



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά  
μαθήματα ΠΠ

# Τεχνητή Νοημοσύνη I

Ενότητα 11: Λύση στο Frame Problem

Πέππας Παύλος

Πολυτεχνική Σχολή

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας  
Υπολογιστών

# Σκοποί ενότητας

Λύση στο Frame Problem



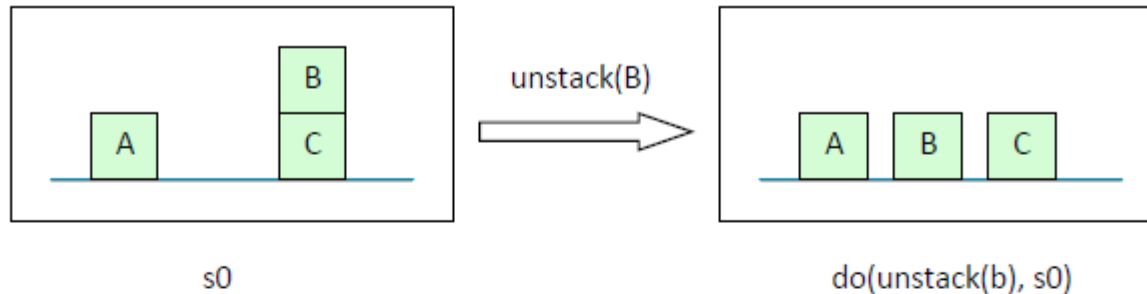
# Περιεχόμενα ενότητας

Λύση στο Frame Problem



# Λύση στο Frame Problem

# Situation Calculus



## Αρχική Κατάσταση

$on(a, table, s_0)$

$on(b, table, s_0)$

$on(c, table, s_0)$

## Domain Constraints

$a \neq b \neq c \neq table$

$isBlock(x) \Leftrightarrow x=a \vee x=b \vee x=c$

$clear(x, s) \Leftrightarrow isBlock(x) \wedge \neg \exists y on(y, x, s)$

$on(x, y, s) \Rightarrow isBlock(x)$

$(on(x, y, s) \wedge on(x, z, s)) \Rightarrow y=z$

$(on(x, z, s) \wedge on(y, z, s) \wedge z \neq table) \Rightarrow x=y$

## Preconditions Axioms

$isBlock(x) \wedge clear(x, s) \Rightarrow Poss(unstack(x), s)$

$on(x, table) \wedge clear(x, s) \wedge clear(y, s) \Rightarrow Poss(stack(x, y), s)$

## Effect Axioms

$Poss(unstack(x), s) \Rightarrow on(x, table, do(unstack(x), s))$

$Poss(stack(x, y), s) \Rightarrow on(x, y, do(stack(x, y), s))$

## Frame Axioms

$on(x, y, s) \wedge x \neq z \Rightarrow on(x, y, do(unstack(z), s))$

$on(x, y, s) \wedge x \neq z \Rightarrow on(x, y, do(stack(z, w), s))$



# Ο κόσμος των κύβων σε Prolog

## % Initial Situation

```
on(a,table,s0). on(b,c,s0). on(c,table,s0). clear(a,s0). clear(b,s0).
```

## % Ontology

```
block(a). block(b). block(c).
```

## % Preconditions

```
poss(stack(X,Y),S) :- block(X), block(Y), on(X,table,S), clear(X,S), clear(Y,S).  
poss(unstack(X,Y),S) :- block(X), block(Y), on(X,Y,S), clear(X,S).
```

## % Effects

```
on(X,Y,res(stack(X,Y),S)) :- poss(stack(X,Y),S).  
on(X,table,res(unstack(X,Y),S)) :- poss(unstack(X,Y),S).  
clear(Y,res(unstack(X,Y),S)) :- poss(unstack(X,Y),S).
```

## % Frame Axioms

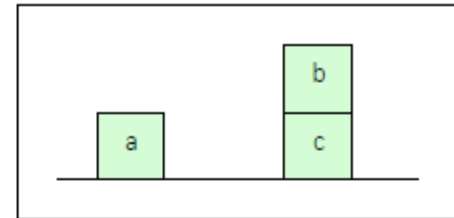
```
on(X,table,res(stack(Z,W),S)) :- poss(stack(Z,W),S), on(X,table,S), \+ X==Z.  
on(X,Y,res(stack(Z,W),S)) :- poss(stack(Z,W),S), block(X), block(Y), on(X,Y,S).  
clear(X,res(stack(Z,W),S)) :- poss(stack(Z,W),S), clear(X,S), \+ X==W.  
on(X,table,res(unstack(Z,W),S)) :- poss(unstack(Z,W),S), on(X,table,S).  
on(X,Y,res(unstack(Z,W),S)) :- poss(unstack(Z,W),S), block(X), block(Y), on(X,Y,S), \+ X==Z.  
clear(X,res(unstack(Z,W),S)) :- poss(unstack(Z,W),S), clear(X,S).
```

