# ΠΛΗ31

ΕΝΟΤΗΤΑ 2: ΓΝΩΣΗ

Μάθημα 2.4: Κανόνες Παραγωγής

Δημήτρης Ψούνης



### Περιεχόμενα Μαθήματος

### Α.Θεωρία

- 1. Εισαγωγή
  - 1. Κανόνες Παραγωγής
  - 2. Σύστημα Παραγωγής
- 2. Ορθή Αλυσίδωση
  - 1. Εισαγωγή
  - 2. Παράδειγμα
  - 3. Αλγόριθμος Εκτέλεσης
  - 4. Στρατηγικές Επίλυσης Συγκρούσεων
  - 5. Παράδειγμα με άλλες στρατηγικές επίλυσης συγκρούσεων
  - 6. Παράδειγμα με κατηγορήματα
  - 7. Δίκτυο Κανόνων
- 3. Ανάστροφη Αλυσίδωση
  - 1. Αλγόριθμος Εκτέλεσης
  - 2. Παράδειγμα
  - 3. Παράδειγμα με κατηγορήματα

### Β.Ασκήσεις

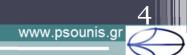
## 1. Εισαγωγή

### 1. Σύστημα Παραγωγής

- Ένα σύστημα παραγωγής είναι ένα απλό σύστημα συμπερασμού, το οποίο αποτελείται από τα εξής:
  - Ένα σύνολο από κανόνες (κανόνες παραγωγής) που είναι IF..THEN κανόνες υπό τη γενική μορφή:

### IF συνθήκες THEN συμπεράσματα

- Το σύνολο των κανόνων συγκροτούν τη βάση κανόνων.
- Έπειτα χρησιμοποιώντας αυτήν την «αποθηκευμένη γνώση»
  - Είτε ξεκινάμε από υποθέσεις που ισχύουν προσπαθώντας να συνδυάσουμε κανόνες για να οδηγηθούμε σε κάποιο συμπέρασμα (συλλογισμός προς τα εμπρός ορθή αλυσίδωση)
  - Είτε ξεκινάμε από κάτι που θέλουμε να αποδείξουμε και εντοπίζουμε τι αρκεί να δείξουμε (συλλογισμός προς τα πίσω – ανάστροφη αλυσίδωση)
- Το σημαντικό βέβαια είναι ότι αυτό γίνεται αλγοριθμικά!
- Ο τρόπος συμπερασμού του συστήματος παραγωγής είναι «απλοϊκός», αλλά μας δίνει κατάλληλο υπόβαθρο για να κατανοήσουμε (επόμενο μάθημα) τα έμπειρα συστήματα.



# <u>Α. Θεωρία</u>

### 2. Ορθή Αλυσίδωση

### 1. Εισαγωγή

- Ένα σύστημα παραγωγής λειτουργεί ως εξής:
  - Εισάγουμε σε αυτό γεγονότα που ισχύουν (συγκροτούν τη μνήμη εργασίας)
  - Αυτά ενεργοποιούν (ισχύει το IF) κάποιους κανόνες παραγωγής
  - Επιλέγουμε με κάποιο κριτήριο (επίλυση συγκρούσεων) έναν από τους κανόνες (τον πυροδοτούμε) και η νέα γνώση που παράγεται ισχύει πλέον ως γεγονός
  - Παράγεται έτσι νέα γνώση. Σταματάμε όταν προκύψει ένα συμπέρασμα που μας ικανοποιεί.



