




# Logica predicatelor. Aplicatii in jocuri.

Catalin Stoean

[catalin.stoean@inf.ucv.ro](mailto:catalin.stoean@inf.ucv.ro)




<http://inf.ucv.ro/~cstoean>

# Lumea Wumpus

4	Miros		Vant	<b>ABIS</b>
3	 Vant Miros		<b>ABIS</b>	Vant
2	Miros		Vant	
1		Vant	<b>ABIS</b>	Vant
	1	2	3	4

# Lumea Wumpus




## Mediul inconjurator

4	Miros		Vant	ABIS
3	 Vant Miros 	ABIS	Vant	
2	Miros		Vant	
1		Vant	ABIS	Vant

- Tabela cu patratele (pestera) este inconjurata de ziduri.
- Agentul (exploratorul) porneste intotdeauna din coltul din stanga jos (1, 1).
- Patratele adiacente Wumpus-ului si patratul lui au miros (neplacut).
- Patratele adiacente abisurilor contin adieri de vant.
- Daca exploratorul se afla in patrat cu aur, acesta straluceste.
- Impuscatura il ucide pe Wumpus daca omul este indreptat catre el.
- Impuscatura se face in directia orientarii omului, iar glontul merge pana ucide wumpus-ul daca e pe directie sau cand ajunge la capatul liniei/coloanei.

# Lumea Wumpus

## Mediul inconjurator




4	Miros		Vant	ABIS
3	 Vant Miros 		ABIS	Vant
2	Miros		Vant	
1		Vant	ABIS	Vant
	1	2	3	4

- Aurul se poate lua doar daca se afla in patratul cu aur.
- Cand agentul intra intr-un zid, simte o lovitura.
- Cand wumpus-ul este ucis, acesta scoate un strigat care se poate auzi in intreaga peștera.
- Perceptiile agentului de la mediul inconjurator vin in forma a 5 simboluri:
  - Daca simte miros, vant, stralucire, nu se loveste si nu aude nimic, lista va arata astfel:

*[Miros, Vant, Stralucire, Nimic, Nimic]*
- Agentul poate merge inainte, se poate roti la stanga si la dreapta cu  $90^\circ$ .

# Lumea Wumpus




## Mediul inconjurator

4	Miros		Vant	ABIS
3	 Miros 		ABIS	Vant
2	Miros		Vant	
1		Vant	ABIS	Vant
	1	2	3	4

- Agentul poate *lua* aurul daca se afla in patratul cu aur.
- Poate *trage* un (singur) foc in line dreapta.
- Poate *iesi* din peștera, dar numai pe la (1,1).
- Agentul moare daca intra intr-un patrat cu abis sau intr-unul cu un wumpus in viata.
- Scopul agentului: sa gaseasca aurul si sa iese cu el din peștera.
- Castiguri si penalizari:
  - 1 000 puncte daca iese cu aurul din peștera
  - -1 punct pentru fiecare actiune facuta
  - -10 000 puncte daca moare.

# Lumea Wumpus

## Mediul inconjurator

4	Miros		Vant	ABIS
3	 Vant Miros 		ABIS	Vant
2	Miros		Vant	
1		Vant	ABIS	Vant
	1	2	3	4

- Agentul este mereu initializat la patratul (1,1) cu fata spre deapta.
- Locatiile pentru wumpus si pentru aur sunt alese aleator, fara pozitia (1,1).
- Fiecare locatie cu exceptia (1,1) are 20% sanse sa contina un abis.
  - Deci un abis poate fi in casuta cu aur sau in cea cu wumpus-ul.
- Desigur, pot fi situatii cand agentul nu poate ajunge la aur.
  - Viata este uneori nedreapta.
- Evident, agentul nu stie de la inceput ce se afla in fiecare patrat.
  - El doar poate simti prezenta vantului, a mirosului sau poate vedea stralucirea dintr-un patrat.

# Lumea Wumpus

- Folosind logica propozitiilor, puteam descoperi diverse cunostinte despre mediul inconjurator, dar nu puteam decide ce mutare sa facem in continuare.
  - Cu logica predicatelor, putem trata si astfel de situatii.
- Un prim pas: definirea interfetei dintre mediu si agent.
- Perceptiile trebuie inregistrate impreuna cu momentele in care au fost simtite.
- O perceptie obisnuita ar putea fi:  
perceptie([Miros, Vant, Stralucire, Nimic, Nimic], 4).

