

---

---

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

---

---

## Δομημένες Αναπαραστάσεις Γνώσης

Η κλασική λογική, αν και χαρακτηρίζεται από αυστηρότητα στην αναπαράσταση της γνώσης που απαιτείται για την επίλυση ενός προβλήματος, από μόνη της δεν αρκεί, καθώς στην πράξη απαιτείται μια λιγότερο αυστηρή και περισσότερο διαισθητική προσέγγιση στην αναπαράσταση γνώσης. Επιπλέον, είναι επιθυμητή η μείωση του όγκου της γνώσης για ένα πρόβλημα, δηλαδή του αριθμού των συμβόλων και εκφράσεων που το περιγράφουν. Κάτι τέτοιο απαιτεί σύνθετες δομές που η κλασική λογική δεν παρέχει. Για παράδειγμα, δεν είναι δυνατό να αναπαραστήσει κλάσεις αντικειμένων. Προβλήματα όπως τα παραπάνω, οδήγησαν στην ανάπτυξη των λεγόμενων *δομημένων αναπαραστάσεων γνώσης*, οι κυριότερες από τις οποίες παρουσιάζονται στο παρόν κεφάλαιο.

### 10.1 Σημασιολογικά Δίκτυα

Ένα *σημασιολογικό δίκτυο* (*semantic net*) αποτελείται από *κόμβους* (*nodes*) και *δεσμούς* (*links*) ανάμεσά τους. Οι κόμβοι υποδηλώνουν *κλάσεις αντικειμένων* (*classes*), *αντικείμενα* (*objects*), *έννοιες* (*concepts*) και *τιμές ιδιοτήτων* (*values*), ενώ οι δεσμοί τις *σχέσεις* (*relations*) μεταξύ αυτών των αντικειμένων ή ιδιότητες που συνδέουν αντικείμενα με τιμές.

Η υλοποίηση ενός σημασιολογικού δικτύου στον υπολογιστή γίνεται είτε με μία γλώσσα προγραμματισμού που επιτρέπει αναπαράσταση συνόλων, ή με ειδικές σχεσιακές γλώσσες, όπως για παράδειγμα τη λογική, με τις οποίες μπορεί εύκολα να περιγραφεί οποιοδήποτε σημασιολογικό δίκτυο. Το Σχήμα 10.1 απεικονίζει ένα παράδειγμα σημασιολογικού δικτύου καθώς και το πραγματικό αντικείμενο που αναπαριστά.

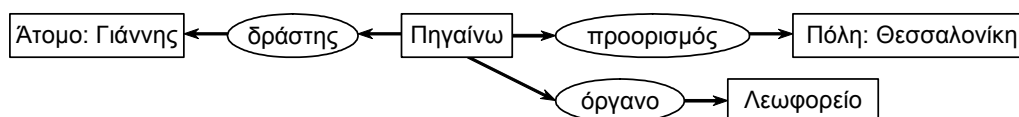
## 10.6 Εννοιολογικοί Γράφοι

Οι *εννοιολογικοί γράφοι* (*conceptual graphs*) προτάθηκαν το 1976 από τον John Sowa και αποτελούν μία γλώσσα αναπαράστασης γνώσης με ρίζες στη μοντέρνα γλωσσολογία, την ψυχολογία (με αναφορές κυρίως στους Charles Sander Pierce και Immanuel Kant) και τη φιλοσοφία (με αναφορές κυρίως στους Otto Selz και Frederick Bartlett). Επιπρόσθετα, ο φορμαλισμός αυτός συνοδεύεται από κατάλληλες δομές δεδομένων και τεχνικές για το χειρισμό τους.

Σύμφωνα με τον Sowa, *αντίληψη* (*perception*) είναι η διαδικασία κατασκευής στον εγκέφαλο ενός ενεργού μοντέλου που αναπαριστά και ερμηνεύει τα αισθητήρια ερεθίσματα. Το μοντέλο αυτό έχει δύο μέρη: το *αισθητήριο τμήμα* (*sensory part*) που περιλαμβάνει τα στοιχεία της αντίληψης (*percepts*) που αντιστοιχούν σε κάποιο αισθητήριο ερέθισμα και ένα *αφηρημένο τμήμα* (*abstract part*) που ονομάζεται *εννοιολογικός γράφος* (*conceptual graph*) και το οποίο περιγράφει πώς τα επιμέρους στοιχεία αντίληψης συνδυάζονται για να σχηματίσουν την αντίληψη, στην ευρύτερη μορφή της.

