reprezentáció, következtetés
  - Ítélet-logika
  - Elsőrendű logika

# Honnan származik az ágens szó?

- ◆ A címben szereplő ágens szó a számítástudomány és szoftverfejlesztés egyik kulcsszava, amely mögött az MI és általánosabban az informatika egy, az utóbbi évtizedében virágzásnak indult, dinamikusan fejlődő területe áll.
- ◆ A szó a latin *ago*, *agere* szóból származik, melynek elsődleges jelentése: mozgásba hozni, elintézni. Maga az ágens kifejezés a Római Birodalomban szinonimaként pénzügyi alkormányzót (*regni*), managert illetve adóbehajtót (*procurator*) jelentett, mindenképpen olyan személyt, aki más megbízásából cselekszik, közvetítő, behajtó és elosztó (*divisor*) jellegű tevékenységet folytatott.





# Honnan származik az ágens szó? (folytatás)

- ◆ Az informatikánál nagyobb múlttal rendelkező tudományokban az ágens szó használata érthetően a latin jelentésből eredeztethető.
- ◆ Kémiában és a biológiában a bonyolultabb, önálló komponenseket jelölik vele.
- ◆ Katonai szakzsargonban pedig vegyi- és biológiai fegyverek illetve hatóanyagaik megjelölésére használják (pl. “biológiai ágens” adott esetben a biológiai fegyver hatóanyaga).
- ◆ A nyelvészetben az ágens szó egy szemantikai kategória, a *cselekvő szereplő* a mondatban.



# Az ágens szó jelentése a mai tudományban

- ◆ Az ágens szó jelentésének nincsen széles körben elfogadott formális definíciója (az MI-ben sem).
- ◆ A szó alapjelentése szerint bármi lehet ágens, ami:
  - bizonyos fokú **önállósággal bír** (*independence, autonomy*)
  - valamilyen **környezet veszi körül** és
  - **reaktív** (*reactive*), vagyis érzékeli és reagál az abban bekövetkező változásokra.





## *Az ágensok szűkebb értelmezése*

- ◆ A szó informatikai jellegű használata John McCarthy-tól származik (MIT, USA) az 1950-es évek közepéből. Szerinte
- ◆ *“az ágens olyan rendszer, melynek egy célt adva a további számítógépes tevékenységet elvégzi, és amely képes az emberi nyelv kifejezéseit használva tanácsot kérni és megérteni, mikor tevékenysége zsákutcába jut.”*

# Ágensek – a gyakorlati minimum

- ◆ **Gyenge definíció** (*weak notion of agency*) - minimálisan elégségesnek ahhoz, hogy egy adott “dolog” alkalmazható ágens legyen.
- ◆ **Definíció:** Az ágens egy olyan rendszer amely a következő tulajdonságokkal rendelkezik:
  - **Beágyazottság** (*embeddedness*)
  - **Reaktivitás** (*reactivity*)
  - **Autonómia** (*autonomy*)
  - **Helyzetfüggőség** (*situatedness*)







# Ágensek – a gyakorlati minimum (folytatás)

- ◆ Egyéb tulajdonságok
  - **Kezdeményezőkézség** (*pro-activity* )
  - **Célvezérelt viselkedés** (*goal-directed behaviour* )
  - **Temporális kontinuitás** (*temporal continuity*)





# A kör szűkítése

- ◆ **Erős definíció** (*strong definition of agency*)
- ◆ **Definíció:** *Az erős definíciónak megfelelő ágensek rendelkeznek a gyenge definíció tulajdonságaival. Ezen felül racionálisak, valamint formálisan és implementált módon is használják azokat az alább értelmezett fogalmakat, amelyeket emberre is alkalmazunk.*
- ◆ **Racionalitás**
  - tökéletes racionalitás
  - korlátozott racionalitás



# Ágens architektúrák

- ◆ Az ágensek belső struktúrával rendelkeznek, mely az információt fogadja illetve a környezetet manipulálja. Három alapvető architektúrát különböztetünk meg
  - **tervező/reprezentált** (*deliberatív*)
  - **nem reprezentált/nem tervező** (*reaktív*)
  - **hibrid architektúra**



# Tudás és következtetés

- ◆ Egy ágens, amelynek céljai vannak és a célokhoz keres megoldásokat, jobb eredményt ér el, mint az, amelyik csak reagál a környezetére
- ◆ Logikai, tudásbázisú ágens
  - Rendelkezik ismeretekkel a világról és képes cselekvéseket végrehajtani.
  - Logikai következtetést alkalmaz, hogy új megfigyelések után is fenntartsa egy leírást a világról, és hogy cselekvések sorozatát következtethesse ki, mellyel elérheti céljait.