### 2. Ορθή Αλυσίδωση

### 2. Παράδειγμα

### Παράδειγμα 1: Δίνεται η παρακάτω βάση κανόνων:

R1: if A and B then C

R2: if C and D then E

R3: if A and I then ~H

R4: if A and ~D then E

R5: if C and ~D then I

R6: if E and I then ~H

R7: if E and H then ~G

R8: if E and ~H then G

Να εξαχθεί το G χρησιμοποιώντας ορθή αλυσίδωση, αν το αρχικό περιεχόμενο της μνήμης εργασίας είναι ME={A,B,~D,E}

Χρησιμοποιήστε την εξής στρατηγική ελέγχου: Σε περίπτωση σύγκρουσης να επιλεχθεί ο κανόνας που προηγείται στη σειρά αναγραφής. Δεν πυροδοτείται ο ίδιος κανόνας δεύτερη φορά.

www.psounis.gr

# <u>Α. Θεωρία</u>

### 2. Ορθή Αλυσίδωση

### 2. Παράδειγμα

R1: if A and B then C
R2: if C and D then E
R3: if A and I then ~H
R4: if A and ~D then E
R5: if C and ~D then I
R6: if E and I then ~H
R7: if E and H then ~G
R8: if E and ~H then G

### Λύση:

**2.**Καταγράφουμε τους κανόνες που ενεργοποιούνται (Ισχύει το if τους)

**1.**Εισάγουμε στην Μνήμη Εργασίας τα αρχικά γεγονότα

Βήμα	Κανόνες που ενεργοποιούνται	Κανόνας που πυροδοτείται	Μνήμη Εργασίας	
0			{A,B,∼D,E}	
1	R1,R4	<b> 7</b> R1	{A,B,~D,E,C}	
2	R4,R5	R4	{A,B,~D,C,E}	
3	R5	R5	{A,B,~D,C,E,I}	
4	R3,R6	R3	{A,B,~D,C,E,I,~H}	
5	R6,R8	R6	{A,B,~D,C,E,I,~H}	
6	R8	R8	{A,B,~D,C,E,I,~H,G}	

Άρα ισχύει το G.

3. Επιλέγουμε τον κανόνα που πυροδοτείται με βάση τη στρατηγική επίλυσης σύγκρουσης

**4.**Τα γεγονότα που είναι στο ΤΗΕΝ εισάγονται στην μνήμη εργασίας (Τερματισμός όταν εισαχθεί ο στόχος)

## 2.Ορθή Αλυσίδωση

### 3. Αλγόριθμος Εκτέλεσης

#### Ο ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΟΡΘΗΣ ΑΛΥΣΙΔΩΣΗΣ:

- 1. Αρχικοποίηση της μνήμης εργασίας
  - Γίνεται μόνο στην αρχή της εκτέλεσης. Τα γεγονότα που μας δινονται, εισάγονται στην μνήμη εργασίας
- 2. Εύρεση Κανόνων που ικανοποιούνται (Κατασκευή Συνόλου Σύγκρουσης)
  - Εξετάζεται σε ποιους κανόνες ικανοποιούνται οι υποθέσεις τους (ποιοι κανόνες ενεργοποιούνται)
  - Οι κανόνες αυτοί δημιουργούν το σύνολο σύγκρουσης.
- 3. Επιλογή ενός κανόνα
  - Η επιλογή του κανόνα γίνεται με βάση την στρατηγική επίλυσης σύγκρουσης που επιλέγεται
- 4. Πυροδότηση του κανόνα
  - Δηλαδή εκτελείται ο κανόνας που έχει επιλεχθεί από το προηγούμενο βήμα
- 5. Ενημέρωση της μνήμης εργασίας
  - Η πυροδότηση του κανόνα έχει ως αποτέλεσμα την τροποποίηση της μνήμης εργασίας με προσθήκη νέας γνώσης.
- 6. Αν βρεθεί κατάσταση λύσης τερμάτισε, αλλιώς πήγαινε στο βήμα 2.
  - Το κριτήριο τερματισμού καθορίζεται από την εκφώνηση.