# Lumea Wumpus

- Actiunile posibile ale agentului:
  - rotire\_stanga, rotire\_dreapta, inainte, trage, ia, lasa, iesi.
- Pentru a determina ce actiune sa fie aplicata, este creata o interogare de forma:

$$\exists x \text{ actiune}(x, 4)$$

- Unde universul predicatului actiune cuprinde perechi formate din actiunile posibile de mai sus si numere  $n$  ce se refera la momentul  $n$ .
- Astfel, se cauta o substitutie (cat mai convenabila) pentru  $x$  in universul predicatului *actiune*.



# Lumea Wumpus

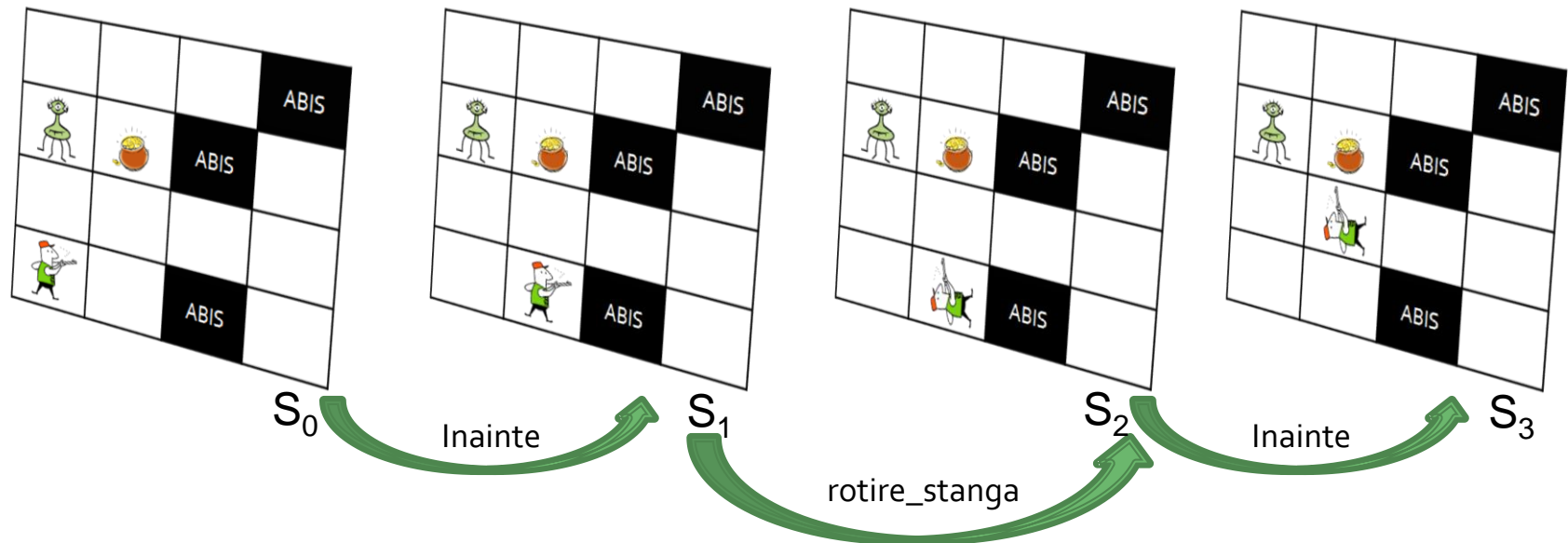
- Perceptiile trebuie legate si de actiuni
  - De exemplu, daca agentul vede o stralucire, atunci ar trebui sa *ia* aurul.
  - $\forall m \forall v \forall l \forall t \forall p ( \text{perceptie}([m, v, \text{Stralucire}, l, t], p) \rightarrow \text{actiune}(ia, p) )$
- $\forall$  Conexiunea dintre perceptie si actiune poate fi mediata de reguli simplificate pentru perceptie:
  - $\forall v \forall s \forall l \forall t \forall p ( \text{perceptie}([miros, v, s, l, t], p) \rightarrow \text{miros}(p) )$
  - $\forall m \forall s \forall l \forall t \forall p ( \text{perceptie}([m, vant, s, l, t], p) \rightarrow \text{vant}(p) )$
  - $\forall m \forall v \forall l \forall t \forall p ( \text{perceptie}([m, v, \text{stralucire}, l, t], p) \rightarrow \text{laAur}(p) )$
  - ...
- Apoi o conexiune se poate face din aceste predicate pentru a le conecta de actiuni:
  - $\forall p ( \text{laAur}(p) \rightarrow \text{actiune}(ia, p) )$

