

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - Αναπαράσταση Γνώσης

Σύνοψη

Στο χώρο της επίλυσης προβλημάτων, κυρίως του πραγματικού κόσμου, η καταλληλότητα της επιλεγμένης μεθόδου για την αναπαράσταση της γνώσης που υπάρχει σχετικά με ένα πρόβλημα είναι θεμελιώδους σημασίας, όταν αυτό πρόκειται να επιλυθεί μέσω συστημάτων διαχείρισης της γνώσης, όπως είναι, για παράδειγμα, τα έμπειρα συστήματα. Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο αναλύεται η έννοια της γνώσης και παρουσιάζονται οι βασικές λογικές και δομημένες μέθοδοι αναπαράστασης γνώσης, μεταξύ των οποίων συγκαταλέγονται ο κατηγορηματικός λογισμός πρώτης τάξης, τα σημασιολογικά δίκτυα, τα πλαίσια, τα σενάρια και οι κανόνες. Επίσης, ιδιαίτερη αναφορά γίνεται στους εννοιολογικούς χάρτες και στις οντολογίες.

Προαπαιτούμενη γνώση

Δεν υπάρχει προαπαιτούμενη γνώση.

2.1 Γνώση

Η γνώση αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο της ανθρώπινης συμπεριφοράς, της οποίας τα ευφυή στοιχεία προσπαθεί ο άνθρωπος να μεταδώσει σε μια υπολογιστική μηχανή. Στο προηγούμενο [κεφάλαιο 1](#), αναφερθήκαμε πολλές φορές στον όρο ευφυΐα. Θα ήταν, λοιπόν, σκόπιμο να διευκρινίσουμε τι ακριβώς εννοούμε με αυτόν, γιατί, πριν επιχειρήσουμε να μεταδώσουμε ευφυΐα σε μια μηχανή, πρέπει να κατανοήσουμε τη φύση της δικής μας ευφυΐας.

Έχουν δοθεί πολλοί ορισμοί σχετικά με την ευφυΐα, αλλά θεωρείται σκοπιμότερο να περιγραφεί σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά της:

Ευφυΐα (intelligence) είναι η συνεχής διαδικασία της συγκέντρωσης, εξέτασης, ταξινόμησης και διερμηνείας πληροφοριών.

Με τον όρο *πληροφορία* εννοούμε το σύνολο όλων των γεγονότων, των σχημάτων, των δεδομένων και των όρων που έχει κάποιος επινοήσει ή συγκεντρώσει, για να δημιουργήσει μία εσωτερική αναπαράσταση ή μοντέλο για τον κόσμο. Με τον όρο *διερμηνεία*, εννοούμε την επεξεργασία των πληροφοριών αυτών για επίλυση προβλημάτων, λήψη αποφάσεων και άντληση νέων πληροφοριών.

Για να οδηγήσει η πληροφορία σε μια ορθή διερμηνεία της, ο τρόπος με τον οποίο παρουσιάζεται μια πληροφορία πρέπει να καθιστά σαφές το νόημά της· για να το επιτύχει αυτό, συνήθως επιβάλλεται να παρουσιάζεται η πληροφορία τοποθετημένη μέσα στο εννοιολογικό της πλαίσιο. Για παράδειγμα, η παρακάτω αιγυπτιακή ιερογλυφική απεικόνιση έχει διερμηνευτεί από τους αρχαιολόγους, διότι τη συνέδεσαν εννοιολογικά με άλλα σύγχρονα ευρήματά της:



["Egyptian - Heart Scarab with Deceased Adoring Osiris - Walters 4283 - Impression Detail" by Walters Art Museum in the Public Domain](#)

Εικόνα 2.1 [Παράδειγμα πληροφορίας τοποθετημένης σε εννοιολογικό πλαίσιο](#)

Αντίθετα, τα ευρήματα των μονολιθικών ανθρωπόμορφων στηλών *moai* στη Χιλιανή Πολυνησία, που απεικονίζονται στην παρακάτω φωτογραφία, δεν έχουν ακόμα διερμηνευτεί πλήρως, διότι δεν έχει καταστεί δυνατό να τοποθετηθούν σε κάποιο γνωστό εννοιολογικό πλαίσιο.



["Ahu-Akivi-1" by Ian Sewell available under CC BY-SA 3.0](#)

Εικόνα 2.2 [Παράδειγμα πληροφορίας μη τοποθετημένης σε εννοιολογικό πλαίσιο](#)

Πρόβλημα στη διερμηνεία της πληροφορίας μπορεί να δημιουργήσουν τα συμφραζόμενα, δηλαδή πόσες διαφορετικές ερμηνείες μπορεί να έχει αυτή· για παράδειγμα, η αγγλική λέξη ‘glass’ μπορεί να χρησιμοποιηθεί, για να εκφράσει το *ποτήρι*, το *τζάμι*, τα *βιτρό* ή τα *γυαλιά όρασης* ή *ηλίου*.

