

Συμφραζόμενα

- Πρόκειται για ειδικές κατηγορίες εννοιών στις οποίες η αναφορά περιέχει έναν ή περισσότερους μη-κενούς εννοιολογικούς γράφους, έχουν δηλαδή τη μορφή:

[έννοια-συμφραζόμενο: ΕννοιολογικόςΓράφος]

Ή

[έννοια-συμφραζόμενο: {ΕΓ1, ΕΓ2, ..., Εγκ}]

- Οι συνηθέστερες περιπτώσεις συμφραζομένων είναι **κατάσταση** και **πρόταση**.

- Παράδειγμα:**

[proposition: [give] →(actor)→[person:*x]

→(object)→[thing]

→(recipient)→[person:*y]]

[state: [temperature]→(is)→[celsius:25]]

- Για εξοικονόμηση χώρου, μπορεί να παραλείπεται η ρητή δήλωση της έννοιας συμφραζομένου και η αναπαράσταση να έχει τη μορφή [[ΕννοιολογικόςΓράφος]]

Σχέσεις

- Κάθε σχέση ορίζεται από τον **τύπο** της:
 - Την ετικέτα με το όνομα της σχέσης
 - Το σθένος της σχέσης, δηλαδή των αριθμών των τόξων που ανήκουν στη σχέση (τον αριθμό των εννοιών που αυτή συσχετίζει, ή αλλιώς τον αριθμό των παραμέτρων της)
 - Την υπογραφή της σχέσης, δηλαδή τους τύπους των εννοιών που συσχετίζει η σχέση, με τη μορφή $\langle t_1, t_2, \dots, t_k \rangle$ για μια σχέση με σθένος k .
- **Παράδειγμα**

Η σχέση **δράστης** έχει υπογραφή $\langle \text{Ενέργεια}, \text{Έμψυχο} \rangle$ και σθένος 2. Ο τύπος της δηλώνει ότι το πρώτο τόξο της σχέσης πρέπει να προέρχεται από μια έννοια τύπου **Ενέργεια** (ή υποτύπου της) και το δεύτερο να απομακρύνεται προς μια έννοια τύπου **Έμψυχο** (ή υποτύπου της).

Ιεραρχίες σχέσεων

- Και οι σχέσεις μπορεί να οργανωθούν σε ιεραρχία ώστε να χρησιμοποιούνται γενικότερες ή πιο εξειδικευμένες σχέσεις. Η ιεραρχία δημιουργείται με αναφορά στη συμβατότητα ανάμεσα στις υπογραφές των σχέσεων δηλαδή όταν μια σχέση $R\langle t_1, \dots, t_k \rangle$ είναι υποτύπος μιας σχέσης $R'\langle t_1', \dots, t_{k'}' \rangle$ θα πρέπει και οι δύο να έχουν ίδιο σθένος και κάθε έννοια της υπογραφής της R να είναι υποτύπος της αντίστοιχης έννοιας της R'

- **Παράδειγμα**

η σχέση **δράστης(Ενέργεια, έμψυχο)** έχει υποτύπο τη σχέση **καταναλωτής(τρώω, άνθρωπος)** αλλά όχι τη σχέση **δωρητής(δίνω, άψυχο)**.

Τόξα

- Συνδέουν σχέσεις και έννοιες.
- Η φορά των τόξων καθορίζεται από την υπογραφή της σχέσης στην οποία **ανήκουν**.
- Σε μια σχέση $R\langle t_1, \dots, t_k \rangle$ τα πρώτα $(k-1)$ τόξα έχουν κατεύθυνση προς τη σχέση, ενώ το τελευταίο απομακρύνεται από αυτή.
- Ο κανόνας ισχύει και για μοναδιαίες σχέσεις, δηλαδή για $k=1$. Σ' αυτή την περίπτωση το μοναδικό (τελευταίο) τόξο που υποδηλώνεται από την υπογραφή απομακρύνεται από τη σχέση.
- **Παράδειγμα**

$(\text{παρελθόν}) \rightarrow [\text{κατάσταση:} [[\text{δραπετεύω}] \rightarrow (\text{δράστης}) \rightarrow [\text{φυλακισμένος}]]$

Εξαγωγή συμπεράσματος από εννοιολογικούς γράφους

- Μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα από εννοιολογικούς γράφους μέσω κατάλληλων **μετασχηματισμών**.
- Οι μετασχηματισμοί αυτοί ορίζονται λαμβάνοντας υπόψη μας ότι κάθε εννοιολογικός γράφος έχει ισοδύναμη **λογική** αναπαράσταση.
- Έχουμε ήδη δει ότι έννοιες και σχέσεις αντιστοιχούν σε κατηγορήματα στη λογική αναπαράσταση και έχουμε ήδη δει πώς σε εννοιολογικό γράφο αναπαρίστανται οι ποσοδείκτες.
- Για να αναπαραστήσουμε **λογικά συνδετικά** αρκεί να αναπαραστήσουμε **άρνηση** και **σύζευξη** γιατί όλα τα λογικά συνδετικά μπορούν να οριστούν μέσω αυτών.