# Logikusan gondolkozó ágens

## ◆ Képességei:

- explicit módon leírt célok formájában megfogalmazott új feladatok elfogadása
- környezetükről szóló információ befogadása vagy megtanulása révén kompetensekké alakulni
- releváns tudás frissítésével környezetükben történő változásokhoz illeszkedni

## ◆ Ismeretei:

- A világ jelenlegi állapota
- Következtetési mód érzékelések alapján a világ még nem látott tulajdonságaira
- A világ időbeni fejlődése
- Saját cselekvései eredményei különböző körülmények között





# A tudásalapú ágens elemei

- ◆ Központi elem: **tudásbázis** (*knowledge base*) - a világot leíró tények egy halmazának a reprezentációja
- ◆ Minden egyes reprezentációt mondatnak (sentence) nevezünk
- ◆ Tudásreprezentációs nyelvnek (*knowledge representation language*) - nyelv ami segítségével kifejezzük a mondatot
- ◆ **Következtetési mechanizmus** (*inference mechanism*)



# A WUMPUS világ környezete

- ◆ Wumpus világ
- ◆ Egyszerű környezetosztály
- ◆ Korai számítógépjáték - egy ágens felfedez egy szobákból és az ezeket összekötő átjárókból álló barlangot
- ◆ Az ágens feladatának leírásához specifikáljuk az érzékeléseket, a cselekvéseket és a célokat



# A WUMPUS világ szabályai

- ◆ A wumpust tartalmazó négyzetben és a közvetlenül (nem átlósan) szomszédos négyzetben az ágens bűzt érez.
- ◆ A csapdával közvetlenül szomszédos négyzetekben az ágens szellőt érzékel
- ◆ A négyzetben, ahol az arany található, az ágens csillogást érzékel.
- ◆ Ha az ágens falnak megy, akkor ütést érzékel
- ◆ Ha a wumpust megölték, akkor egy elkeseredett sikolyt hallat, amit a barlangban bárhol hallani lehet
- ◆ Az érzeteket az ágens egy öt szimbólumot tartalmazó lista formájában kapja meg



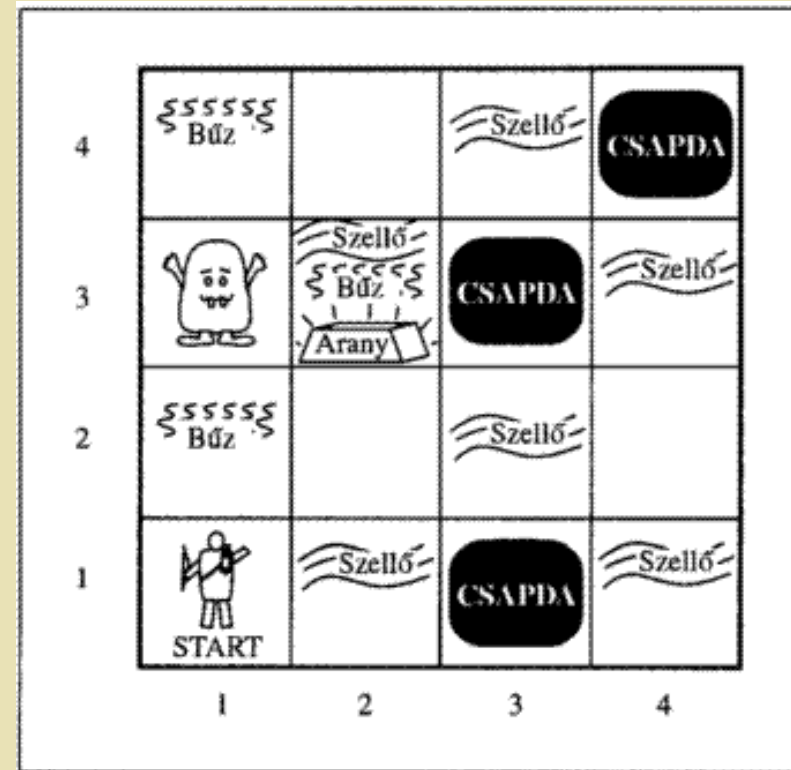
# A WUMPUS világ szabályai (folytatás)