Σε μια τέτοια περίπτωση, το εννοιολογικό πλαίσιο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί, για να οδηγήσει στη σωστή διερμηνεία, αλλά αυτό δεν είναι σίγουρο ότι θα είναι πάντα διαθέσιμο. Η ευκολότερη αντιμετώπιση της ύπαρξης συμφραζομένων είναι η πληροφορία να συνοδεύεται με περισσότερα στοιχεία που θα καθιστούν σαφές το νόημά της, π.χ. sun glasses.



Εικόνα 2.3 Συμφραζόμενα της έννοιας ‘glass’

Επειδή πληροφορίες που εμπεριέχουν ασάφειες, δηλαδή το νόημά τους είναι διαφορεούμενο, δεν μπορούν να οδηγήσουν σε μια συγκεκριμένη διερμηνεία, δεν μπορεί να ελεγχθεί η εγκυρότητά τους, ώστε να αποτελέσουν γνώση. Κλασικό παράδειγμα είναι ο διαφορεούμενος χρησμός της Πυθίας, όπου ανάλογα με το πού θα μπει το κόμμα κατά την εκφορά του προφορικού λόγου αλλάζει και το νόημα του χρησμού:

“*Ηξεις αφήξεις,
ούκ εν πολέμω θνήξεις*”

“*Ηξεις αφήξεις ούκ,
εν πολέμω θνήξεις*”

Τέλος, σημαντική είναι η αναπαράσταση μιας πληροφορίας για τη διερμηνεία της. Πρωταρχικός στόχος της έρευνας σχετικά με το τι είναι ευφυΐα και του πώς μπορεί να μεταδοθεί σε μια μηχανή είναι η κατανόηση του τρόπου αναπαράστασης των πιστοποιημένων πληροφοριών που κατέχουμε εσωτερικά στη μνήμη μας ως γνώσεις.

Γενικά, **αναπαράσταση** (representation) είναι το σύνολο των συντακτικών και σημασιολογικών παραδοχών που συγκροτούν μια οντολογία η οποία καθιστά δυνατή την περιγραφή ενός κόσμου ή μιας συγκεκριμένης κατηγορίας πραγμάτων με χρήση μιας συγκεκριμένης γλώσσας, η οποία διαθέτει το δικό της συντακτικό και τη δική της σημασιολογία.

Πρέπει, επίσης, να διευκρινιστεί ότι ο όρος *αναπαράσταση* διαφέρει από τον όρο *περιγραφή* με τον οποίο εννοούμε τη χρήση των παραδοχών για την αναπαράσταση ενός συγκεκριμένου στοιχείου μιας κατηγορίας. Η αναπαράσταση αντιστοιχεί στον προσδιορισμό μιας σύνταξης μέσω της οποίας περιγράφεται μια κατηγορία στοιχείων, ενώ η περιγραφή αφορά ένα αποτυπωμένο, μέσω αυτής της σύνταξης, στοιχείο της κατηγορίας σε κάποιο συγκεκριμένο στιγμιότυπο.

Η γνώση διαφέρει ως έννοια και από τα δεδομένα και από την πληροφορία (βλέπε Σχήμα 2.1).

Δεδομένο (data) είναι μία μετρήσιμη ή υπολογίσιμη τιμή μιας ιδιότητας.

Πληροφορία (information) είναι το δεδομένο στο οποίο δίνεται ένα πλαίσιο αναφοράς και μία μορφοποίηση.

Γνώση (knowledge) είναι οι πληροφορίες που έχουν πιστοποιηθεί ως προς την ποιότητά τους.

Σοφία (wisdom) καλείται η γνώση επί της γνώσης, δηλαδή η *μετα-γνώση*, που είναι απαραίτητη για τη σωστή χρήση της γνώσης.