## 2.Ορθή Αλυσίδωση

### 4. Στρατηγικές Επίλυσης Σύγκρουσης

Υπάρχουν διάφορες στρατηγικές για την επιλογή του κανόνα που θα πυροδοτηθεί:

- 1. Τυχαία Επιλογή
  - Επιλέγεται τυχαία ο κανόνας που πυροδοτείται.
- 2. Σειρά αναγραφής
  - Επιλέγεται ο κανόνας που έχει γραφεί πρώτος στη σειρά
- 3. Προτεραιότητα
  - Δίνεται ένας βαθμός προτεραιότητας σε κάθε κανόνα και επιλέγεται αυτός με την μεγαλύτερη προτεραιότητα
- 4. Διαθλαστικότητα ή αποφυγή επανάληψης
  - Δεν επιτρέπεται η πυροδότηση ενός κανόνα περισσότερες από μία φορές στα ίδια δεδομένα.
- 5. <u>Προσφατότητα ή Επικαιρότητα</u>
  - Επιλέγεται ο κανόνας που ενσωματώνει τα πιο πρόσφατα δεδομένα που προστέθηκαν στην βάση γνώσης
- 6. Συγκεκριμενικότητα (εξειδίκευση)
  - Επιλέγεται ο κανόνας που ενσωματώνει τις περισσότερες συνθήκες (πιο ειδικός κανόνας)

Παρατήρηση: Η διαθλαστικότητα είναι υποχρεωτική, ακόμη και αν δεν ορίζεται ρητά θα πρέπει να την κάνουμε (αλλιώς το σύστημα πέφτει σε βρόχο)

Οι πιο συχνοί κανόνες είναι η σειρά αναγραφής και η προσφατότητα.

# <u>Α. Θεωρία</u>

## 2.Ορθή Αλυσίδωση

5. Παράδειγμα με άλλες στρατηγικές επίλυσης συγκρούσεων

R1: if A and B then C
R2: if C and D then E
R3: if A and I then ~H
R4: if A and ~D then E
R5: if C and ~D then I
R6: if E and I then ~H
R7: if E and H then ~G
R8: if E and ~H then G

Παράδειγμα 2: Στην ίδια βάση κανόνων, να εξαχθεί το G με ορθή αλυσίδωση, αν το αρχικό περιεχόμενο της μνήμης εργασίας είναι ΜΕ={A,B,~D,E}

Με στρατηγικού ελέγχου: Την προσφατότητα και δευτερευόντως την σειρά αναγραφής. Ισχύει ότι ο ίδιος κανόνας πυροδοτείται μόνο μία φορά.

Βήμα	Κανόνες που ενεργοποιούνται	Κανόνας που πυροδοτείται	Μνήμη Εργασίας	
0			{A,B,∼D,E}	
1	R1,R4	R1	{A,B,~D,E,C}	
2	R4,R5	R5	{A,B,~D,E,C,I}	
3	R3,R4,R6	R3	{A,B,~D,E,C,I,~H}	
4	R4,R6,R8	R8	{A,B,~D,E,C,I,~H,G}	

# <u>Α. Θεωρία</u>

## 2.Ορθή Αλυσίδωση

### 6. Παράδειγμα με κατηγορήματα

Ένα πραγματικό σύστημα παραγωγής χρησιμοποιεί γεγονότα και κανόνες (σε αντιστοιχία με την κατηγορηματική λογική). Το ταίριασμα γίνεται με ενοποίηση (βλέπε μάθημα 2.3). Ας δούμε ένα παράδειγμα:

#### <u>Παράδειγμα 3:</u> Δίνονται τα ακόλουθα γεγονότα:

(Tom is-parent-of Bob)(Tom is-male)(Tom is-parent-of Pam)(Bob is-male)(Bob is-parent-of Jim)(Jim is-male)(Jim is-parent-of John)(Pam is-female)

Ζητείστε από το σύστημα να αποδείξει τον ισχυρισμό (Tom is-father-of Bob), δεδομένης της βάσης κανόνων:

R1	If	(x is-parent-of y)	
	and	(y is-parent-of z)	
	Then	(x  is-grandparent-of  z)	
R2	If	(x is-parent-of y)	
	and	(x is-male)	
	Then	(x is-father-of y)	
R3	If	(x is-parent-of y)	
	and	(x is-female)	
	Then	(x is-mother-of y)	

Χρησιμοποιήστε ως στρατηγική επίλυσης συγκρούσεων πρωτευόντως την σειρά αναγραφής και δευτερεύοντως την τυχαία επιλογή. Επίσης ο ίδιος κανόνας δεν πυροδοτείται δεύτερη φορά με τα ίδια δεδομένα.