- ◆ az előrelépés, a 90 fokos jobbra fordulás és a 90 fokos balra fordulás cselekvések ismertek
- ◆ **Megragad** cselekvés - egy objektum felszedésére használható abban a négyzetben, ahol az ágens van
- ◆ **Lövés** - az ágens négyzetéből egy nyíl egyenes vonalban történő kilövésére alkalmazható (ágensnek csak egy nyila van)
- ◆ **Mászik** - a barlang elhagyása
- ◆ **Ágens meghal** - olyan négyzetbe lép, amelyben csapda vagy egy élő wumpus van.
- ◆ **Biztonságos** - egy négyzet, ahol egy halott wumpus található.



➤ Az ágens célja, hogy megtalálja az aranyat, visszavigye a kiindulási helyre olyan gyorsan, amilyen gyorsan csak lehetséges, anélkül hogy közben megölnék.

- ◆ 1000 ponttal díjazzák, ha az arannyal együtt kimászik az ágens a barlangból, de minden egyes végrehajtott cselekvésért 1 pont büntetés jár és 10 000 pont büntetés, ha megölték az ágenst.





# Cselekvés a wumpus világban

1,4	2,4	3,4	4,4
1,3	2,3	3,3	4,3
1,2	2,2	3,2	4,2
OK			
1,1	2,1	3,1	4,1
$\boxed{A}$			
OK	OK		

(a)

$\boxed{A}$  = Ágens  
S = Szellő  
R = Ragyogás,  
Arany  
G = Biztonságos  
négyzet  
C = Csapda  
B = Bűz  
M = Meglátogatott  
W = Wumpus


1,4	2,4	3,4	4,4
1,3	2,3	3,3	4,3
1,2	2,2 C?	3,2	4,2
OK			
1,1	2,1 $\boxed{A}$ S	3,1 C?	4,1
M OK	OK		

(b)

Az ágens első lépése a wumpus világban.

(a) A kezdeti helyzet a (Nincs,Nincs,Nincs,Nincs,Nincs) érzékelése után.

(b) Az első lépés után, érzékelve a (Nincs,Szellő,Nincs,Nincs,Nincs)-et



# Reprezentáció, következtetés és logika

- ◆ A logikai nyelvek jellege
- ◆ A nyelv és a hozzá tartozó következtetési mechanizmus kapcsolata
- ◆ A tudásbázisú ágens cselekedetének támogatása
- ◆ A tudásreprezentáció (*knowledge representation*) célja



# A tudásreprezentációs nyelv aspektusai

- ◆ A nyelv **szintaxisa** (*syntax*) - leírja azokat a lehetséges konfigurációkat, melyekkel mondatok alkothatók
- ◆ A **szemantika** (*semantics*) meghatározza a világ tényeit, amikre a mondatok vonatkoznak - minden mondat állít valamit a világról.
- ◆ Szemantikával azt mondhatjuk, hogy ha egy adott konfiguráció megtalálható egy ágensben, akkor az ágens **hisz** (*believes*) a konfigurációnak megfelelő mondatban.