## % Actions

```
action(A) :- block(X), block(Y), A=stack(X,Y).  
action(A) :- block(X), block(Y), A=unstack(X,Y).
```

## % Situations

```
situation(s0). situation(res(A,s0)) :- action(A).  
situation(res(A,res(B,s0))) :- action(A), action(B).  
situation(res(A,res(B,res(C,s0)))) :- action(A), action(B), action(C).
```



s0

```
?- situation(S), on(b,a,S).  
S = res(stack(b,a), res(unstack(b,c), s0)).
```

```
?- situation(S), on(a,c,S), on(c,b,S).  
S = res(stack(a,c), res(stack(c,b), res(unstack(b,c), s0))).
```

```
?- situation(S), on(a,b,S), on(c,b,S).  
false.
```



# Μια απλή λύση στο Frame Problem

## Επαναδιατύπωση *Effect Axioms*

### unstack(x,y,s)

$\text{clean}(x,s) \wedge \text{on}(x, y, s) \Rightarrow \text{on}(x, \text{table}, \text{do}(\text{unstack}(x,y), s))$

$\text{clean}(x,s) \wedge \text{on}(x, y, s) \Rightarrow \neg \text{on}(x, y, \text{do}(\text{unstack}(x,y), s))$

$\text{clean}(x,s) \wedge \text{on}(x, y, s) \Rightarrow \text{clear}(y, \text{do}(\text{unstack}(x,y), s))$

### stack(x,y,s)

$\text{on}(x, \text{table}) \wedge \text{clean}(x,s) \wedge \text{clean}(y,s) \Rightarrow \text{on}(x, y, \text{do}(\text{stack}(x,y), s))$

$\text{on}(x, \text{table}) \wedge \text{clean}(x,s) \wedge \text{clean}(y,s) \Rightarrow \neg \text{on}(x, \text{table}, \text{do}(\text{stack}(x,y), s))$

$\text{on}(x, \text{table}) \wedge \text{clean}(x,s) \wedge \text{clean}(y,s) \Rightarrow \neg \text{clean}(y, \text{do}(\text{stack}(x,y), s))$



$\exists z \{ [ (e = \text{unstack}(x,z)) \wedge \text{clean}(x,s) \wedge \text{on}(x, z, s) \wedge y = \text{table} ] \vee [ (e = \text{stack}(x,y)) \wedge \text{on}(x, \text{table}) \wedge \text{clean}(x,s) \wedge \text{clean}(y,s) ] \} \Rightarrow \text{on}(x, y, \text{do}(e,s))$

$\exists z \{ [ (e = \text{unstack}(x,y)) \wedge \text{clean}(x,s) \wedge \text{on}(x, y, s) ] \vee [ (e = \text{stack}(x,z)) \wedge y = \text{table} \wedge \text{on}(x,y) \wedge \text{clean}(x,s) \wedge \text{clean}(z,s) ] \} \Rightarrow \neg \text{on}(x, y, \text{do}(e,s))$

$\exists z \{ [ (e = \text{unstack}(z,x)) \wedge \text{clean}(z,s) \wedge \text{on}(z, x, s) ] \} \Rightarrow \text{clear}(x, \text{do}(e,s))$

$\exists z \{ [ (e = \text{stack}(z,x)) \wedge \text{on}(z, \text{table}) \wedge \text{clean}(z,s) \wedge \text{clean}(x,s) ] \} \Rightarrow \neg \text{clear}(x, \text{do}(e,s))$



# Μια απλή λύση στο Frame Problem

## *Explanation Closure*

$$\begin{aligned} \exists z \{ & [ (e = \text{unstack}(x,z)) \wedge \text{clean}(x,s) \wedge \text{on}(x, z, s) \wedge y=\text{table} ] \vee \\ & [ (e = \text{stack}(x,y)) \wedge \text{on}(x,\text{table}) \wedge \text{clean}(x,s) \wedge \text{clean}(y,s) ] \} \quad \Rightarrow \quad \text{on}(x, y, \text{do}(e,s)) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \exists z \{ & [ (e = \text{unstack}(x,y)) \wedge \text{clean}(x,s) \wedge \text{on}(x, y, s) ] \vee \\ & [ (e = \text{stack}(x,z)) \wedge y=\text{table} \wedge \text{on}(x,y) \wedge \text{clean}(x,s) \wedge \text{clean}(z,s) ] \} \quad \Rightarrow \quad \neg \text{on}(x, y, \text{do}(e,s)) \end{aligned}$$