Λ	Asymaia
Δημή	τρης Ψούνης, ΠΛΗ31, Μάθημα 2.4: Κανόνες Παραγωγ

# Α. Θεωρία2.Ορθή Αλυσίδωση

### 6. Παράδειγμα με κατηγορήματα

### Λύση:

R1	If	(x is-parent-of y)
	and	(y is-parent-of z)
	Then	(x  is-grandparent-of  z)
R2	If	( <i>x</i> is-parent-of y)
	and	(x is-male)
	Then	(x is-father-of y)
R3	If	( <i>x</i> is-parent-of y)
	and	(x is-female)
	Then	(x is-mother-of y)
		_

Βήμα	Κανόνες που ενεργοποιούνται	Κανόνας που πυροδοτείται	Μνήμη Εργασίας		
0			(Tom is-parent-of Bob) (Tom is-parent-of Pam) (Bob is-parent-of Jim) (Jim is-parent-of John)	(Tom is-male) (Bob is-male) (Jim is-male) (Pam is-female)	
1	R1(x=Tom, y=Bob, z=Jim) R1(x=Bob, y=Jim, z=John) R2(x=Tom, y=Bob) R2(x=Tom, y=Pam) R2(x=Bob, y=Jim) R2(x=Jim, y=John)	R1(x=Tom, y=Bob, z=Jim)	(Tom is-parent-of Bob) (Tom is-parent-of Pam) (Bob is-parent-of Jim) (Jim is-parent-of John)	(Tom is-male) (Bob is-male) (Jim is-male) (Pam is-female)	(Tom is-grandparent- of Jim)
2	R1(x=Bob, y=Jim, z=John) R2(x=Tom, y=Bob) R2(x=Tom, y=Pam) R2(x=Bob, y=Jim) R2(x=Jim, y=John)	R1(x=Bob, y=Jim, z=John)	(Tom is-parent-of Bob) (Tom is-parent-of Pam) (Bob is-parent-of Jim) (Jim is-parent-of John)	(Tom is-male) (Bob is-male) (Jim is-male) (Pam is-female)	(Tom is-grandparent- of Jim) (Bob is-grandparent- of John)
3	R2(x=Tom, y=Bob) R2(x=Tom, y=Pam) R2(x=Bob, y=Jim) R2(x=Jim, y=John)	R2(x=Tom, y=Bob)	(Tom is-parent-of Bob) (Tom is-parent-of Pam) (Bob is-parent-of Jim) (Jim is-parent-of John)	(Tom is-male) (Bob is-male) (Jim is-male) (Pam is-female)	(Tom is-grandparent- of Jim) (Bob is-grandparent- of John) (Tom is-father-of Bob)

## 2.Ορθή Αλυσίδωση

### 7. Δίκτυο Κανόνων

- > Κάποιες Φορές ζητείται και η απεικόνιση των κανόνων σε μορφή δικτύου (γράφου)
- Τότε τα απεικονίζουμε με μία τοπολογική απεικόνισή ώστε να φαίνεται ότι οι κανόνες κινούνται «προς τα δεξιά»

Παράδειγμα 3: Να σχεδιαστεί το δίκτυο κανόνων της βάσης γνώσης του Παραδείγματος 1: Е ~D