# Következtetési eljárás

- ◆ **Lehetőségei:**
  - ha adott egy TB tudásbázis, akkor létrehoz új a mondatokat, amelyek a tudásbázis vonzatai
  - ha adott egy tudásbázis és egy másik *alpha* mondat, akkor megállapíthatja, hogy *alpha* vonzata-e a tudásbázisnak
- ◆ **igazságtartó** (*truth-preserving*) vagy **helyes** (*sound*) következtetési eljárás - csak olyan mondatokat hoz létre, amelyek vonzatai más mondatoknak
- ◆ **Hogyan érhető ez el az igazságtartó következtetés ?**
  - **KULCSA:** a következtetés lépései tekintetbe veszik a felhasználandó mondatok szemantikáját



# A tudásreprezentációs nyelv jellemzői

- ◆ Kombinálja a természetes és a formális nyelvek előnyeit.
- ◆ **Kifejező és tömör** - mindent, amire szükségünk van röviden, tömören kifejezhessük.
- ◆ **Egyértelmű és környezetfüggetlen** - amit ma mondunk, még holnap is értelmezhető legyen.
- ◆ **Hatékony** - léteznie kell egy olyan következtetési eljárásnak, amelynek segítségével a nyelv mondataiból új következtetésekhez lehet jutni.



# A tudásreprezentációs nyelvek jellege

- ◆ Szempontok
  - Programozási nyelvek
  - Természetes nyelvek
- ◆ Felmerülő problémák
  - A természetes nyelv kétértelműsége
  - A pontos szavak nem részei a létrehozott reprezentációnak
- ◆ Eredmény eléréséhez szükséges:
  - megfelelő képesség a logikai jelölésrendszer alkalmazásához
  - hagyjuk figyelmen kívül, hogy egy precíz formális nyelv hogyan reprezentálja a tudást, valamint a következtetéskor a nyelv kifejezéseiből épülő mechanikus eljárások hogyan hajtódnak végre.



# Szemantika

- ◆ A logikában egy mondat jelentése (*meaning*) a világról megfogalmazott állítás.
- ◆ Hogy nyeri el egy mondat a jelentését?
- ◆ **Interpretációt** (*interpretation*) - milyen tény tartozik a mondathoz (Mire használjuk?)
- ◆ Egy mondat igaz (*true*) egy bizonyos interpretációban, ha a dolgok állása reprezentálja az adott helyzetet





# Következtetés

- ◆ Annak a folyamatnak a megnevezésére használjuk, amelyben a konklúziókat elérjük
- ◆ **Logikai következtetés** (*logical inference*) - **dedukció** (*deduction*) –igazságtartó érvelés
- ◆ **Szükségszerűen igaz mondat** (*necessarily true sentence*)

# Érvényesség és kielégíthetőség

- ◆ Egy mondat akkor, és csakis akkor **érvényes** (*valid*) avagy **szükségszerűen igaz**, ha minden világban minden lehetséges interpretációja igaz, függetlenül attól, hogy mit szándékozott jelenteni, és függetlenül az univerzum leírt dolgainak állásától ( Pl. vagy van bűz az [ 1,1 ]-ben, vagy nincs bűz az [ 1,1 ]-ben)
- ◆ Egy mondat akkor és csakis akkor **kielégíthető** (*satisfiable*), ha valamely interpretációja valamely világban igaz. Az a mondat, hogy „van egy wumpus az [1,2]-ben” kielégíthető, mert lehet egy wumpus abban a négyzetben, még akkor is, ha ez történetesen nincs így





# A logika elemei

- ◆ Egy formális rendszer, a dolgok állapotainak leírására, amely tartalmazza:
  - a nyelv szintaxisát (*syntax*) - leírja, hogy hogyan készítsünk mondatokat;
  - a nyelv szemantikáját (**semantics**) - amely kifejezi a mondatoknak a dolgok állapotával levő kapcsolatát meghatározó szisztematikus kényszereket.
- ◆ **Bizonyításelmélet** (*proof theory*) - szabályok egy halmaza, amely mondatok egy halmaza által maga után vont vonzatok kikövetkeztetésére alkalmas.



# Az ítélet (Boole) -logika

- ◆ Az **ítéletkalkulus** (*propositional calculus*) - a szimbólumok teljes ítéleteket (tényeket) reprezentálnak
- ◆ Az ítéletszimbólumokat Boole-összekötőjelekkel (*Boolean connectives*) kombinálva tudunk összetettebb jelentéssel bíró mondatokat létrehozni
- ◆ Kevés utalást ad a dolgok reprezentációjáról, ezért reprezentációs nyelvként nem tekinthető jelentős előrelépésnek.