### 10.6.1 Δομικά Στοιχεία και Βασικές Έννοιες

Ένας εννοιολογικός γράφος είναι ένας πεπερασμένος γράφος που αποτελείται από διασυνδεμένους κόμβους *εννοιών* (*concepts*) και *σχέσεων* (*relations*), που εναλλάσσονται (*bipartite graph*). Στο Σχήμα 10.8 απεικονίζεται σε γραφική μορφή ο εννοιολογικός γράφος που αντιστοιχεί στη φράση "Ο Γιάννης πηγαίνει στη Θεσσαλονίκη με το λεωφορείο". Στο γραφικό τρόπο απεικόνισης οι έννοιες απεικονίζονται με ορθογώνια, ενώ οι σχέσεις με ελλείψεις. Τα τόξα που συνδέουν τους κόμβους του γράφου έχουν κατεύθυνση, και λέμε ότι *ανήκουν* στις σχέσεις και είναι *προσκολλημένα* στις έννοιες.



Σχήμα 10.8: Παράδειγμα εννοιολογικού γράφου.

Υπάρχουν δύο ειδικές περιπτώσεις εννοιολογικών γράφων που δεν ακολουθούν τον παραπάνω ορισμό:

- ο *κενός* (*blank*) εννοιολογικός γράφος, που δεν περιέχει έννοιες, σχέσεις και τόξα και πρακτικά δεν εκφράζει κάτι αλλά είναι πάντα αληθής, και
- ο *μοναδιαίος* (*singleton*) εννοιολογικός γράφος που αποτελείται από μία και μοναδική έννοια, όπως για παράδειγμα ο μοναδιαίος γράφος [Αυτοκίνητο] που δηλώνει ότι υπάρχει κάποιο αυτοκίνητο.

Μία εναλλακτική αναπαράσταση είναι η *γραμμική* (*linear representation*) που, αν και γενικά καταλαμβάνει λιγότερο χώρο, είναι λιγότερο εποπτική, ειδικά για πολύπλοκους γράφους. Στη γραμμική αναπαράσταση τα ορθογώνια αντικαθίστανται με ορθογώνιες παρενθέσεις και οι ελλείψεις με απλές παρενθέσεις, ενώ τα στοιχεία των γράφων διατάσσονται σε γραμμές ή δένδρα. Στη δεύτερη περίπτωση κάποια έννοια ή

τους, δηλαδή κανένα από τα παρακάτω δεν μπορεί να ισχύει:  $r < s$ ,  $s < r$ ,  $r = s$ . Ο Πίνακας 10.5 περιέχει τις υπογραφές ορισμένων σχέσεων που χρησιμοποιούνται πολύ συχνά στην αγγλική βιβλιογραφία, μαζί με παράδειγμα χρήσης τους.

Μία εννοιολογική σχέση μπορεί να είναι *αρχέγονη* (*primitive*) ή *ορισμένη* (*defined*). Ο ορισμός νέων σχέσεων γίνεται (όπως και με τους τύπους εννοιών) με τη χρήση *εκφράσεων-λ* (*lambda expressions*) δηλαδή εννοιολογικών γράφων στους οποίους κάποιες έννοιες ορίζονται ως παράμετροι. Για παράδειγμα, η σχέση *πηγαίνω\_σε* μπορεί να οριστεί με την παρακάτω έκφραση-λ:

relation πηγαίνω\_σε (\*λ<sub>1</sub>, \*λ<sub>2</sub>) is  
 [Ατομο: ?λ<sub>1</sub>] ← (δράστης) ← [Πηγαίνω] → (προορισμός) → [Πόλη: ?λ<sub>2</sub>]

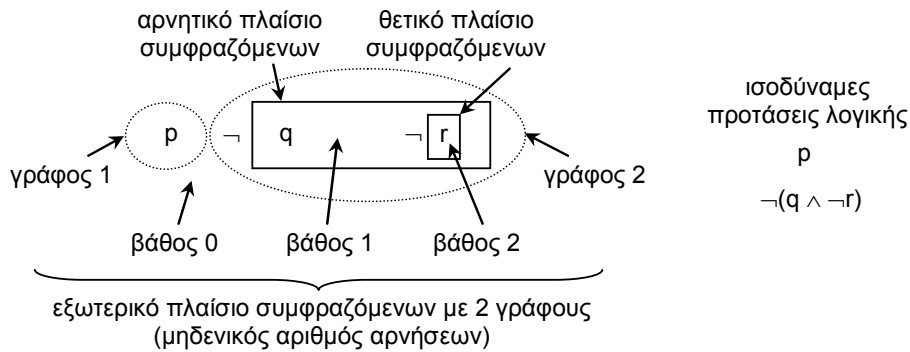
όπου οι μεταβλητές λ<sub>1</sub> και λ<sub>2</sub> υλοποιούν την παραμετροποίηση, ενώ η υπογραφή της σχέσης είναι <Εμφυχο, Τοποθεσία>. Μια ορισμένη σχέση όπως αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως:

[Ατομο: Φώτης] → (πηγαίνω\_σε) → [Πόλη: Φάραλα]

Πίνακας 10.5: Ορισμένες συχνά χρησιμοποιούμενες εννοιολογικές σχέσεις.