Άρνηση

Για να αναπαραστήσουμε με εννοιολογικό γράφο μια πρόταση

$$\neg p$$

χρησιμοποιούμε μια μοναδιαία σχέση **άρνηση** που εφαρμόζεται σε μια έννοια συμφραζομένων της οποίας αναφορά είναι ο γράφος που αντιστοιχεί στην πρόταση p , δηλαδή

$$(\text{άρνηση}) \rightarrow [\text{κατάσταση:Gp}]$$

$$\text{H}$$

$$(\text{άρνηση}) \rightarrow [\text{πρόταση:Gp}]$$

Μπορούμε να χρησιμοποιούμε το σύμβολο \neg αντί του ονόματος «άρνηση» για τη σχέση, και μπορούμε να παραλείπουμε τον τύπο συμφραζόμενο οπότε η αναπαράσταση γίνεται

$$\neg[\text{Gp}]$$

Παράδειγμα άρνησης

- Ο Γιάννης δεν έδωσε ένα βιβλίο στη Μαρία
= δεν αληθεύει ότι ο Γιάννης έδωσε ένα βιβλίο στη Μαρία
=δεν αληθεύει η πρόταση «ο Γιάννης έδωσε ένα βιβλίο στη Μαρία»

(άρνηση) \rightarrow [πρόταση:[δίνω] \rightarrow (δράστης) \rightarrow [άνθρωπος:Γιάννης]
 \rightarrow (αντικείμενο) \rightarrow [βιβλίο]
 \rightarrow (παραλήπτης) \rightarrow [άνθρωπος: Μαρία]]

Ή

\neg [[δίνω] \rightarrow (δράστης) \rightarrow [άνθρωπος:Γιάννης]
 \rightarrow (αντικείμενο) \rightarrow [βιβλίο]
 \rightarrow (παραλήπτης) \rightarrow [άνθρωπος: Μαρία]]

Σύζευξη

Για να αναπαραστήσουμε μια πρόταση της μορφής

$$p \wedge q$$

παραθέτουμε μέσα στο ίδιο πλαίσιο συμφραζομένων τους (χωριστούς, μη-συνδεδεμένους) εννοιολογικούς γράφους για τις προτάσεις p και q , δηλαδή

[πρόταση: $G_p \ G_q$] ή [κατάσταση: $G_p \ G_q$]

Ή παραλείποντας την έννοια συμφραζομένου

[$G_p \ G_q$]

Προφανώς η αναπαράσταση 3 ή περισσότερων συζευκτέων γίνεται με ανάλογο τρόπο.

Παράδειγμα σύζευξης

- Ο Γιάννης τρώει ένα μήλο και η Μαρία πίνει καφέ

[τρώω] → (δράστης) → [άνθρωπος: Γιάννης]
 → (αντικείμενο) → [μήλο]
 [πίνω] → (δράστης) → [άνθρωπος: Μαρία]
 → (αντικείμενο) → [καφές]]

Διάζευξη

- Επειδή ισχύει η ισοδυναμία $(p \vee q) \equiv \neg(\neg p \wedge \neg q)$
- Κάθε ένας από τους γράφους G_p, G_q τοποθετείται μέσα σε μια έννοια συμφραζομένων της οποίας προηγείται η άρνηση

$$\neg[G_p] \neg[G_q]$$

- Τα παραπάνω περιέχονται σε μια τρίτη έννοια συμφραζομένων της οποίας επίσης προηγείται η άρνηση:

$$\neg[\quad \neg[G_p] \neg[G_q] \quad]$$

Παράδειγμα διάζευξης

- Ο Γιάννης τρώει ένα μήλο ή ένα πορτοκάλι

$\neg [\neg [\text{[τρώω]} \rightarrow (\text{δράστης}) \rightarrow [\text{άνθρωπος: Γιάννης}]$
 $\rightarrow (\text{αντικείμενο}) \rightarrow [\text{μήλο}]]$
 $\neg [\text{[τρώω]} \rightarrow (\text{δράστης}) \rightarrow [\text{άνθρωπος: Γιάννης}]$
 $\rightarrow (\text{αντικείμενο}) \rightarrow [\text{πορτοκάλι}]]]$

Συνεπαγωγή

- Επειδή ισχύει η ισοδυναμία $(p \rightarrow q) \equiv (\neg p \vee q) \equiv \neg(p \wedge \neg q)$

Η ισοδύναμη αναπαράσταση με εννοιολογικό γράφο είναι

$$\neg [\quad Gp \quad \neg[Gq] \quad]$$

Αλλά για πιο ευανάγνωστη αναπαράσταση, αν ορίσουμε τύπους εννοιών για **If** και **Then**, μπορούμε να τους χρησιμοποιούμε για να γράφουμε:

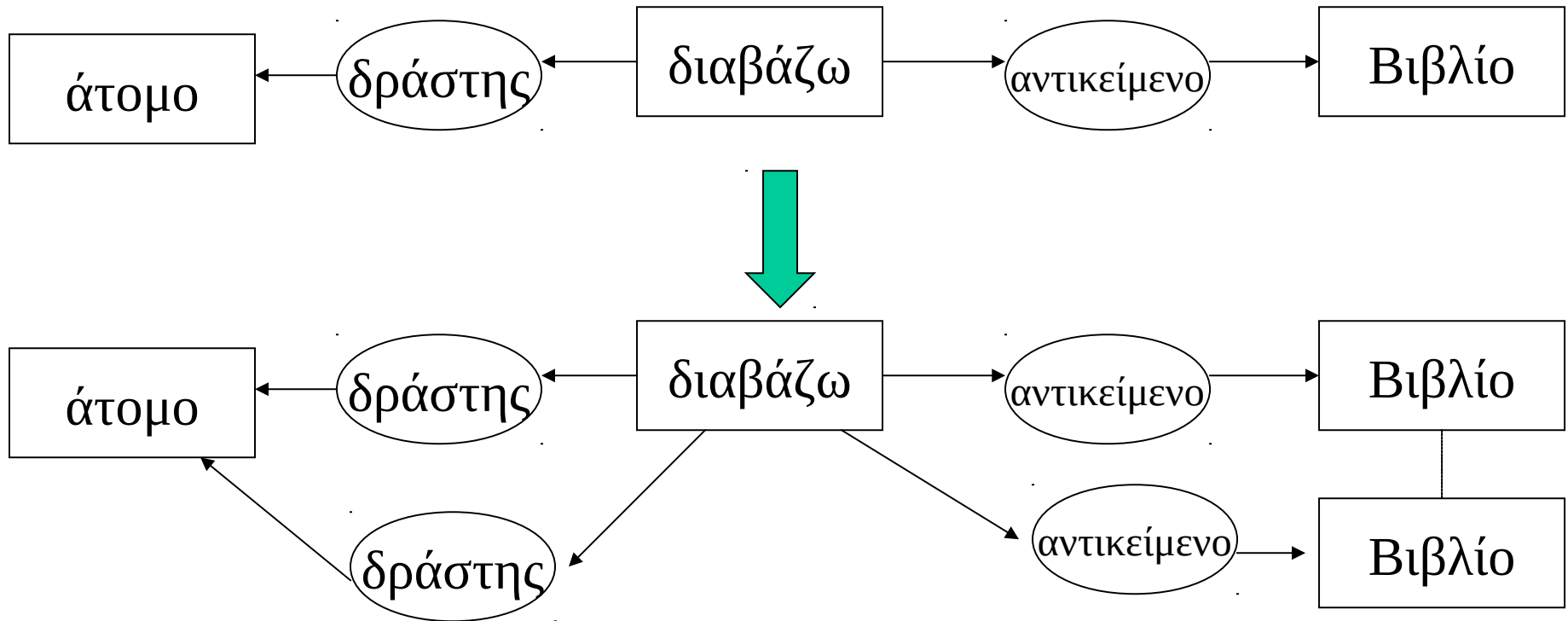
$$[If: Gp [Then: Gq]]$$

Ορθά διαμορφωμένοι εννοιολογικοί γράφοι

- Χρειαζόμαστε **κανόνες** που να προσδιορίζουν πότε ένας εννοιολογικός γράφος είναι ορθά δομημένος.
- Αν οι μηχανισμοί εξαγωγής συμπεράσματος εφαρμόζονται σε εννοιολογικούς γράφους που είναι εξασφαλισμένο ότι είναι ορθά διαμορφωμένοι, τότε διασφαλίζεται και η ορθότητα του εξαγόμενου συμπεράσματος.
- Οι κανόνες ορθής διαμόρφωσης για εννοιολογικούς γράφους ουσιαστικά παρέχουν ένα είδος γραμματικής:
 - Κανόνες εξειδίκευσης: περιορισμός και συνένωση
 - Κανόνες γενίκευσης: επέκταση και διαχωρισμός
 - Κανόνες ισοδυναμίας: αντιγραφή και απλοποίηση

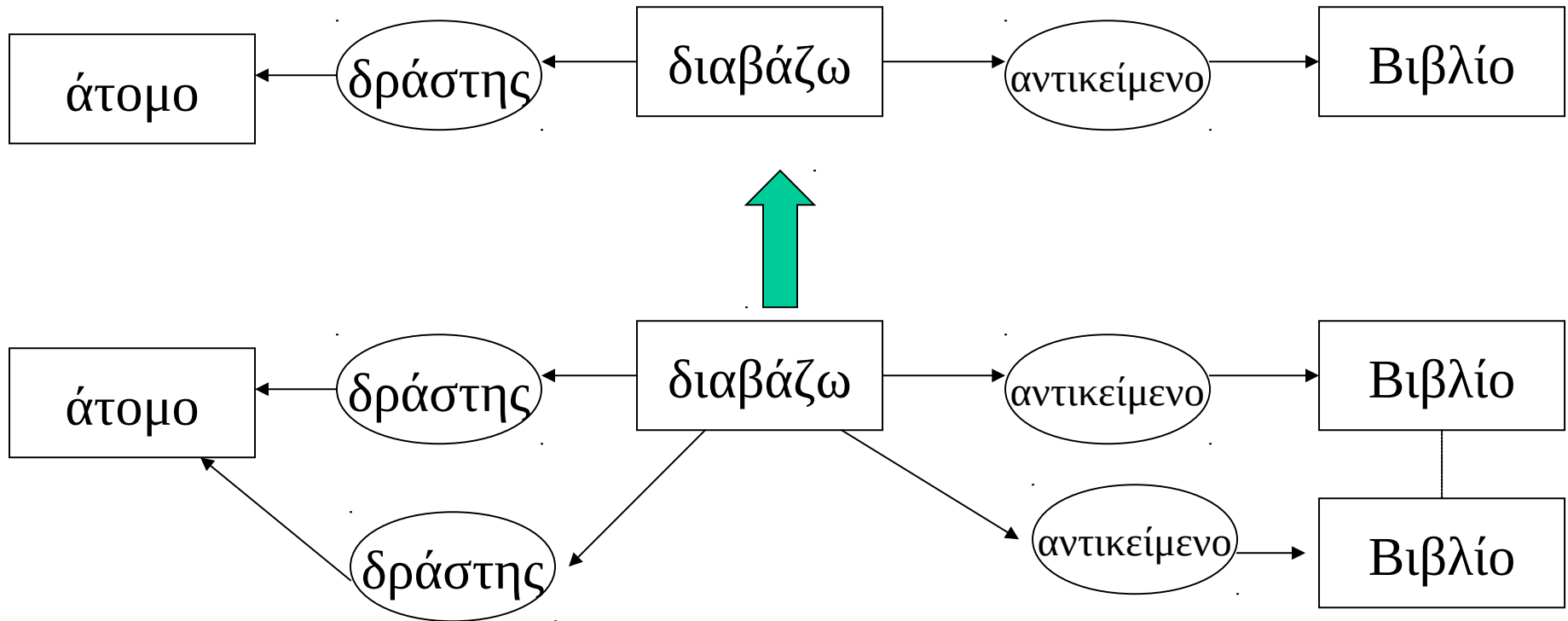
Αντιγραφή

- Ο κανόνας αντιγραφής επιτρέπει την επανάληψη κάποιου κόμβου ή και ολόκληρου τμήματος ενός γράφου (η διακεκομμένη γραμμή δηλώνει συναναφορά).