# Az elsőrendű logika

- ◆ A világ reprezentációját **objektumok** (*objects*) és objektumokra épülő **predikátumok** (*predicates*) (például objektumok tulajdonságai vagy objektumok kapcsolatai) formájában **összekötőjelek** (*connectives*) és **kvantorok** (*quantifiers*) felhasználásával valósítja meg.
- ◆ Lehetővé teszi, hogy az univerzumban bármiről közvetlenül megfogalmazzunk mondatokat.
- ◆ Hogyan készíthetünk elsőrendű logika felhasználásával reprezentációt és következtetést?



# Speciális célú logikák

- ◆ **Temporális logika** (*temporal logic*) feltételezi, hogy a világ időpontoknak vagy intervallumoknak rendezett halmaza
- ◆ **Episztemikus meghatározottság** (*epistemic commitment*) - különböző logikákat alkalmazó ágens tudásának lehetséges állapotaival foglalkozik (ismeretelmélet)
- ◆ Mind az ítéletkalkulusban, mind az elsőrendű logikában a mondat egy tényt reprezentál, és az ágens vagy igaznak, vagy hamisnak hiszi a mondatot, vagy nem képes egyikre sem következtetni



# Speciális célú logikák

- ◆ Valószínűség-elméletet alkalmazva, tartalmazhatja a hiedelmeknek a fokát, 0-tól (teljes hitetlenség) 1-ig (teljes hit) terjedően.
- ◆ **Fuzzy logikán** (*fuzzy logic*) alapuló rendsze-ekben egy mondathoz hozzátartozhat a bizonyosság egy foka, és ezek a rendszerek megengedik, hogy az igazság fokáról beszéljünk: egy ténynek nem kell igaznak vagy hamisnak lennie a világban, hanem lehet egy bizonyos mértékben igaz.



# Az ítéletkalkulus és a logikák koncepciójának illusztrálása


- ◆ Az ítéletkalkulus szintaxisa
  - Egyszerű
  - Az ítéletkalkulus szimbólumai az **Igaz** és a **Hamis** logikai konstansok
  - **ítéletszimbólumok**, mint a P és a Q, és a logikai összekötőjelek, zárójelek ( ).
  - Bármely mondatot összeállíthatunk ezekből a szimbólumokból a következő szabályok alkalmazásával
- ◆ Az ítéletkalkulus szemantikája
  - A szemantikát az ítéletszimbólumok és konstansok interpretációjával és a logikai kötőszavak jelentésének specifikálásával definiáljuk.
- ◆ Következtetési eljárásokat.





# Modellek

- ◆ Bármely világot, amelyben egy mondat egy bizonyos interpretációban igaz, a mondat adott **interpretációbeli modelljének** (*model*) nevezzük
- ◆ A modellek nagyon fontosak a logikában, mivel újra megfogalmazva a maga után vonzás definícióját, egy ***a* mondat vonzata a TB tudásbázisnak, ha a TB modelljei mind modelljei az *a*-nak is.** Így, ha *a* vonzata a TB-nek, akkor *a* mindig igaz, ha TB igaz.
- ◆ Valójában definiálhatjuk a mondat jelentését modellek halmazán vett halmazelméleti műveletek értelmezésével



# Az ítéletkalkulus következtetési szabályai

- ◆ Léteznek bizonyos következtetési minták, amelyek újra meg újra előfordulnak, és igazságtartó tulajdonságuk megmutatható. Ilyenkor a mintát kiemelhetjük és **következtetési szabálynak** (*inference rule*) hívjuk.
  - Modus Ponens vagy Implikáció-kiküszöbölés
  - És – kiküszöbölés
  - És – bevezetés
  - Vagy – bevezetés
  - Dulpa – Negáció – Kiküszöbölés
  - Egységrezolúció
  - Rezolúció

- **Modus Ponens** vagy **Implikáció-kiküszöbölés (Implication-Elimination)**: (Egy implikációból és ennek premisszájából következtethető a konklúzió.)

$$\frac{\alpha \Rightarrow \beta, \alpha}{\beta}$$

- **És-kiküszöbölés (And-Elimination)**: (Egy konjunkcióból következtethető bármely konjunkt.)