Σχήμα 2.1 Η πυραμίδα της γνώσης

2.1.1 Είδη Γνώσης

Η γνώση που κατέχουμε στη μνήμη μακράς διάρκειας είναι δύο ειδών:

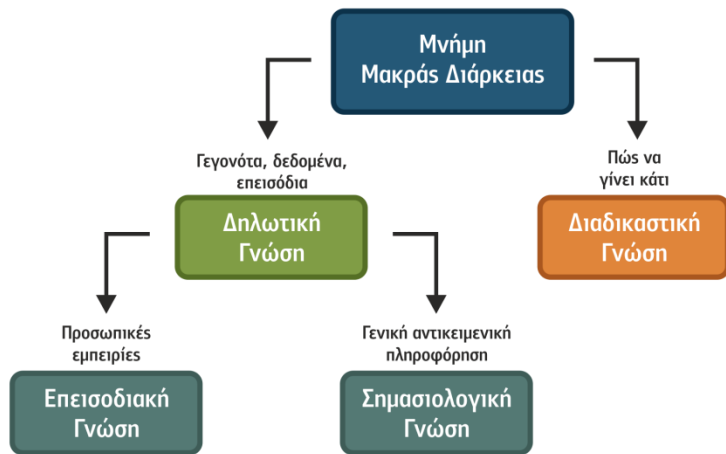
- **δηλωτική γνώση** (declarative knowledge) δηλαδή γνώση που έχουμε για τα αντικείμενα (*objects-data*), τα γεγονότα (*facts*) και τα συμβάντα (*events*),
- **διαδικαστική γνώση** (procedural knowledge) δηλαδή γνώση την οποία έχουμε για τις δεξιότητες που απαιτούνται, για να εκτελέσουμε μια εργασία ή να διεκπεραιώσουμε μια διαδικασία, και η οποία είναι αποτέλεσμα άμεσων αλλά και έμμεσων διαδικασιών μάθησης.

Παραδείγματα διαδικαστικής γνώσης:

- Για να φας σε ένα εστιατόριο, πρέπει να έχεις χρήματα να πληρώσεις.
- Όταν οδηγείς ποδήλατο, πρέπει να κρατάς την ισορροπία σου.
- Ενέργειες που πρέπει να κάνεις, για να συναρμολογήσεις έναν Η/Υ.

Η δηλωτική γνώση μπορεί περαιτέρω να διαχωριστεί σε

- **σημασιολογική γνώση** (semantic knowledge), που αφορά γενική γνώση για τις έννοιες που αντιπροσωπεύουν τα αντικείμενα (οντότητες) ενός κόσμου και τις μεταξύ τους σχέσεις, και
- **επεισοδιακή γνώση** (episodical knowledge), που αφορά προσωπικές εμπειρίες και βιωμένα γεγονότα στο παρελθόν και είναι οργανωμένη χρονικά και χωρικά σε επεισόδια σε σειριακή μορφή και όχι σε έννοιες ή σχέσεις.



Σχήμα 2.2 Ανάλυση των ειδών γνώσης

Παραδείγματα επεισοδιακής γνώσης:

- το όνομα του κατοικίδιου ζώου σας,
- ο γάμος της καλύτερης φίλης σας,
- η τιμωρία που σας επέβαλε ο δάσκαλός σας στην πέμπτη δημοτικού,
- το μέρος όπου ήσασταν όταν μάθατε για την καταστροφή Δίδυμων Πύργων.

Παραδείγματα δηλωτικής σημασιολογικής γνώσης:

- η κατανόηση της διαφοράς μεταξύ ενός σκύλου και μιας γάτας,
- η γνώση ότι η καταστροφή των Δίδυμων Πύργων έγινε στις 11 Σεπτεμβρίου 2001,
- η ικανότητα κάποιου να συνδέσει τα γράμματα με τους ήχους τους.

Η γνώση, δηλωτική ή διαδικαστική, διακρίνεται σε **γενική γνώση** (general knowledge, common sense) και **ειδική γνώση** (domain-specific knowledge) για ένα συγκεκριμένο θέμα που κατέχουμε. Π.χ. ξέρουμε γενικά ότι τα λεωφορεία μεταφέρουν επιβάτες από μέρος σε μέρος ή ότι ο πατέρας είναι μεγαλύτερος σε ηλικία από τον γιο του όμως ότι «το λεωφορείο Α8 πηγαίνει στο Μαρούσι» αποτελεί ειδική γνώση την οποία διαθέτουν κάποιοι που μετακινούνται προς το Μαρούσι, αλλά όχι απαραίτητα κάποιοι άλλοι που δεν έχουν επισκεφτεί ποτέ το Μαρούσι και ούτε ενδιαφέρονται να το κάνουν.

Παραδείγματα δηλωτικής γνώσης:

Γενική:

Οι γονείς είναι μεγαλύτεροι από τα παιδιά τους.
Η λέξη «παιδί» είναι ουσιαστικό, ενώ το «ωραίος» είναι επίθετο.

Ειδική:

Το ΤΕΙ-Α είναι στο Αιγάλεω.
Η Μαρία είναι ψηλή.