$$\exists z \{ [ (e = \text{unstack}(z,x)) \wedge \text{clean}(z,s) \wedge \text{on}(z, x, s) ] \} \quad \Rightarrow \quad \text{clear}(x, \text{do}(e,s))$$

$$\exists z \{ [ (e = \text{stack}(z,x)) \wedge \text{on}(z,\text{table}) \wedge \text{clean}(z,s) \wedge \text{clean}(x,s) ] \} \quad \Rightarrow \quad \neg \text{clear}(x, \text{do}(e,s))$$



$$\neg \text{on}(x, y, s) \wedge \text{on}(x, y, \text{do}(e,s)) \quad \Rightarrow \quad \exists z \{ [ (e = \text{unstack}(x,z)) \wedge \text{clean}(x,s) \wedge \text{on}(x, z, s) \wedge y=\text{table} ] \vee [ (e = \text{stack}(x,y)) \wedge \text{on}(x,\text{table}) \wedge \text{clean}(x,s) \wedge \text{clean}(y,s) ] \}$$

$$\text{on}(x, y, s) \wedge \neg \text{on}(x, y, \text{do}(e,s)) \quad \Rightarrow \quad \exists z \{ [ (e = \text{unstack}(x,y)) \wedge \text{clean}(x,s) \wedge \text{on}(x, y, s) ] \vee [ (e = \text{stack}(x,z)) \wedge y=\text{table} \wedge \text{on}(x,y) \wedge \text{clean}(x,s) \wedge \text{clean}(z,s) ] \}$$

$$\neg \text{clear}(x, s) \wedge \text{clear}(x, \text{do}(e,s)) \quad \Rightarrow \quad \exists z \{ [ (e = \text{unstack}(z,x)) \wedge \text{clean}(z,s) \wedge \text{on}(z, x, s) ] \}$$

$$\text{clear}(x, s) \wedge \neg \text{clear}(x, \text{do}(e,s)) \quad \Rightarrow \quad \exists z \{ [ (e = \text{stack}(z,x)) \wedge \text{on}(z,\text{table}) \wedge \text{clean}(z,s) \wedge \text{clean}(x,s) ] \}$$





# Μια απλή λύση στο Frame Problem

## Γενική Περίπτωση

### Initial State

on(a,table, s0), clear(a, s0)

on(b,table, s0), clear(b, s0)

on(c,table, s0), clear(c, s0)

### Effect Axioms

$\Pi_f(\mathbf{x}, e, s) \Rightarrow F(\mathbf{x}, do(e, s))$

$N_f(\mathbf{x}, e, s) \Rightarrow \neg F(\mathbf{x}, do(e, s))$

### Unique Name for Objects

$a \neq b \neq c \neq table$

### Unique Name for Actions

$A(x_1, x_2, \dots, x_n) = A(y_1, y_2, \dots, y_n) \Rightarrow (x_1=y_1) \wedge \dots \wedge (x_n=y_n)$

$A(\mathbf{x}) \neq B(\mathbf{y})$ , όπου A και B είναι διαφορετικά ονόματα actions.

### Explanation Closure

$\neg F(\mathbf{x}, s) \wedge F(\mathbf{x}, do(e, s)) \Rightarrow \Pi_f(\mathbf{x}, e, s)$

$F(\mathbf{x}, s) \wedge \neg F(\mathbf{x}, do(e, s)) \Rightarrow N_f(\mathbf{x}, e, s)$

### Integrity of Actions

$\neg \exists \mathbf{x}, e, s [ \Pi_f(\mathbf{x}, e, s) \wedge N_f(\mathbf{x}, e, s) ]$



### Successor State Axioms

$F(\mathbf{x}, do(e, s)) \Leftrightarrow \Pi_f(\mathbf{x}, e, s) \vee [ F(\mathbf{x}, s) \wedge \neg N_f(\mathbf{x}, e, s) ]$



Τέλος Ενότητας

# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα

# Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση **1.0**.

Έχουν προηγηθεί οι κάτωθι εκδόσεις:

- Έκδοση **1.0** διαθέσιμη [εδώ](#).



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, **Σγάρμπας Κυριάκος**. «**Τεχνητή Νοημοσύνη I, Λύση στο Frame Problem**». Έκδοση: **1.0**. Πάτρα **2014**. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

[https://eclass.upatras.gr/modules/course\\_metadata/opencourses.php?fc=15](https://eclass.upatras.gr/modules/course_metadata/opencourses.php?fc=15)



# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

# Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.





# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

**Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες**