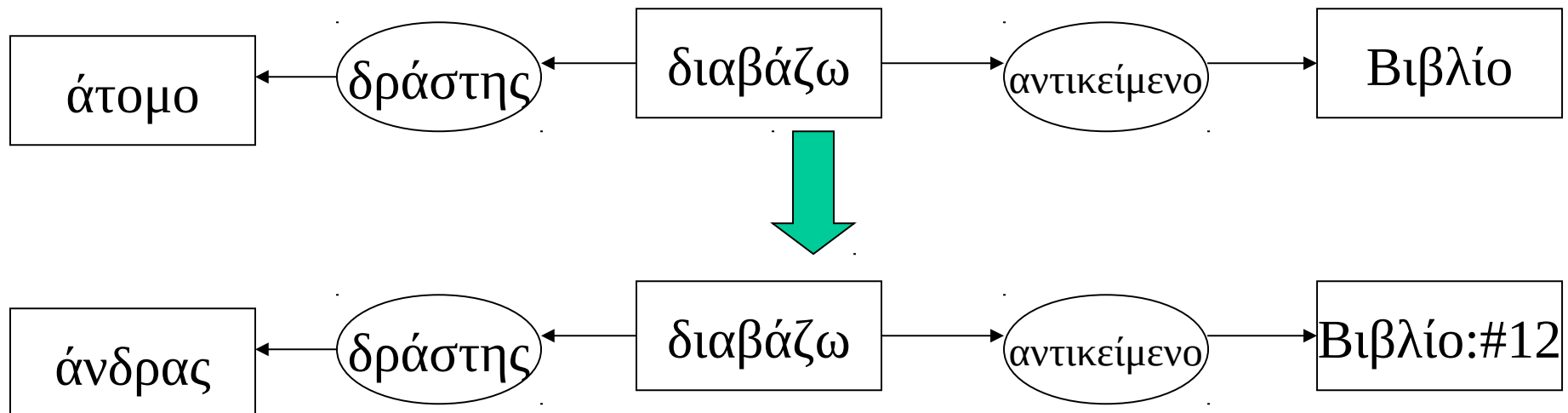
Απλοποίηση

- Ο κανόνας απλοποίησης είναι ο αντίστροφος της αντιγραφής: αν δύο έννοιες του γράφου συνδέονται με όμοιες σχέσεις, τότε μπορεί να διαγραφεί μια από τις δύο μαζί με τα τόξα που της ανήκουν.



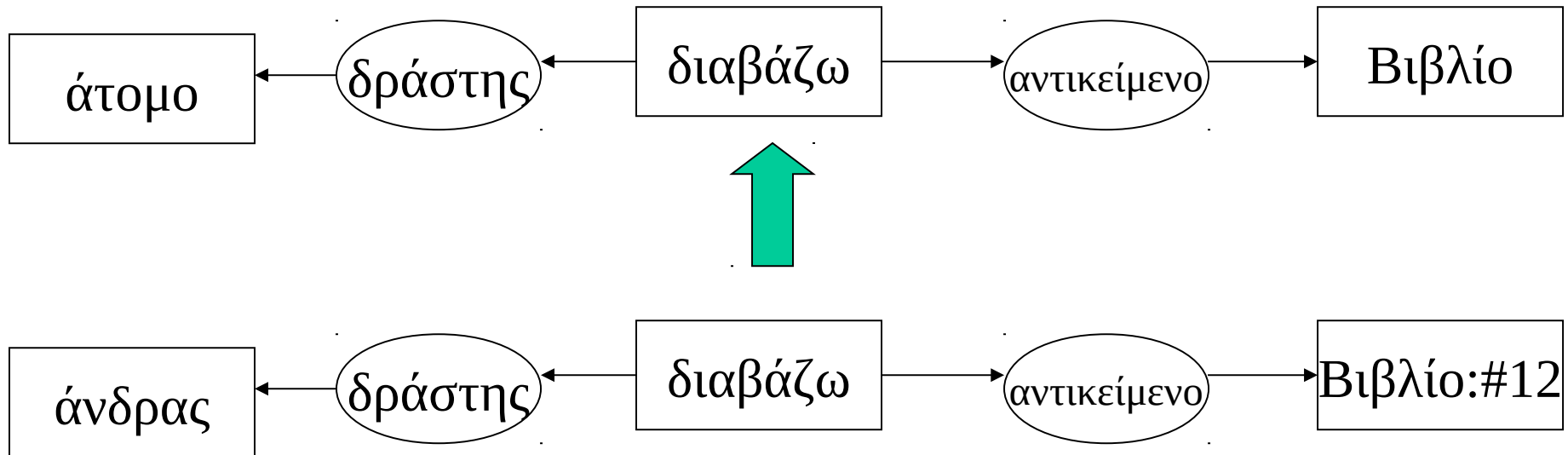
Περιορισμός

- **Περιορισμός μέσω του τύπου της έννοιας:** κάθε έννοια E σε ένα γράφο μπορεί να αντικατασταθεί με μια έννοια E' που να είναι υποτύπος της στην ιεραρχία των εννοιών ($E' \leq E$). Αν η E κάνει αναφορά σε συγκεκριμένη οντότητα τότε μπορεί να εφαρμοστεί ο κανόνας του περιορισμού μόνο εφόσον η συγκεκριμένη οντότητα ανήκει και την έννοια E' .
- **Περιορισμός μέσω της αναφοράς:** αν μια έννοια δεν αναφέρεται σε συγκεκριμένη οντότητα, τότε μπορεί να χρησιμοποιήσουμε τεχνητή σταθερά.