Παραδείγματα διαδικαστικής γνώσης:

Γενική:

Για να πάρεις πτυχίο, πρέπει να διαβάσεις.
Για τον προσδιορισμό ενός ουσιαστικού προσθέτουμε μπροστά ένα επίθετο.

Ειδική:

Για να έχεις πρόσβαση στο Γυμναστήριο του ΤΕΙ Αθήνας, πρέπει να έχεις κάρτα μέλους.
Πάτησε escape, για να βγεις από το πρόγραμμα.

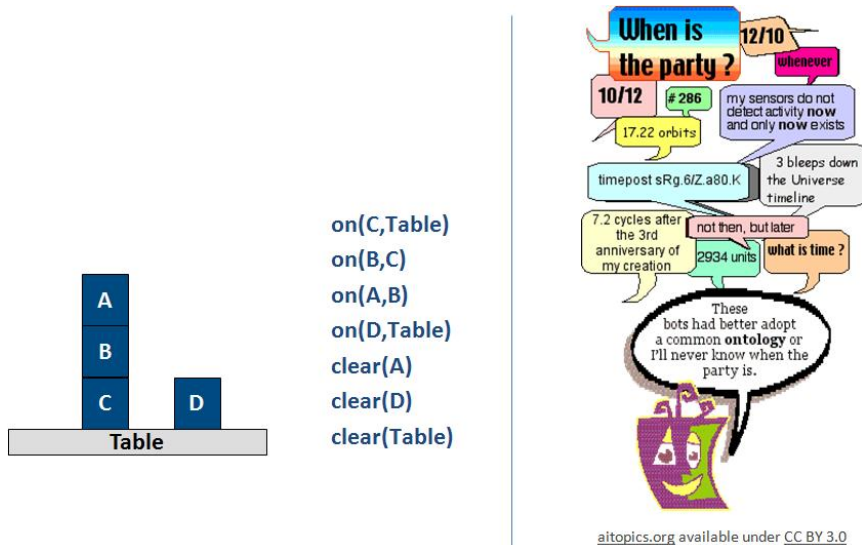
2.2 Αναπαράσταση Γνώσης

Ο καλύτερος τρόπος να εκφράσουμε τη γνώση είναι η φυσική γλώσσα. Για να γίνει, όμως, επεξεργάσιμη από έναν υπολογιστή, χρειάζεται να επιλεγεί πρώτα κατάλληλος τρόπος αποτύπωσής της μέσω κάποιου είδους αναπαράστασης και ακολούθως ένας φορμαλισμός, δηλαδή μιας τεχνητή γλώσσα με το δικό της συντακτικό και τη δική της σημασιολογία, προκειμένου η αναπαράσταση αυτή να καταστεί κατανοητή από τον υπολογιστή.

Δεδομένης της διαφοράς μεταξύ γνώσης, δεδομένων και πληροφοριών, είναι ευνόητο ότι οι μέθοδοι αναπαράστασης της γνώσης πρέπει να διαφέρουν από τις μεθόδους μορφοποίησης των δεδομένων και των πληροφοριών.

Η **αναπαράσταση της γνώσης** (knowledge representation) που χρησιμοποιείται για την επίλυση ενός προβλήματος μέσα στο χώρο της ΤΝ πρέπει να διαθέτει ένα μονοσήμαντο και τυποποιημένο συμβολισμό που:

- να δίνει μία ακριβή διερμηνεία χωρίς συμφραζόμενα.
- να μπορεί να συνδυαστεί κατάλληλα με μηχανισμούς εξαγωγής συμπερασμάτων (στρατηγική αναζήτησης - συλλογιστική).



Εικόνα 2.4 Δυο διαφορετικές προσεγγίσεις έκφρασης της γνώσης - <http://aitopics.org/>

Στην περίπτωση των παραδειγμάτων της εικόνας 2.4, στο δεξί παράδειγμα, που αφορά διαθέσιμη γνώση για την ώρα διεξαγωγής ενός πάρτι, υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τρόποι αναπαράστασης: ωστόσο, όλοι είναι ακατάλληλοι προς χρήση, καθώς άλλοι είναι ασαφείς (10/12, not the but later)) και άλλων η σύνταξη δε διευκολύνει τους μηχανισμούς εξαγωγής συμπερασμάτων. Στο αριστερό παράδειγμα της εικόνας, αυτό της γραφικής αναπαράστασης του κόσμου των κύβων, η αναπαράσταση δεν είναι κατάλληλη, δεδομένου ότι μια αναπαράσταση πρέπει να είναι συμβολική, για να μπορεί να συνδυαστεί κατάλληλα με μηχανισμούς εξαγωγής συμπερασμάτων. Η μεσαία αναπαράσταση είναι αντιθέτως κατάλληλη, διότι είναι συμβολική και παράλληλα, ορίζει σαφώς τις σχέσεις μεταξύ των κύβων, παρέχοντας τη δυνατότητα μιας μονοσήμαντης διερμηνείας της γνώσης που αναπαρίσταται.