Σχέση	Υπογραφή	Παράδειγμα Χρήσης
agent δράστης	agnt(Act, Animate)	[Person:Sue] ← (agnt) ← [Go] → (dest) → [City:Rome]
destination προορισμός	dest(SpatialProcess, Physical)	
completion ολοκλήρωση	cmpl(TemporalProcess, Physical)	[Process:Cook] - → (Cmpl) → [State:Ready] → (Ptnt) → [Meal]
patient παθών	Ptnt(Process, Physical)	
attribute ιδιότητα	attr(Object, Entity)	[Elephant] → (attr) → [Gray]
characteristic χαρακτηριστικό	Chrc(Entity, Entity)	[Elephant] → (chrc) → [Color:Gray]
theme - θέμα	thme(Situation, Entity)	[Girl:Eleni] ← (agnt) ← [Give] - → (thme) → [Kiss] → (rcpt) → [Person:Fotis] → (manr) → [Tender]
recipient παραλήπτης	rcpt(Act, Animate)	
manner τρόπος	Manr(Process, Entity)	
duration διάρκεια	dur(State, Interval)	[Child] ← (agnt) ← [Sleep] → (dur) → [Interval:@2h]
instrument όργανο	inst(Act, Entity)	[Person] ← (agnt) ← [Shot] → (inst) → [Gun]
result αποτέλεσμα	rslt(Act, Entity)	[Tree] ← (efct) ← [Produce] → (rslt) → [Fruit]
experiencer ο έχων εμπειρία	expr(State, Animate)	[Romeo] ← (expr) ← [Hear] → (thme) → [Music]
location τοποθεσία	loc(Physical, Physical)	[Person:King] ← (agnt) ← [Live] → (loc) → [Palace]
part - τμήμα	part(Object, Object)	[Body] → (Part) → [Leg]
possession κατοχή	poss(Animate, Entity)	[Person:Nick] → (Poss) → [Car]

- Ένα πλαίσιο συμφραζόμενων είναι *αρνητικό* (*negative context*) εάν βρίσκεται φωλιασμένο σε μονό αριθμό αρνήσεων (Σχήμα 10.18).
- Οι κανόνες ισοδυναμίας παραμένουν ως έχουν σε οποιοδήποτε πλαίσιο συμφραζόμενων, θετικό ή αρνητικό.
- Οι κανόνες εξειδίκευσης σε αρνητικό πλαίσιο συμφραζόμενων μετατρέπονται σε κανόνες γενίκευσης, ενώ σε θετικό πλαίσιο συμφραζόμενων παραμένουν κανόνες εξειδίκευσης.
- Οι κανόνες γενίκευσης σε αρνητικό πλαίσιο συμφραζόμενων μετατρέπονται σε κανόνες εξειδίκευσης, ενώ σε θετικό πλαίσιο συμφραζόμενων παραμένουν κανόνες γενίκευσης.
- Η διπλή άρνηση, δηλαδή δύο διαδοχικά αρνητικά πλαίσια συμφραζόμενων μεταξύ των οποίων δεν παρεμβάλλεται κάτι άλλο, αποτελεί κανόνα ισοδυναμίας. Άρα μπορεί να προστεθεί ή να αφαιρεθεί γύρω από οποιοδήποτε γράφο (ή τμήμα γράφου).



Σχήμα 10.18: Θετικά και αρνητικά πλαίσια συμφραζόμενων (τα  $p$ ,  $q$  και  $r$  είναι εννοιολογικοί γράφοι).

Με βάση και τις παραπάνω παραδοχές, οι κανόνες συλλογιστικής του Pierce όπως υιοθετήθηκαν από τον Sowa ώστε να υλοποιούν κατηγορηματικό λογισμό πρώτης τάξης για εννοιολογικούς γράφους είναι:

- *Διαγραφή (erasure)*: Σε ένα θετικό πλαίσιο συμφραζόμενων, οποιοσδήποτε γράφος (ή τμήμα γράφου)  $u$  μπορεί να αντικατασταθεί με μία γενίκευση του  $u$ . Ειδικότερα, ο γράφος  $u$  μπορεί να διαγραφεί καθώς αυτό ισοδυναμεί με αντικατάστασή του με τον κενό γράφο.
- *Εισαγωγή (insertion)*: Σε ένα αρνητικό πλαίσιο συμφραζόμενων, οποιοσδήποτε γράφος (ή τμήμα γράφου)  $u$  μπορεί να αντικατασταθεί με μία εξειδίκευση του  $u$ . Ειδικότερα, μπορεί να εισαχθεί οποιοσδήποτε γράφος  $u$  καθώς αυτός μπορεί να θεωρηθεί εξειδίκευση του κενού γράφου.
- *Επανάληψη (iteration)*: Εάν ένας γράφος (ή τμήμα γράφου)  $u$  βρίσκεται εντός ενός πλαισίου συμφραζόμενων  $C$ , τότε ένα αντίγραφο του  $u$  μπορεί να εισαχθεί εντός του  $C$  ή εντός οποιοδήποτε άλλου πλαισίου συμφραζόμενων βρίσκεται εντός του  $C$ .