R1: if A and B then C R2: if C and D then E R3: if A and I then ~H

R4: if A and ~D then E

R5: if C and ~D then I

R6: if E and I then ~H

R7: if E and H then ~G

R8: if E and ~H then G

### 3. Ανάστροφη Αλυσίδωση

### 1. Αλγόριθμος Εκτέλεσης

Στην αντίστροφη αλυσίδωση ξεκινάμε από τον στόχο:

- Προσπαθούμε να ταυτίσουμε τον στόχο με το συμπέρασμα κάποιου κανόνα και επαναλαμβάνουμε.
  - Επιλέγονται οι κανόνες και γράφονται με την σειρά που καθορίζει η στρατηγική επίλυσης συγκρούσεων.
    - Αν υπάρχουν μεταβλητές <u>ενοποιούνται</u> με τις τιμές που καθορίζει ο κόμβος στόχος
  - Επαναλαμβάνουμε για κάθε νέο στόχο που έχει προκύψει, μέχρι να οδηγηθούμε σε κάποιο <u>γεγονός.</u>
- Η όλη προσέγγιση γίνεται με μία πολιτική «κατά βάθος». Η εξερεύνηση θα σταματήσει, όταν ικανοποιηθούν οι απόγονοι του κόμβου-στόχου που επαρκούν για να απαντηθεί το ερώτημα.

ΠΡΟΣΟΧΗ! Αν ένας στόχος δεν ταυτίζεται ούτε με συμπέρασμα κανόνα, ούτε με κάποιο γεγονός, τότε ΔΕΝ ΙΣΧΥΕΙ!!!

### 3. Ανάστροφη Αλυσίδωση

### 1. Αλγόριθμος Εκτέλεσης

Το συντακτικό του δένδρου που κατασκευάζουμε είναι

Ένας στόχος αναφέρεται χωρίς πλαίσιο:

Στόχος: G

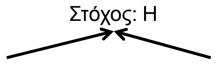
Ένας Κανόνας αναφέρεται με πλαίσιο

Κανόνας: Χ

Ένας κανόνας του οποίου οι υποθέσεις είναι ΑΝΟ γράφεται με σύζευξη των βελών

Κανόνας: Χ

Ενώ σε έναν στόχο που μπορεί να ικανοποιηθεί με διαφορετικούς τρόπους απεικονίζουμε το ΟR των στόχων ως εξής:



### 3. Ανάστροφη Αλυσίδωση

### 2. Παράδειγμα

### <u>Παράδειγμα 4:</u> Δίνεται η παρακάτω βάση κανόνων:

R1: if A and B then C

R2: if C and D then E

R3: if A and I then ~H

R4: if A and ~D then E

R5: if C and ~D then I

R6: if E and I then ~H

R7: if E and H then ~G

R8: if E and ~H then G

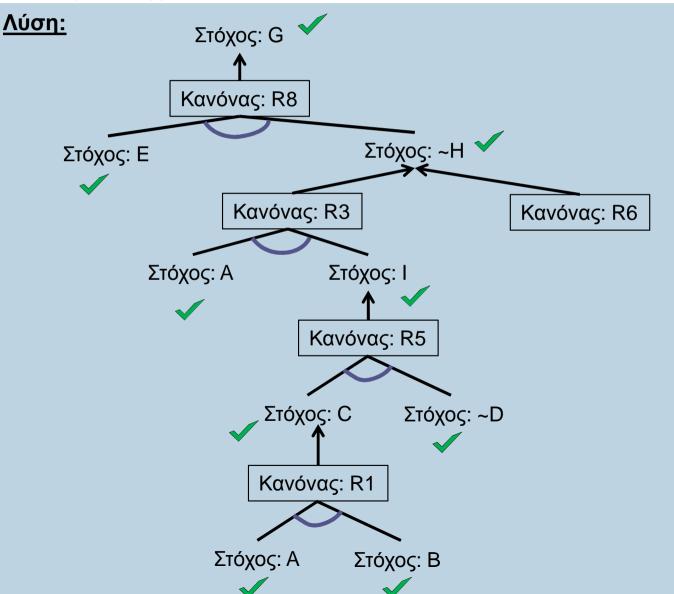
Να εξαχθεί το G χρησιμοποιώντας ανάστροφη αλυσίδωση, αν το αρχικό περιεχόμενο της μνήμης εργασίας είναι ME={A,B,~D,E}