2.2.1 Χαρακτηριστικά μιας «καλής» αναπαράστασης γνώσης

Για να γίνει σαφής μία μεταβολή του κόσμου ενός προβλήματος, πρέπει η επιλεγμένη αναπαράσταση της γνώσης να διαθέτει ένα σύνολο χαρακτηριστικών που θα την κάνουν αξιοποιήσιμη από έναν υπολογιστή. Θεωρητικά, από τη στιγμή κατά την οποία ένα πρόβλημα έχει αναπαρασταθεί κατάλληλα, τότε έχει σχεδόν λυθεί!

Αυτά τα χαρακτηριστικά αφορούν τη σύνταξή της, που πρέπει

- να είναι
 - ο κατανοητή, δηλαδή να δείχνει με μια ματιά το τι συμβαίνει,
 - ο πλήρης και σύντομη,
 - ο γρήγορη στην αναζήτηση,
 - ο εύκολα επεξεργάσιμη.
- να κάνει εμφανή την αλληλεπίδραση μεταξύ των οντοτήτων του προβλήματος.
- να έχει διαθέσιμες αλλά μη εμφανιζόμενες λεπτομέρειες.

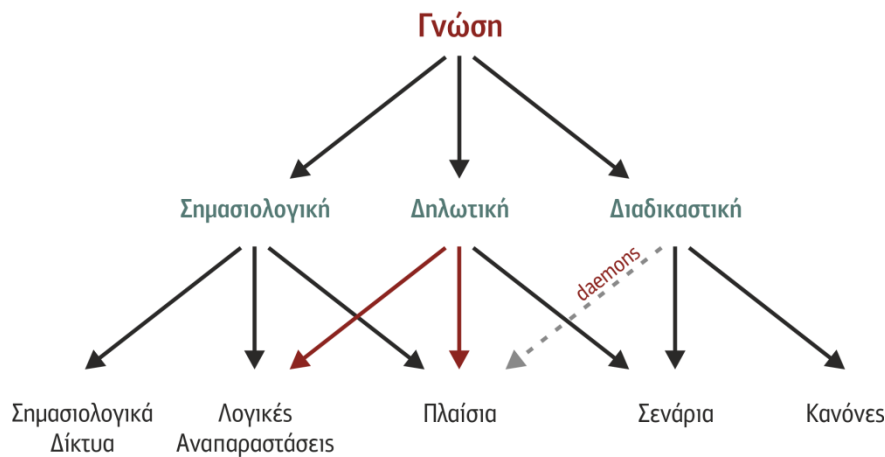
2.2.2 Μέθοδοι Αναπαράστασης Γνώσης

Για την αναπαράσταση της γνώσης, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιείται μία μονοσήμαντη και τυποποιημένη σύνταξη, ένας φορμαλισμός που, όπως προείπαμε, πρέπει να δίνει μια ακριβή αναπαράσταση με νόημα (κατανόηση εννοιολογικού πλαισίου), χωρίς συμφραζόμενα, με κατανοητή πρόθεση, χωρίς ασάφειες, με δυνατότητα να συνδυαστεί κατάλληλα με μηχανισμούς εξαγωγής συμπερασμάτων (στρατηγική αναζήτησης - συλλογιστική).

Σημαντικότερες μέθοδοι αναπαράστασης που έχουν αναπτυχθεί στο πλαίσιο της ΤΝ είναι:

- *Σχήματα Λογικής Αναπαράστασης*
 - ο προτασιακός λογισμός,
 - ο κατηγορηματικός λογισμός,
 - ο κατηγορηματικός λογισμός πρώτης τάξης.
- *Δομημένες Μορφές Αναπαράστασης Γνώσης*
 - ο σημασιολογικά δίκτυα,
 - ο εννοιολογικοί χάρτες,
 - ο πλαίσια,
 - ο σενάρια.
- *Κανόνες*

Ο διαχωρισμός των παραπάνω μεθόδων αναπαράστασης γνώσης σε μεθόδους κατάλληλες για σημασιολογική, δηλωτική και διαδικαστική γνώση αποτυπώνεται στο σχήμα 2.3.