# Reprezentarea schimbarilor in lumea Wumpus

- Lumea reala (ca si cea Wumpus) este caracterizata de schimbare.
  - Cineva nu are o sotie (sau un sot) pana se casatoreste, cineva nu are un frator pana cand acesta nu apare etc.
- Cel mai simplu mod de a trata schimbarea este de a schimba baza de cunostinte:
  - Stergem inregistrarea care spunea ca agentul se afla la  $[1, 1]$  si adaugam informatia ca se afla la  $[1, 2]$ .
  - Daca folosim numai informatii referitoare la situatia cea mai recenta, aceasta este o abordare buna.
  - Dar se pierde toata informatia despre trecut si nu permite speculatii despre diverse perspective posibile.

# Calculul de situatie

- Este un mod de a descrie schimbarea in logica predicatelor.
- Lumea este conceputa ca o secventa de situatii, fiecare fiind o fotografie a starii lumii.
- **Situatiile sunt generate din situatii anterioare prin actiuni.**



# Calculul de situatie

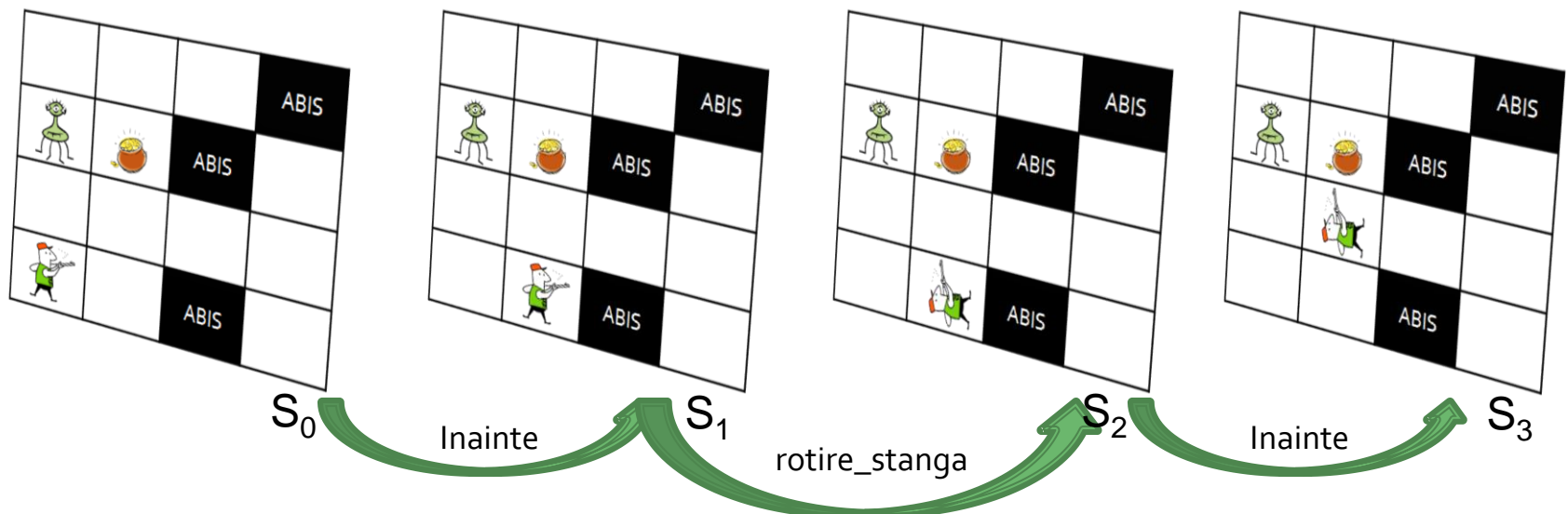
- Fiecare relatie care se poate schimba in timp este tratata prin folosirea a inca un argument referitor la situatie.
- Stabilim conventiile ca argumentul de situatie este pus mereu ultimul si constantele de situatie sunt notate cu  $S_i$ .
- Asadar, in loc de  $\text{pozitie}(\text{agent}, \text{locatie})$ , putem avea:  
$$\text{pozitie}(\text{agent}, [1, 1], S_0) \wedge \text{pozitie}(\text{agent}, [2, 1], S_1)$$
- pentru a descrie locatia agentului in primele doua situatii din figura din slide-ul anterior.
- **Relatiile care nu se schimba in timp** nu au nevoie de argumentul in plus de situatie:
  - Cum zidurile nu se muta, folosim  $\text{zid}([0, 1])$  in loc de  $\text{zid}([0, 1], S_0)$ .