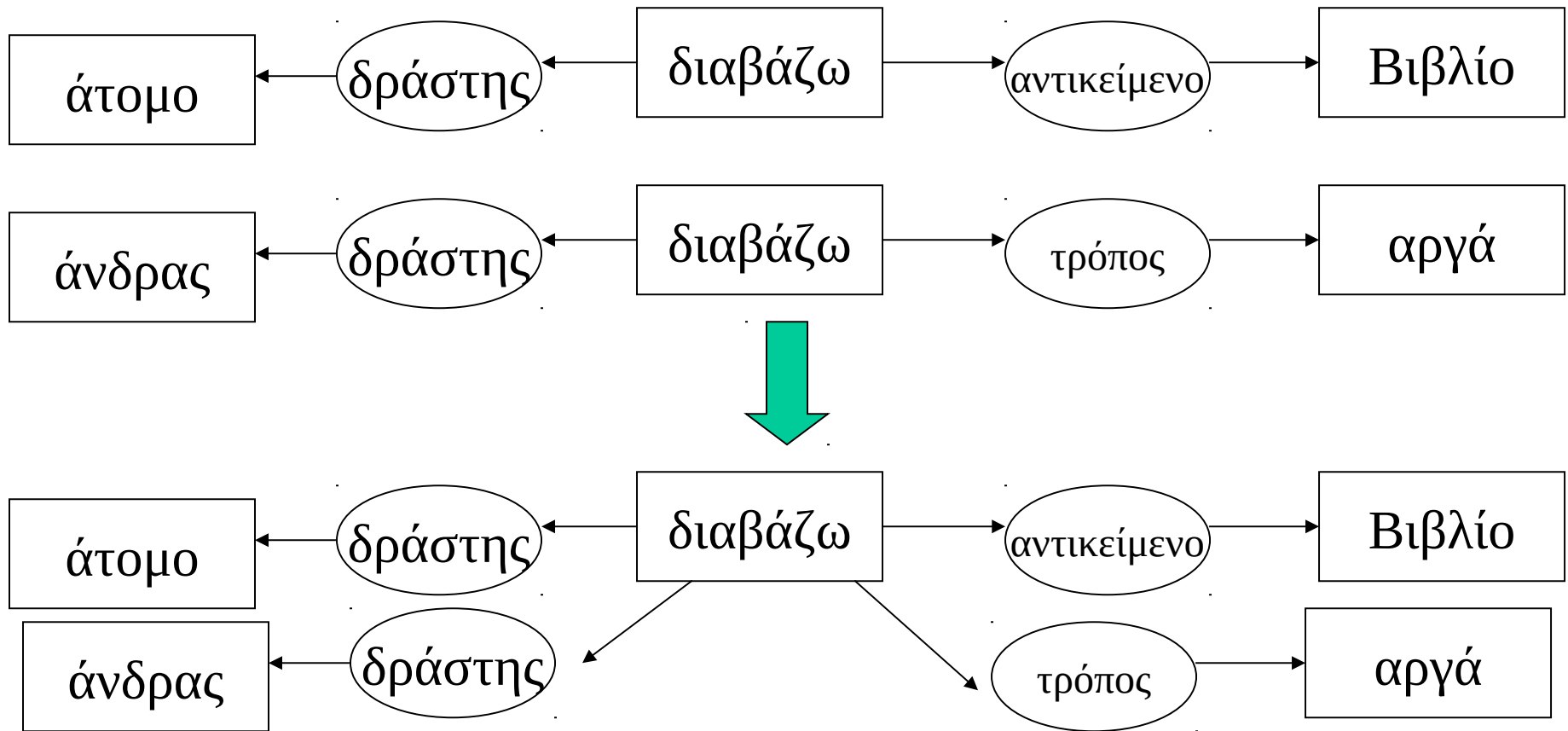
Επέκταση

- Ο αντίστροφος του κανόνα περιορισμού: μια έννοια μπορεί να αντικατασταθεί από υπερ-τύπο της, ή αναφορά σε συγκεκριμένη οντότητα μπορεί να αντικατασταθεί από έννοια.