Σχήμα 2.3 Είδη γνώσης και μέθοδοι αναπαράστασής τους

Όλοι οι τρόποι αναπαράστασης της γνώσης αποτελούν μοντέλα θεωριών από το χώρο της Γνωσιακής ή Γνωστικής Επιστήμης. Η ΤΝ παρέχει τα εργαλεία για την υλοποίηση, τη μελέτη και την εξέλιξη των μοντέλων αυτών, αλλά τα χρησιμοποιεί επίσης προσαρμόζοντάς τα στις δικές της ανάγκες για το σχεδιασμό ευφυών συστημάτων.

2.2.3 Σχήματα Λογικής Αναπαράστασης

Για την αναπαράσταση γνώσης οι λογικές αναπαραστάσεις χρησιμοποιούν εκφράσεις της τυπικής λογικής, η οποία είναι μια γλώσσα αναπαράστασης γνώσης που βασίζεται σε λογικά προτασιακά σχήματα και μπορεί να κατηγοριοποιηθεί στα εξής:

- προτασιακός λογισμός,
- κατηγορηματικός λογισμός,
- κατηγορηματικός λογισμός πρώτης τάξης.

Προτασιακός Λογισμός

Στην **προτασιακή λογική** ή **προτασιακό λογισμό** (propositional calculus) ενδιαφερόμαστε για **δηλωτικές προτάσεις** (declarative sentences) που μπορούν να είναι αληθείς (true) ή ψευδείς (false), αλλά όχι και τα δύο.

Παραδείγματα προτάσεων που εκφράζουν δηλώσεις:

Έχει ήλιο.
Κάνει ζέστη.
Θα διπλάσεις.

Η αλήθεια ή το ψεύδος που αποδίδεται σε μία πρόταση καλείται **τιμή αλήθειας** (truth value) της πρότασης.

Από απλές δηλωτικές προτάσεις μπορούμε να δομήσουμε σύνθετες προτάσεις (compound propositions), χρησιμοποιώντας τους 5 λογικούς συνδέσμους (logical connectives):

¬ όχι (not): άρνηση
∧ και (and): σύζευξη
∨ ή (or): διάζευξη

→ αν ... τότε (if ... then): συνεπαγωγή
↔ αν και μόνο αν (if and only if): ισοδυναμία

Παραδείγματα σύνθετων δηλωτικών προτάσεων είναι:

Έχει ήλιο και κάνει ζέστη. (δήλωση)
Αν κάνει ζέστη, τότε θα διψάσεις. (συνεπαγωγή)

Λογικοί σύνδεσμοι στις παραπάνω δύο σύνθετες προτάσεις είναι τα «και» και «εάν ... τότε».

Στην προτασιακή λογική χρησιμοποιούνται σύμβολα (π.χ. P, Q, R) που ονομάζονται **άτομα** (atoms) και παριστάνουν δηλώσεις υπό μορφή προτάσεων είτε αληθείς είτε ψευδείς σε δεδομένη κατάσταση του περιβάλλοντος κόσμου, π.χ.:

P: Έχει ήλιο.
Q: Κάνει ζέστη.
R: Θα διψάσεις.

Οι **καλοσηματισμένοι τύποι** (well-formed formulas) στην προτασιακή λογική είναι είτε απλά άτομα είτε σύνθετοι τύποι που προκύπτουν από το συνδυασμό απλών ατόμων μέσω των λογικών συνδέσμων:

$P \rightarrow Q$ (Αν έχει ήλιο, τότε κάνει ζέστη.)
 $P \vee Q \rightarrow R$ (Αν έχει ήλιο (P) και κάνει ζέστη (Q), τότε θα διψάσεις (R).)

Η τιμή αλήθειας ενός καλοσηματισμένου τύπου προκύπτει από τις επιμέρους τιμές αλήθειας των ατόμων που συμμετέχουν σ' αυτόν σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα αληθείας:

P	Q	$\neg P$	$P \wedge Q$	$P \vee Q$	$P \rightarrow Q$	$P \leftrightarrow Q$
T	T	F	T	T	T	T
T	F	F	F	T	F	F
F	T	T	F	T	T	F
F	F	T	F	F	T	T

Πίνακας 2.1 Πίνακας Αληθείας

Κατηγορηματικός Λογισμός

Ο **κατηγορηματικός λογισμός** (predicate calculus) διαθέτει, επιπλέον των ανωτέρω, την ικανότητα να καθορίζει σχέσεις και να κάνει γενικεύσεις σχετικά με τις προτάσεις. Οι λογικές εκφράσεις χρησιμοποιούν τον κατηγορηματικό λογισμό για την εξαγωγή συμπερασμάτων εξετάζοντας το αληθές ή ψευδές των προτασιακών δηλώσεων.