Χρησιμοποιήστε την εξής στρατηγική ελέγχου: Σε περίπτωση σύγκρουσης να επιλεχθεί ο κανόνας που προηγείται στη σειρά αναγραφής. Δεν πυροδοτείται ο ίδιος κανόνας δεύτερη φορά.

# <u>Α. Θεωρία</u>

### 3. Ανάστροφη Αλυσίδωση

### 2. Παράδειγμα



R1: if A and B then C
R2: if C and D then E
R3: if A and I then ~H
R4: if A and ~D then E
R5: if C and ~D then I
R6: if E and I then ~H
R7: if E and H then ~G
R8: if E and ~H then G

ПРОХЕІРО: ME: {**A,B,~D,E**,C,I,~H,G}

### Για να ικανοποιήσουμε έναν στόχο:

- 1. Αν είναι στη μνήμη εργασίας: ικανοποιείται
- 2. Αν είναι δεξί μέλος κανόνα: Γράφουμε τους κανόνες που ικανοποιείται με ΟR και έπειτα συνεχίζουμε με στρατηγική κατά βάθος
- 3. Στην οπισθοδρόμηση της κατά βάθος, οι στόχοι που ικανοποιήθηκαν μπαίνουν στη μνήμη εργασίας.

### 3. Ανάστροφη Αλυσίδωση

### 3. Παράδειγμα με κατηγοργήματα

### ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ:

Δίνονται τα ακόλουθα γεγονότα:

(Bill lives-in Lamia)

(Chris lives-in Salonica)

(Katherine lives-in Lamia)

(Chris likes historical-novels)

(Bill likes GatesofFire)

(StevenPressfield is-author-of GatesofFire)

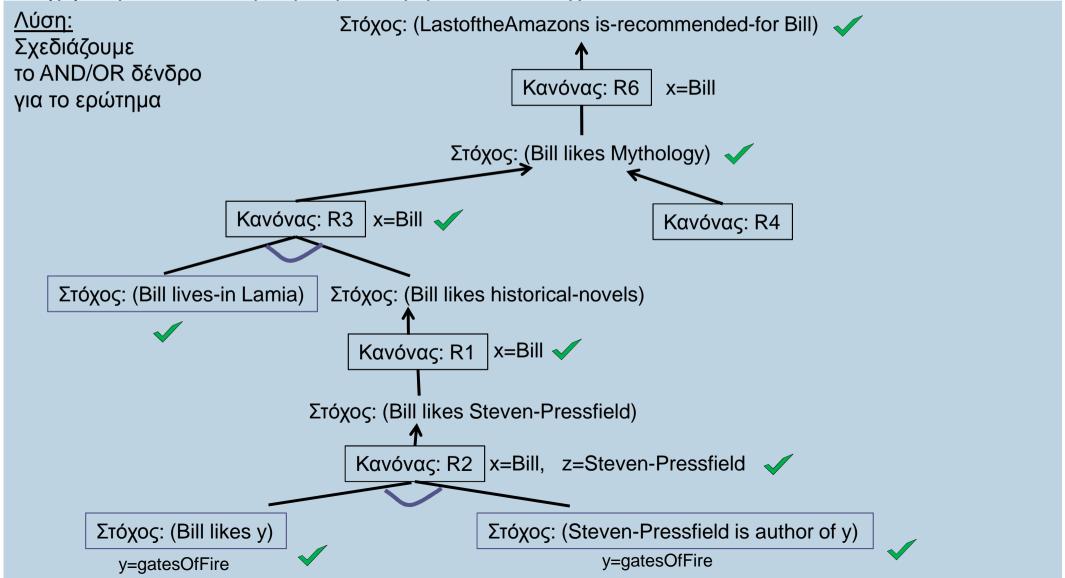
(StevenPressfield is-author-of LastoftheAmazons)