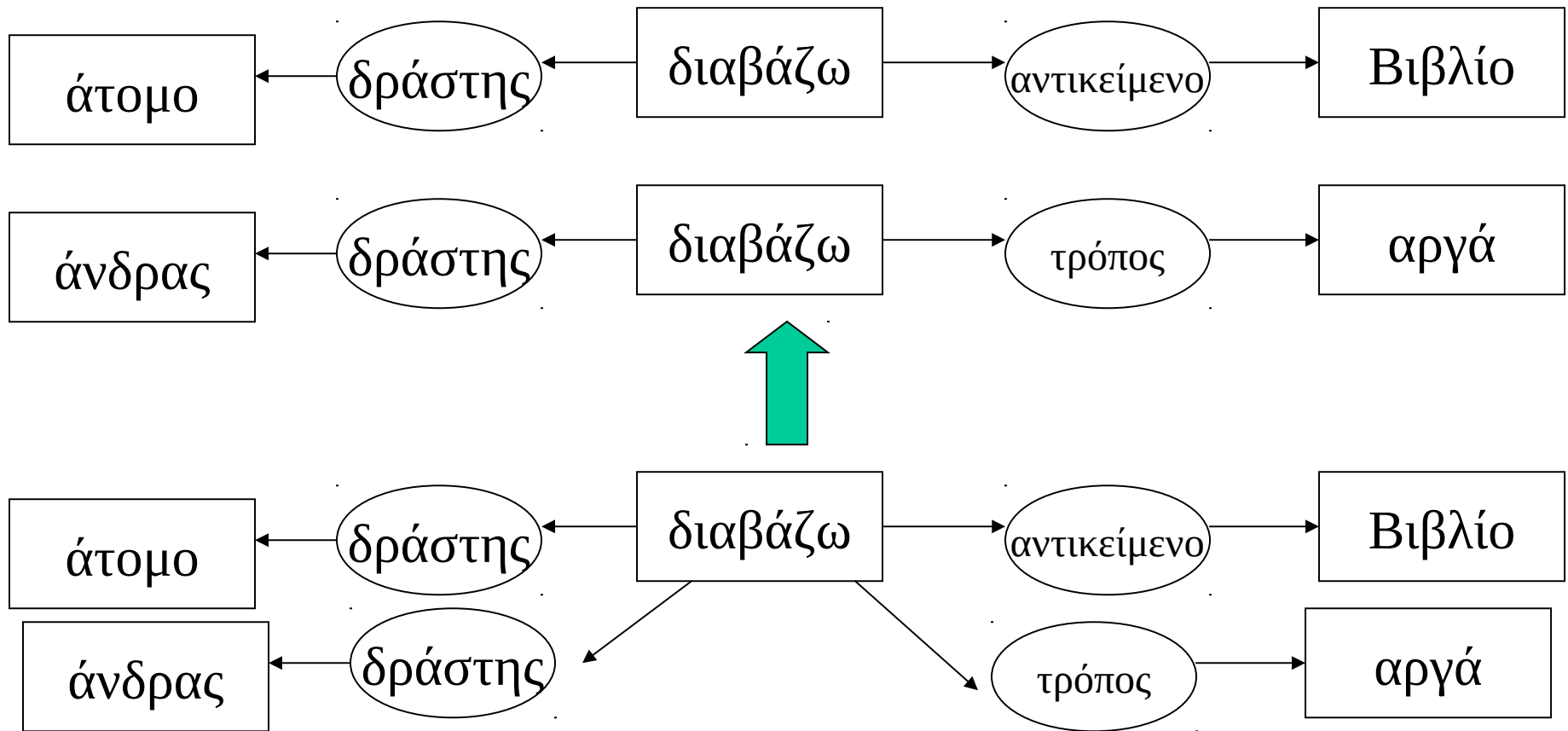
Συνένωση

- Αν μια έννοια E σε ένα γράφο G είναι όμοια με μια άλλη έννοια E' σε ένα γράφο G' τότε μπορεί να προκύψει νέος γράφος με βάση τον G , συνενώνοντας στην έννοια E όλα τα τόξα του γράφου G' που ήταν προσκολλημένα στην E' .



Διαχωρισμός

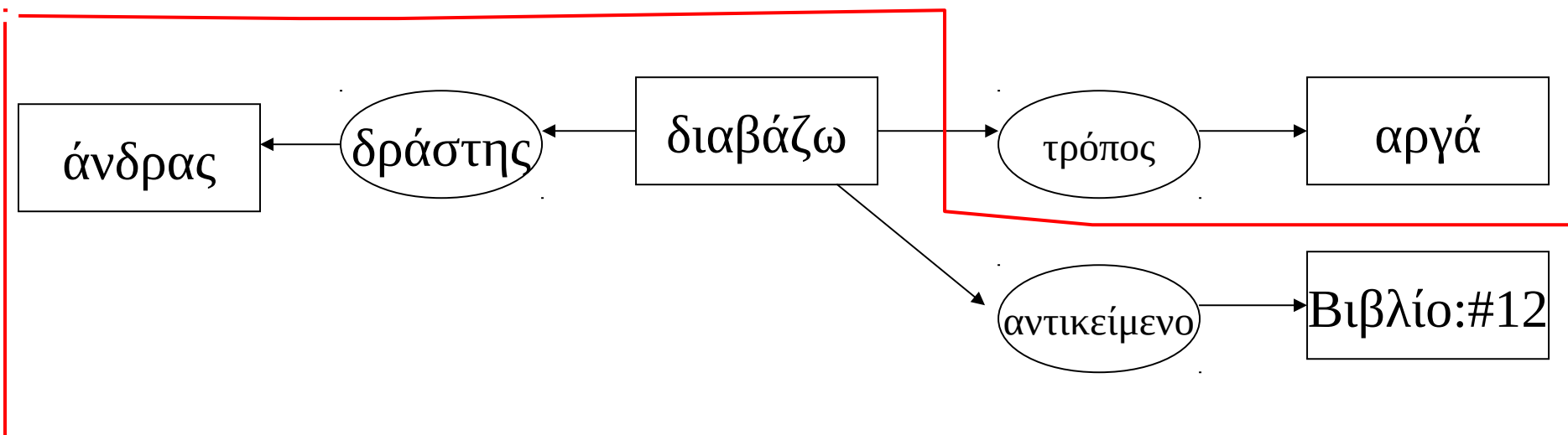
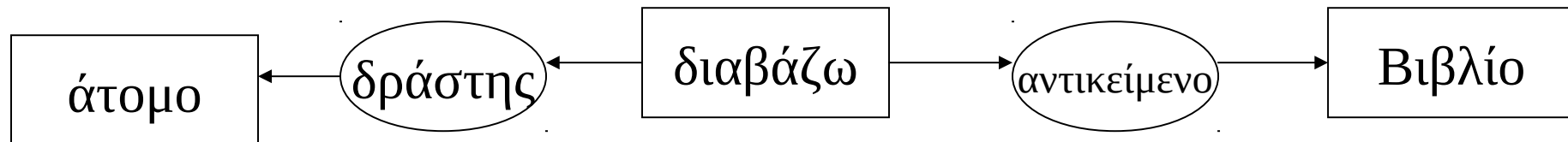
- Ο αντίστροφος κανόνας της συνένωσης. Όταν από ένα γράφο προκύπτουν με διαχωρισμό δύο άλλοι, τότε ο αρχικός λογικά συνεπάγεται καθέναν από τους δύο γράφους.