Για την αναπαράσταση γνώσεων στον κατηγορηματικό λογισμό χρησιμοποιούμε:

- **σύμβολα** (symbols) που ονομάζονται *σταθερές* (constants) και παριστάνουν *αντικείμενα* (objects) του περιβάλλοντος κόσμου: π.χ. Maria.
- τα λεγόμενα **συναρτησιακά σύμβολα** (functional symbols) για την κατασκευή δομών που επίσης παριστάνουν αντικείμενα του περιβάλλοντος κόσμου, αλλά που προσδιορίζονται

μέσω άλλων αντικειμένων του ίδιου κόσμου, π.χ. `father_of(MARIA), date(10, June, 1999)`.

- **κατηγορήματα** (predicates), που περιγράφουν ιδιότητες και σχέσεις που αφορούν αντικείμενα τα οποία αντιπροσωπεύονται από σύμβολα.

Π.χ. το κατηγορήμα *‘on’* μπορεί να χρησιμοποιηθεί, για να εκφραστεί ότι ένα αντικείμενο είναι επάνω σε ένα άλλο δηλαδή, η πρόταση ότι το βάζο είναι πάνω στο τραπέζι μπορεί να γραφεί στον κατηγορηματικό λογισμό ως `on(βάζο, τραπέζι)`.

Τα κατηγορήματα συνδυάζονται και με παραμέτρους, για να εκφραστούν σχέσεις των συμβόλων και παραμέτρων μέσα στις προτάσεις, π.χ. αν δηλωθεί `on(x, τραπέζι)` σημαίνει ότι η παράμετρος *x* πρέπει να ταυτιστεί με κάποιο από τα αντικείμενα που βρίσκονται πάνω στο τραπέζι.

Αν το κατηγορήμα *‘father’* χρησιμοποιείται, για να δηλώσει το όνομα του πατέρα ενός ατόμου, π.χ. `father(Maria, Jim)`, τότε από τις κατηγορηματικές προτάσεις `father(Maria, x)` και `father(George, x)` προκύπτει ο λογικός συνειρμός ότι η Ann και ο George έχουν τον ίδιο πατέρα, χωρίς να μας ενδιαφέρει το όνομά του.

- **καλοσχηματισμένους τύπους** (well-formed formulas).

Οι καλοσχηματισμένοι τύποι στην κατηγορηματική λογική, όπως και στην προτασιακή λογική, είναι είτε απλά άτομα είτε σύνθετοι τύποι που προκύπτουν από το συνδυασμό απλών ατόμων μέσω των λογικών συνδέσμων (logical connectives): \neg (άρνηση), \wedge (λογικό ΚΑΙ), \vee (λογικό Ή), \rightarrow (συνεπαγωγή), \leftrightarrow (ισοδυναμία), \in (ανήκει), \forall (δια κάθε).

Π.χ.

Κάθε αντικείμενο πάνω στο τραπέζι είναι κόκκινο:

$\forall x: on(x, table) \rightarrow red(x)$

Όλα τα μανιτάρια είναι ή μωβ ή δηλητηριώδη:

$\forall x: mushroom(x) \rightarrow (purple(x) \vee poisonous(x))$

Κανένα μωβ μανιτάρι δεν είναι δηλητηριώδες:

$\forall x: (mushroom(x) \wedge purple(x)) \rightarrow \neg poisonous(x)$

Κατηγορηματικός Λογισμός Πρώτης Τάξης

Ο κατηγορηματικός λογισμός βασίζεται στην αλήθεια των προτάσεων και στους συμπερασματικούς μηχανισμούς που ακολουθούν λογικούς συνειρμούς. Ως επέκταση, με την προσθήκη συναρτήσεων σε αυτόν δημιουργείται ο **κατηγορηματικός λογισμός πρώτης τάξης** (first-order predicate calculus). Μια *συνάρτηση* είναι μία λογική κατασκευή που παράγει μια αξία.