Ζητείστε από το σύστημα να αποδείξει τον ισχυρισμό (LastoftheAmazons isrecommended-for Bill), δεδομένης της βάσης κανόνων:

TC	( 111 C) D (111)
If	(x likes StevenPressfield)
Then	(x likes historical-novels)
If	(x likes y)
and	(z is-author-of y)
Then	(x  likes  z)
If	(x lives-in Lamia)
and	(x likes historical-novels)
Then	(x likes mythology)
If	(x likes GatesofFire)
Then	(x likes mythology)
If	(x lives-in Salonica)
Then	(x likes AlexandertheGreat)
If	(x likes mythology)
Then	(LastoftheAmazons is-recommended-for <i>x</i> )
If	(x likes AlexandertheGreat)
and	(x likes historical-novels)
Then	(TheVirtuesofWar is-recommended-for <i>x</i> )
	If and Then If and Then If Then If Then If Then If Then If Then If and

### 3.Ανάστροφη Αλυσίδωση (3. Παράδειγμα με Κατηγορήματα)

Η αναστροφη αλυσίδωση γίνεται με τον σχεδιασμό ενός AND/OR δένδρου που στόχο έχει να οδηγηθούμε από το συμπέρασμα σε γεγονότα που ισχύουν.



# Β.Ασκήσεις Εφαρμογή 1

Δίνεται η παρακάτω βάση κανόνων:

R1: if A and B then C

R2: if C and D then E

R3: if C and E then G

H μνήμη εργασίας είναι  $WM = \{A, B, D\}$ .

(α) Να σχεδιαστεί το δίκτυο κανόνων

- (β) Ζητείται να αποδειχθεί το G, αν χρησιμοποιούνται οι παρακάτω υποθέσεις εργασίας:
- αλυσίδωση προς τα εμπρός (forward chaining)
- ο πρώτος στη σειρά υποψήφιος κανόνας πυροδοτείται
- ο ίδιος κανόνας πυροδοτείται μόνο μια φορά

www.psounis.gr

(γ) Ζητείται να αποδειχθεί πάλι το G, αλλά χρησιμοποιώντας ανάστροφη αλυσίδωση (backward chaining).

# Β.Ασκήσεις Εφαρμογή 2

Δίνεται η παρακάτω βάση κανόνων:

R1: if A and C then  $\neg H$ 

R2: if A and B then D

R3: if D and ¬H then C

R4: if C and I then E

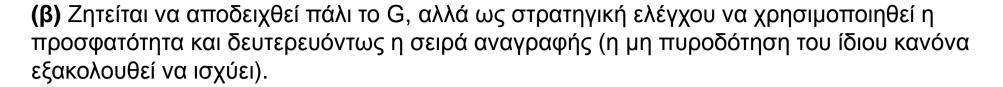
R5: if C and D then I

R6: if E and A then F

R7: if E and F then G

H μνήμη εργασίας είναι WM = {A, B,  $\neg$ H}.

- (α) Ζητείται να αποδειχθεί το G, αν χρησιμοποιούνται οι παρακάτω υποθέσεις εργασίας:
- αλυσίδωση προς τα εμπρός (forward chaining)
- ο πρώτος στη σειρά υποψήφιος κανόνας πυροδοτείται
- ο ίδιος κανόνας πυροδοτείται μόνο μια φορά
- κάθε νέο γεγονός που εισέρχεται στη WM συνεπάγεται διαγραφή κάθε παλαιότερου ίδιου



**(γ)** Ζητείται να αποδειχθεί πάλι το G, αλλά χρησιμοποιώντας ανάστροφη αλυσίδωση (backward chaining).