Προβολή γράφων

- Αν ένας γράφος U είναι εξειδίκευση ενός γράφου V , τότε ο U περιέχει έναν υπο-γράφο U' που αντιστοιχεί στον V . Ο U' λέγεται **προβολή του V στον U** και συμβολίζεται πV .
- Οι έννοιες και οι σχέσεις που αποτελούν την προβολή είναι **εξειδικεύσεις** των εννοιών και των σχέσεων του γράφου που προβάλλεται, σύμφωνα με κάποιες ιεραρχίες εννοιών και σχέσεων.

Παράδειγμα προβολής



- Η προβολή μας επιτρέπει να μιλάμε για **ενοποίηση** μεταξύ εννοιολογικών γράφων.

Θετικά και αρνητικά πλαίσια συμφραζομένων

- Ένα πλαίσιο συμφραζομένων είναι θετικό όταν βρίσκεται φωλιασμένο σε 0 ή ζυγό αριθμό αρνήσεων.
- Ένα πλαίσιο συμφραζομένων είναι αρνητικό όταν βρίσκεται φωλιασμένο σε μονό αριθμό αρνήσεων.
- Οι κανόνες ισοδυναμίας παραμένουν ως έχουν σε οποιουδήποτε προσήμου πλαίσιο συμφραζομένων.
- Οι κανόνες εξειδίκευσης σε αρνητικό πλαίσιο μετατρέπονται σε κανόνες γενίκευσης, ενώ σε θετικό πλαίσιο παραμένουν κανόνες εξειδίκευσης.
- Οι κανόνες γενίκευσης σε αρνητικό πλαίσιο μετατρέπονται σε κανόνες εξειδίκευσης ενώ σε θετικό πλαίσιο παραμένουν κανόνες γενίκευσης.
- Η διπλή άρνηση (δύο διαδοχικά αρνητικά πλαίσια συμφραζομένων) είναι κανόνας ισοδυναμίας, δηλαδή μπορεί να προστεθεί ή να αφαιρεθεί από οποιοδήποτε γράφο ή τμήμα γράφου.

Κανόνες εξαγωγής συμπεράσματος

- **Διαγραφή:** σε **θετικό** πλαίσιο συμφραζομένων, οποιοσδήποτε γράφος (ή τμήμα γράφου) U μπορεί να αντικατασταθεί με **γενίκευση** του U . Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η αντικατάσταση του U από τον κενό γράφο (δηλαδή η διαγραφή του U).
- **Εισαγωγή:** σε **αρνητικό** πλαίσιο συμφραζομένων, οποιοσδήποτε γράφος (ή τμήμα γράφου) U μπορεί να αντικατασταθεί με **εξειδίκευση** του U . Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η εισαγωγή οποιουδήποτε γράφου στο πλαίσιο, καθώς όλοι οι γράφοι είναι εξειδίκευση του κενού.
- **Επανάληψη:** Αν ένας γράφος (ή τμήμα) U βρίσκεται σε πλαίσιο συμφραζομένων C , τότε **αντίγραφο** του U μπορεί να εισαχθεί στο C ή σε οποιοδήποτε φωλιασμένο μέσα στο C πλαίσιο συμφραζομένων.
- **Απαλοιφή επανάληψης:** οποιοσδήποτε γράφος U (ή τμήμα) θεωρείται ότι προέρχεται από την εφαρμογή του κανόνα επανάληψης μπορεί να διαγραφεί.
- **Ισοδυναμία:** οποιοσδήποτε κανόνας ισοδυναμίας (αντιγραφή, απλοποίηση, διπλή άρνηση) εφαρμόζεται σε οποιοδήποτε γράφο (ή τμήμα) U , σε οποιοδήποτε πλαίσιο συμφραζομένων.

Παράδειγμα συλλογιστικής (1)

Κάποιος είναι Έλληνας πολίτης αν και μόνο αν ισχύει οποιαδήποτε από τις παρακάτω συνθήκες:

1. Γεννήθηκε στην Ελλάδα
2. Ένας από τους γονείς του είναι έλληνας πολίτης
3. Έχει πολιτογραφηθεί ως έλληνας.

Κωδικοποίηση των ισοδύναμων προτάσεων:

1. Αν κάποιος γεννήθηκε στην Ελλάδα τότε είναι έλληνας πολίτης
2. Αν κάποιος είναι παιδί έλληνα πολίτη τότε είναι έλληνας πολίτης
3. Αν κάποιος έχει πολιτογραφηθεί έλληνας τότε είναι έλληνας πολίτης
4. Αν κάποιος είναι έλληνας πολίτης τότε είτε γεννήθηκε στην Ελλάδα, είτε είναι παιδί έλληνα πολίτη είτε έχει πολιτογραφηθεί ως έλληνας.

Παράδειγμα συλλογιστικής (2)

1. Αν κάποιος γεννήθηκε στην Ελλάδα τότε είναι έλληνας πολίτης

$\neg [Gp \neg[Gq]]$

$\neg [[person:*X] \leftarrow(object) \leftarrow[born] \rightarrow(place) \rightarrow[country:greece]$

$\neg [[citizen: ?X] \leftarrow(member) \leftarrow[country: greece]]]$

Παράδειγμα συλλογιστικής (3)

2. Αν κάποιος είναι παιδί έλληνα πολίτη τότε είναι έλληνας πολίτης

- ⌊ [person:*X] ← (child) ←[citizen] ←(member)←[country:greece]
- ⌊ [citizen:?X]←(member)←[country:greece]]]

Παράδειγμα συλλογιστικής (4)

3. Αν κάποιος έχει πολιτογραφηθεί έλληνας τότε είναι έλληνας πολίτης

- ⊢ [[person: *X]
←(recipient)←[citizenship]→(place)→[country:greece]
⊢ [[citizen:?X] ←(member) ←[country:greece]]]

Παράδειγμα συλλογιστικής (5)