$$\frac{\alpha_1 \wedge \alpha_2 \wedge \dots \wedge \alpha_n}{\alpha_i}$$

- **És-bevezetés (And-Introduction)**: (Egy mondatlistából következtethető ezek konjunkciója.)

$$\frac{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n}{\alpha_1 \wedge \alpha_2 \wedge \dots \wedge \alpha_n}$$

- **Vagy-bevezetés (Or-Introduction)**: (Egy mondatból következtethető bármely mással levő diszjunkció.)

$$\frac{\alpha_i}{\alpha_1 \vee \alpha_2 \vee \dots \vee \alpha_n}$$

- **Dupla-Negáció-kiküszöbölés (Double-Negation Elimination)**: (Egy kétszeresen negált mondatból következtethető a pozitív mondat.)

$$\frac{\neg\neg\alpha}{\alpha}$$

- **Egységrezolúció (Unit Resolution)**: (Egy diszjunkcióból, ha az egyik diszjunkt hamis, következtethető, hogy a másik igaz.)

$$\frac{\alpha \vee \beta, \neg\beta}{\alpha}$$

- **Rezolúció (Resolution)**: (Ez a legbonyolultabb szabály. Mivel  $\beta$  nem lehet egyszerre igaz és hamis, ezért valamelyik premisszában valamelyik másik diszjunktának igaznak kell lennie. Ezzel ekvivalens állítás, hogy az implikáció tranzitív.)

$$\frac{\alpha \vee \beta, \neg\beta \vee \gamma}{\alpha \vee \gamma}$$

vagy ekvivalens formában

$$\frac{\neg\alpha \Rightarrow \beta, \beta \Rightarrow \gamma}{\neg\alpha \Rightarrow \gamma}$$

# Egy ágens a WUMPUS világ számára

- ◆ Az ágens érzetei minden lépésben mondatokká konvertálódnak és bekerülnek a tudásbázisba néhány további érvényes mondattal együtt, amelyek vonzatai az érzetmondatoknak. Feltételezzük, hogy a B1,2 szimbólum például azt jelenti „Bűz van az [1,2]-ben”. Hasonlóan a S1,2 jelentse azt, hogy „Szellő van az [1,2]-ben”.

1,4	2,4	3,4	4,4	$\boxed{A}$ = Ágens S = Szellő R = Ragyogás, Arany G = Biztonságos négyzet C = Csapda B = Bűz M = Meglátogatott W = Wumpus
1,3 W!	2,3	3,3	4,3	
1,2 $\boxed{A}$ C OK	2,2 OK	3,2	4,2	
1,1 M OK	2,1 S M OK	3,1 C!	4,1	




$$Sz_1: \neg B_{1,1} \Rightarrow \neg W_{1,1} \wedge \neg W_{1,2} \wedge \neg W_{2,1}$$

$$Sz_2: \neg B_{2,1} \Rightarrow \neg W_{1,1} \wedge \neg W_{2,1} \wedge \neg W_{2,2} \wedge \neg W_{3,1}$$

$$Sz_3: \neg B_{1,2} \Rightarrow \neg W_{1,1} \wedge \neg W_{1,2} \wedge \neg W_{2,2} \wedge \neg W_{1,3}$$

$$Sz_4: B_{1,2} \Rightarrow W_{1,3} \vee W_{1,2} \vee W_{2,2} \vee W_{1,1}$$

- ◆ Az ágensnek minden négyzetet ismernie kell a világban, de itt mi csak három négyzetre vonatkozó mondatokat ismertünk, egy szabályszámmal megjelölve minden mondatot

Egy másik fontos tény az, hogy ha bűz van az [1,2] -ben, akkor egy wumpus van az [1,2]-ben vagy egy vagy több szomszédos négyzetben