# Funcții în logica predicatelor

- În cea mai simplă formă, o funcție primește ca argument o constantă și întoarce tot o constantă.
- O funcție poate primi însă ca argument orice termen și întoarce tot un termen.
  - Astfel, o funcție de aritate  $n$ , primește ca argument  $n$  termeni și întoarce un termen.
  - Prin urmare, o funcție poate fi dată ca argument pentru un predicat.
- **Definiția termenului** în logica predicatelor se completează după cum urmează:
  - Orice constantă  $c$  este un termen.
  - Orice variabilă  $x$  este un termen.
  - Pentru orice funcție  $f$  de aritate  $n$ , și  $t_1, t_2, \dots, t_n$  termeni,  $f(t_1, t_2, \dots, t_n)$  este un termen.

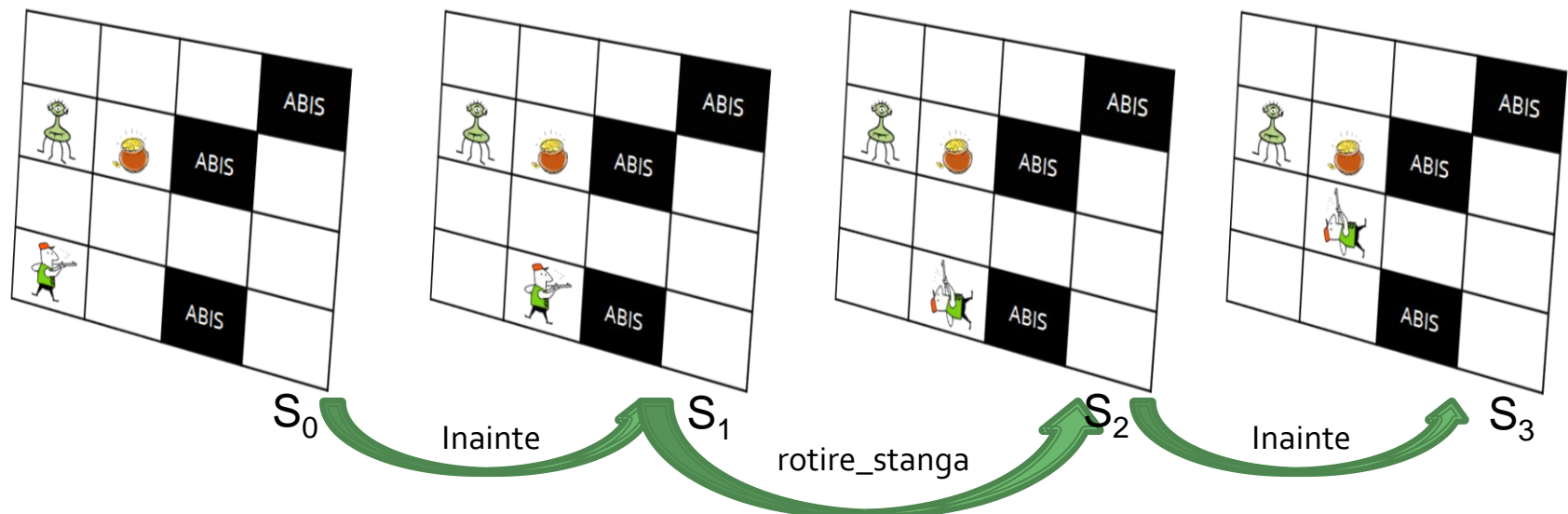
# Calculul de situatie

- Urmatorul pas este de a reprezenta cum se modifica lumea dintr-o situatie in urmatoarea.
- Calculul de situatie foloseste functia **rezultat(actiune, situatie)** pentru a nota situatia care rezulta din aplicarea unei actiuni unei situatii.
- Avem:  $\text{rezultat}(\text{inainte}, S_0) = S_1$ ,  $\text{rezultat}(\text{rotire\_stanga}, S_1) = S_2$ ,  $\text{rezultat}(\text{inainte}, S_2) = S_3$