4. **Αν κάποιος είναι έλληνας πολίτης τότε είτε γεννήθηκε στην Ελλάδα, είτε είναι παιδί έλληνα πολίτη είτε έχει πολιτογραφηθεί ως έλληνας.**

- ⊢ [[citizen:*X] ← (member) ← [country:greece]
- ⊢ [[person:?X] ← (object) ← [born] → (place) → [country:greece]]
- ⊢ [[person:?X] ← (child) ← [citizen] ← (member) ← [country:greece]]
- ⊢ [[person:?X] ← (recipient) ← [citizenship] → (place) → [country:greece]]]

Παράδειγμα συλλογιστικής (6)

5. Ο John έχει πολιτογραφηθεί έλληνας

$[person:John] \leftarrow (recipient) \leftarrow [citizenship] \rightarrow (place) \rightarrow [country:greece]$

Σύνολο γράφων

1. $\neg [[\text{person}:*X] \leftarrow (\text{object}) \leftarrow [\text{born}] \rightarrow (\text{place}) \rightarrow [\text{country:greece}]$
 $\neg [[\text{citizen}: ?X] \leftarrow (\text{member}) \leftarrow [\text{country:greece}]]$
2. $\neg [[\text{person}:*X] \leftarrow (\text{child}) \leftarrow [\text{citizen}] \leftarrow (\text{member}) \leftarrow [\text{country:greece}]$
 $\neg [[\text{citizen}:?X] \leftarrow (\text{member}) \leftarrow [\text{country:greece}]]]$
3. $\neg [[\text{person}: X] \leftarrow (\text{recipient}) \leftarrow [\text{citizenship}] \rightarrow (\text{place}) \rightarrow [\text{country:greece}]$
 $\neg [[\text{citizen}:?X] \leftarrow (\text{member}) \leftarrow [\text{country:greece}]]]$
4. $\neg [[\text{citizen}:*X] \leftarrow (\text{member}) \leftarrow [\text{country:greece}]$
 $\neg [[\text{person}:?X] \leftarrow (\text{object}) \leftarrow [\text{born}] \rightarrow (\text{place}) \rightarrow [\text{country:greece}]]$
 $\neg [[\text{person}:?X] \leftarrow (\text{child}) \leftarrow [\text{citizen}] \leftarrow (\text{member}) \leftarrow [\text{country:greece}]]$
 $\neg [[\text{person}:?X] \leftarrow (\text{recipient}) \leftarrow [\text{citizenship}] \rightarrow (\text{place}) \rightarrow [\text{country:greece}]]]$
5. $[\text{person:John}] \leftarrow (\text{recipient}) \leftarrow [\text{citizenship}] \rightarrow (\text{place}) \rightarrow [\text{country:greece}]$

Εφαρμογή κανόνα επανάληψης

- Ένα αντίγραφο του 5 μπορεί να εισαχθεί στο εξωτερικό αρνητικό πλαίσιο του 3:

3. \neg [[person:
*X] \leftarrow (recipient) \leftarrow [citizenship] \rightarrow (place) \rightarrow [country:greece]
 \neg [[citizen:?X] \leftarrow (member) \leftarrow [country:greece]]]

Προκύπτει ο γράφος 6:

\neg [[person:John] \leftarrow (recipient) \leftarrow [citizenship] \rightarrow (place) \rightarrow [country:greece]
[person: *X] \leftarrow (recipient) \leftarrow [citizenship] \rightarrow (place) \rightarrow [country:greece]
 \neg [[citizen:?X] \leftarrow (member) \leftarrow [country:greece]]]

Εφαρμογή συνένωσης

6. $\neg[[\text{person:John}] \leftarrow (\text{recipient}) \leftarrow [\text{citizenship}] \rightarrow (\text{place}) \rightarrow [\text{country:greece}]$
 $[\text{person: *X}] \leftarrow (\text{recipient}) \leftarrow [\text{citizenship}] \rightarrow (\text{place}) \rightarrow [\text{country:greece}]$
 $\neg[[\text{citizen:?X}] \leftarrow (\text{member}) \leftarrow [\text{country:greece}]]]$

Στον γράφο 6, οι δύο πρώτοι γράφοι συνενώνονται με βάση την έννοια [citizenship] και με βάση την εξειδίκευση και μετά συνένωση του [person: John] με [person:*X].

Προκύπτει ο γράφος 7:

$\neg[[\text{person:John}] \leftarrow (\text{recipient}) \leftarrow [\text{citizenship}] \rightarrow (\text{place}) \rightarrow [\text{country:greece}]$
 $\neg[[\text{citizen:?X}] \leftarrow (\text{member}) \leftarrow [\text{country:greece}]]]$

Εφαρμογή απαλοιφής επανάληψης

7. $\neg[[\text{person:John}] \leftarrow (\text{recipient}) \leftarrow [\text{citizenship}] \rightarrow (\text{place}) \rightarrow [\text{country:greece}]$
 $\neg[[\text{citizen:John}] \leftarrow (\text{member}) \leftarrow [\text{country:greece}]]]$

Στον 7 ο πρώτος γράφος είναι αντίγραφο του 5 και μπορεί να απαλειφθεί, οπότε προκύπτει ο 8:

$\neg[\neg [[\text{citizen:John}] \leftarrow (\text{member}) \leftarrow [\text{country:greece}]]]$

Εφαρμογή διπλής άρνησης

8. $\neg[\neg [[\text{citizen:John}] \leftarrow (\text{member}) \leftarrow [\text{country:greece}]]]$

Απαλοίφεται η διπλή άρνηση στα δύο διαδοχικά πλαίσια συμφραζομένων και προκύπτει ο 9:

$[\text{citizen:John}] \leftarrow (\text{member}) \leftarrow [\text{country:greece}]$

Ο 9 αντιπροσωπεύει το συμπέρασμα...?