# A Wumpus megtalálása

- ◆ Alkalmazva a Modus Ponens  $\neg B_{1,1}$ -re és az Sz1-gyel címkézett mondatra ezt kapjuk:
  - $\neg W_{1,1} \wedge \neg W_{1,2} \wedge \neg W_{2,1}$
- ◆ 2. Alkalmazva az És-Kiküszöbölést erre, megkapjuk a következő különálló mondatokat:
  - $\neg W_{1,1} \neg W_{1,2} \neg W_{2,1}$
- ◆ 3. Alkalmazva a Modus Ponens  $\neg B_{1,2}$ -re és az Sz2-vel címkézett mondatra és utána alkalmazva az És-Eliminációt, az eredményre kapjuk a következő három mondatot:
  - $\neg W_{2,2} \neg W_{2,1} \neg W_{3,1}$
- ◆ 4. Alkalmazva a Modus Ponens a  $B_{1,2}$ -re és az Sz4-gyel címkézett mondatra kapjuk:
  - $W_{1,3} \vee W_{1,2} \vee W_{2,2} \vee W_{1,1}$

# A Wumpus megtalálása (folytatás)

- ◆ 5. Most alkalmazzuk az egységrezolúciós szabályt, ahol az  $\alpha$  a  $W1,3 \vee W1,2 \vee W2,2$  és  $\beta$  a  $W1,1$ . (Már levezettük a 2. lépésben, hogy  $\neg W1,1$ .) Az egységrezolúció adja:
  - $W1,3 \vee W1,2 \vee W2,2$
- ◆ 6. Újra alkalmazva az egységrezolúciót, ahol az  $\alpha$  a  $W1,3 \vee W1,2$  és  $\beta$  a  $W2,2$ . (Már levezettük a 3. lépésben, hogy  $\neg W2,2$ .):
  - $W1,3 \vee W1,2$
- ◆ 7. Végül, még egy rezolúció, ahol az  $\alpha$   $W1,3$  és a  $\beta$  a  $W1,2$  (a 2. lépésben levezettük, hogy  $\neg W1,2$ ) adja a kívánt választ, nevezetesen, hogy a **wumpus az [1,3]-ban van:  $W1,3$**



# Felmerülő problémák

- ◆ Fő probléma: túl sok ítéletet kell kezelni
- ◆ Nagyobb világ esetén a szabályok sokszorozódnak - szabályok ezreire van szükség egy hatékony ágens definiálásához
- ◆ Lelassul a következtetési eljárás
- ◆ Változások kezelése
- ◆ **Összefoglalva:** a probléma az ítéletlogika alkalmazásával az, hogy csak egy reprezentációs eszközünk van: **az ítélet**



# Elsőrendű logika

- ◆ A világot **objektumok** (*objects*) alkotják, amelyek a többi objektumtól megkülönböztető saját azonosítókkal és **tulajdonságokkal** (*properties*) rendelkező dolgok.
- ◆ Az objektumok között különböző **relációk** (*relations*) létezhetnek. A relációk közül néhány **függvény** (*function*) - olyan reláció, ahol csak egy „értéke” van egy adott „bemenetnek”.
  - Objektumok: emberek, házak, számok stb.
  - Relációk: testvére, nagyobb mint, belseje, része
  - Tulajdonságok: piros, kerek, színlelt, páratlan
  - Függvények: apja, legjobb barátja, harmadik cseréje
- ◆ Rövid ismertetés



# Előnyei

- ◆ Az ember mindennapi élete elképzelhető úgy, mintha objektumokkal és ezek közötti relációkkal bánnánk. Nem állítjuk, hogy a világ valóban objektumokból és relációkból épül fel, de a világ ily módon történő felosztása segít minket a világról történő érvelésben.
- ◆ Képes tényeket kifejezni az univerzum minden objektumáról. Ezek az elemek az ítéletkalkulus implikáció összekötőjelével együtt, lehetővé teszik általános törvények és szabályok reprezentálását, mint egy „A wumpus négyzetével szomszédos négyzetek büdösek” állítást.



## Előnyei (folytatás)

- ◆ Habár objektumok és relációk létezéséhez kötődik, nem tesz ontológiai elkötelezettségeket olyan dolgokhoz, mint kategóriák, idő, események, amelyek szintén megjelennek a világ legtöbb tényében.
- ◆ Semleges maradva, az elsőrendű logika szabad kezet ad a felhasználónak ezeknek a dolgoknak a leírására a vizsgált területnek megfelelő módon. Ez a választási szabadság általános jellemzője az elsőrendű logikának



KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!