# Calculul de situatie

- *rezultat* este o functie de doua argumente.
  - Functiile, spre deosebire de predicate, intorc o valoare, nu semnifica o relatie sau o proprietate.
- Actiunile sunt descrise prin specificarea efectelor lor.
  - Specificam proprietatile situatiei care rezulta din realizarea actiunii.



# Reprezentarea cunostintelor despre lumea Wumpus

- $\text{perceptie}(x, y)$ 
  - $x$  este un vector de perceptie si  $y$  este o situatie.
  - Inseamna faptul ca in situatia  $y$  agentul percepe  $x$ .
  - $\forall v \forall s \forall l \forall t \forall p ( \text{perceptie}([ \text{miros}, v, s, l, t ], p) \rightarrow \text{miros}(p) )$
  - $\forall m \forall s \forall l \forall t \forall p ( \text{perceptie}([ m, \text{vant}, s, l, t ], p) \rightarrow \text{vant}(p) )$
  - $\forall m \forall v \forall l \forall t \forall p ( \text{perceptie}([ m, v, \text{stralucire}, l, t ], p) \rightarrow \text{laAur}(p) )$



# Reprezentarea cunostintelor despre lumea Wumpus

- $tine(x, y)$ 
  - $x$  este un obiect si  $y$  este o situatie.
  - Inseamna faptul ca in situatia  $y$  agentul tine obiectul  $x$ .
- $actiune(x, y)$ 
  - $x$  este o actiune ( $rotire\_stanga$ ,  $inainte$ ,  $trage$  etc) si  $y$  este o situatie.
  - Inseamna ca in situatia  $y$  agentul ia actiunea  $x$ .

# Reprezentarea cunostintelor despre lumea Wumpus

- $\text{pozitie}(x, y, z)$ 
  - $x$  este un obiect,  $y$  este o locatie (o pereche  $[u, v]$ , unde  $u, v \in \{1, 2, 3, 4\}$ ), iar  $z$  este o situatie.
- $\text{prezent}(x, s)$ 
  - inseamna ca obiectul  $x$  se afla in casuta curenta in situatia  $s$ .
- $\text{portabil}(x)$ 
  - obiectul  $x$  poate fi purtat de catre agent (de ex, aurul)
- $\text{rezultat}(x, y)$ 
  - functie care intoarce rezultatul aplicarii actiunii  $x$  pentru situatia  $y$ .

# Reprezentarea cunostintelor despre lumea Wumpus

- Axiome de efect
  - Caracterizeaza ce s-a schimbat datorita unei actiuni
  - $\forall x \forall s [ ( \text{prezent}(x, s) \wedge \text{portabil}(x) ) \rightarrow \text{tine}(x, \text{rezultat}(ia, s) ) ]$ 
    - In prealabil, trebuia sa existe
    - $\text{portabil}(\text{aur})$
    - $\forall s [ \text{laAur}(s) \rightarrow \text{prezent}(\text{aur}, s) ]$
  - $\forall x \forall s [ \neg \text{tine}(x, \text{rezultat}(\text{lasa}, s))$

# Reprezentarea cunostintelor despre lumea Wumpus

- Axiome de frame

- Caracterizeaza ce a ramas neschimbat datorita unei actiuni

- $\forall a \forall x \forall s [ (tine(x, s) \wedge (a \neq Iasa)) \rightarrow tine(x, rezultat(a, s)) ]$

- $\forall a \forall x \forall s [ \neg tine(x, s) \wedge$

$( (a \neq Iasa) \vee \neg (prezent(x, s) \wedge portabil(x)) )$

$\rightarrow$

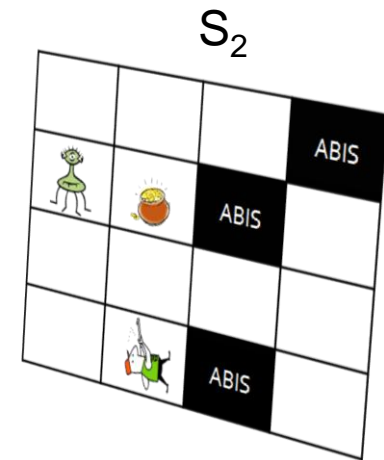
$\neg tine(x, rezultat(a, s)) ]$

# Reprezentarea cunostintelor despre lumea Wumpus

- Axiome stare succesori
  - Pentru fiecare predicat care se poate schimba in timp, precizeaza toate modurile in care predicatul poate deveni adevarat si toate modurile in care poate deveni fals.
  - $\forall a \forall x \forall s [tine(x, rezultat(a, s)) \leftrightarrow$   
 $( a = ia \wedge prezent(x, s) \wedge portabil(x) ) \vee$   
 $( tine(x, s) \wedge (a \neq lasa) ) ]$

# Alte definitii si axiome

- $\text{orientare}(x, y)$ 
  - Functie care intoarce in ce directie este orientat agentul  $x$  in situatia  $y$ .
  - Directia este data in unghiuri, unde
    - 0 inseamna ca este pus de-a lungul axei  $ox$
    - 90 – orientat in sus de-a lungul axei  $oy$
    - 180, de-a lungul  $ox$ , cu fata spre  $o$
    - 270 – de-a lungul  $oy$ , cu sensul in jos.
  - $\text{orientare}(\text{agent}, S_2) = 90$



# Alte definitii si axiome

- $\text{locatiaDinspre}(x, y)$ 
  - Primeste ca argumente o locatie  $x$  (o pereche  $[u, v]$ , unde  $u, v \in \{1, 2, 3, 4\}$ ) si o directie  $y$  (un unghi din  $\{0, 90, 180, 270\}$ )
  - $\forall x \forall y \text{locatiaDinspre}([x, y], 0) = [x + 1, y]$
  - $\forall x \forall y \text{locatiaDinspre}([x, y], 90) = [x, y + 1]$
  - $\forall x \forall y \text{locatiaDinspre}([x, y], 180) = [x - 1, y]$
  - $\forall x \forall y \text{locatiaDinspre}([x, y], 270) = [x, y - 1]$

# Alte definitii si axiome

- $\text{locatiaDinFata}(x, y)$ 
  - Primeste ca argumente agentul  $x$  si o situatie  $y$
  - $\forall o \forall l \forall s [ \text{pozitie}(o, l, s) \rightarrow$   
 $( \text{locatiaDinFata}(o, s) = \text{locatiaDinspre}(l, \text{orientare}(o, s)) ) ]$
- $\text{adiacente}(x, y)$ 
  - verifica daca celula  $x$  este adiacenta cu celula  $y$
  - $\forall x \forall y [ \text{adiacente}(x, y) \leftrightarrow \exists z ( x = \text{locatiaDinspre}(y, z) ) ]$



# Alte definitii si axiome

- $\text{zid}(x)$ 
  - Este adevarat daca locatia  $x$  nu apare pe harta.
  - $\forall x \forall y [ \text{zid}([x, y]) \leftrightarrow (x = 0 \vee x = 5 \vee y = 0 \vee y = 5) ]$

# Alte definitii si axiome

- Ce efect au actiunile privitor la locatie
  - Numai deplasarea inainte schimba locatia si numai daca nu este zid in fata.
  - $\forall a \forall d \forall p \forall s [ \text{pozitie}(p, l, \text{rezultat}(a, s)) \leftrightarrow$   
(  
(  $a = \text{inainte} \wedge l = \text{locatiaDinFata}(p, s) \wedge \neg \text{zid}(l)$  )  
 $\vee ( \text{pozitie}(p, l, s) \wedge a \neq \text{inainte} )$   
)

# Alte definitii si axiome

- Ce efect au actiunile privitor la orientare
  - Numai intoarcerea (rotirea) schimba orientarea.
  - $\forall a \forall d \forall p \forall s [ \text{orientare}(p, \text{rezultat}(a, s)) = d \leftrightarrow$   
(  
(  $a = \text{rotire\_dreapta} \wedge d = (\text{orientare}(p, s) - 90) \bmod 360$  )  
 $\vee (a = \text{rotire\_stanga} \wedge d = (\text{orientare}(p, s) + 90) \bmod 360$  )  
 $\vee (\text{orientare}(p, s) = d \wedge \neg(a = \text{rotire\_dreapta} \vee a = \text{rotire\_stanga})$  ) )  
)

# Alte definitii si axiome

- Celulele de langa Wumpus au miros
  - $\forall l_1 \forall l_2 \forall s [ ( \text{pozitie}(\text{wumpus}, l_1, s) \wedge \text{adiacent}(l_1, l_2) ) \rightarrow \text{celula\_miros}(l_2) ]$
- Celulele de langa abisuri au adieri
  - $\forall l_1 \forall l_2 \forall s [ ( \text{pozitie}(\text{abis}, l_1, s) \wedge \text{adiacent}(l_1, l_2) ) \rightarrow \text{celula\_vant}(l_2) ]$

# Rationament bazat pe diagnostic

- Daca un agent se afla intr-o locatie si simte o adiere, atunci locul respectiv prezinta vant (analog cu mirosul)
  - $\forall l \forall s [ (\text{pozitie}(\text{agent}, l, s) \wedge \text{vant}(s)) \rightarrow \text{celula\_vant}(l) ]$
  - $\forall l \forall s [ (\text{pozitie}(\text{agent}, l, s) \wedge \text{miros}(s)) \rightarrow \text{celula\_miros}(l) ]$
- Pentru a deduce prezenta unui wumpus, o regula de diagnosticare ne poate spune ca daca o celula are miros, atunci wumpusul este chiar acolo sau intr-o celula adiacenta:
  - $\forall l_1 \forall s [ \text{celula\_miros}(l_1) \rightarrow$   
 $(\exists l_2 ( \text{pozitie}(\text{wumpus}, l_2, s) \wedge (l_2 = l_1 \vee \text{adiacent}(l_1, l_2) ) ) ) ]$

# Rationament bazat pe diagnostic

- Absenta vantului si a mirosului intr-o celula inseamna ca celulele adiacente sunt OK.
  - $\forall x \forall y \forall s \forall l \forall t \forall p ( \text{perceptie}([ \text{miros}, v, s, l, t ], p) \wedge \text{pozitie}(\text{agent}, x, p) \wedge \text{adiacent}(x, y) \rightarrow \text{ok}(y) )$
- Dar o celula poate sa fie ok si daca se simte miros in ea:
  - $\forall x \forall y [ ( \neg \text{pozitie}(\text{wumpus}, x, y) \wedge \neg \text{abis}(x) ) \leftrightarrow \text{ok}(x) ]$

# Preferinta intre actiuni

- Actiunile pot fi: grozave, bune, medii, riscante sau mortale.
- Agentul ar trebui sa faca o actiune grozava daca are una la dispozitie.
  - Altfel, una buna.
  - Altfel, una medie.
  - Una riscanta daca nu are alta posibilitate.

# Preferinta intre actiuni

- $\forall a \forall s [ \text{grozav}(a, s) \rightarrow \text{actiune}(a, s) ]$
- $\forall a \forall s [ ( \text{buna}(a, s) \wedge (\neg \exists b \text{ grozav}(b, s)) ) \rightarrow \text{actiune}(a, s) ]$
- $\forall a \forall s [ ( \text{medie}(a, s) \wedge (\neg \exists b ( \text{grozav}(b, s) \vee \text{buna}(b, s) )) ) \rightarrow \text{actiune}(a, s) ]$
- $\forall a \forall s [ ( \text{riscanta}(a, s) \wedge (\neg \exists b ( \text{grozav}(b, s) \vee \text{buna}(b, s) \vee \text{ok}(b, s) )) ) \rightarrow \text{actiune}(a, s) ]$
- De observat ca nu specificam ce fac actiunile, ci doar cat de dezirabile sunt.



# Preferinta intre actiuni

- Strategia agentului se poate descrie dupa cum urmeaza:
  - Actiunile grozave includ luarea aurului cand este gasit si iesirea cu el din peatera.
  - Actiunile bune: mutarea intr-o celula OK care nu a fost vizitata anterior.
  - Actiunile medii: mutarea intr-o celula OK care a mai fost vizitata.
  - Actiunile riscante: mutarea intr-o celula despre care nu stim ca este OK, dar nu stim nici ca este periculoasa.
  - Actiunile mortale: mutarea intr-o celula care contine un abis sau wumpusul.