Για παράδειγμα, βάσει της δήλωσης ποιος είναι γονέας των *x* και *y* μπορούμε να συναγάγουμε μέσω συναρτήσεων διάφορα συμπεράσματα μεταξύ των οποίων αν οι *x* και *y* είναι αδέλφια. Κάτι τέτοιο θα γραφόταν ως ακολούθως σε περιβάλλον PROLOG, όπου οι μεταβλητές πρέπει να γράφονται με κεφαλαίους χαρακτήρες:

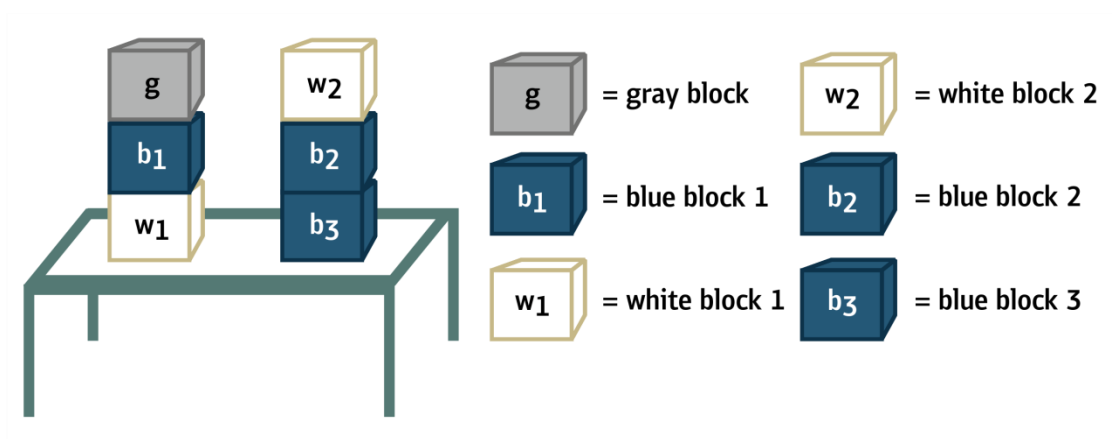
```
 $\forall X,Z,W: father(X,W) \wedge father(Z,W) \rightarrow brothers(X,W):$ 
father(john, peter)
father(mary, peter)
father(ann, takis)
? brothers(john, mary)
yes
? brothers(mary, ann)
no
```

Τα προτερήματα αυτού του είδους της αναπαράστασης είναι η απλότητα της σημειολογίας της, το ότι επιτρέπει τόσο την άμεση αντίληψη αυτών που αναπαριστά όσο και την προσθήκη νέων δηλώσεων, χωρίς να επηρεάζονται οι ήδη καταχωρισμένες.

Ο κατηγορηματικός λογισμός είναι κατάλληλος τρόπος αναπαράστασης για χώρους ολοκληρωμένων θεωριών, όπου μπορούν να εφαρμοστούν τεχνικές απόδειξης θεωρημάτων, ώστε να προκύψουν νέα θεωρήματα από παλαιά. Αντίθετα, είναι ακατάλληλος για αναπαράσταση διαδικαστικής και ευρετικής γνώσης, όπως, επίσης, για το χειρισμό μεγάλων βάσεων δεδομένων. Η πιο γνωστή γλώσσα που υλοποιεί τον κατηγορηματικό λογισμό είναι η PROLOG .

Παράδειγμα αναπαράστασης του προβλήματος των κύβων υλοποιημένη σε PROLOG:

Έστω ότι στο πρόβλημα υπάρχουν 6 κύβοι, ένας γκρι (g), τρεις μπλε (b) και 2 άσπροι (w), τοποθετημένοι σε δύο στήλες πάνω σε ένα τραπέζι, όπως στο σχήμα που ακολουθεί:



Σχήμα 2.4 Γραφική αναπαράσταση του προβλήματος των 6 κύβων

Η αναπαράσταση του κόσμου του προβλήματος στο συγκεκριμένο στιγμιότυπο, σε PROLOG, θα έχει ως ακολούθως:

Δηλώσεις για τις σχετικές θέσεις των 6 κύβων:

```
isabove(g, b1)
isabove(b1, w1)
isabove(w2, b2)
isabove(b2, b3)
```

Δηλώσεις για τα χρώματα των 6 κύβων:

```
color(g, gray)
color(b1, blue)
color(b2, blue)
color(b3, blue)
color(w1, white)
color(w2, white)
```

Καλοσχηματισμένος τύπος που περιγράφει πότε ένας κύβος είναι επάνω από κάποιον άλλον σε μια στήλη κύβων:

`isabove(X, Z) if isabove(X, Y) and isabove(Y, Z)`

Ερωτήσεις που μπορούν να τεθούν και αντίστοιχες λογικές απαντήσεις:

```
?isabove(b2, w1)
no
?color(w1, X)
X=white
?color(X, blue)
X=b1, X=b2, X=b3
```

Δηλαδή, η μεταβλητή *X* μπορεί να δεσμευτεί με εναλλακτικά με τις τιμές *b1*, *b2*, *b3* που αντιστοιχούν στα ονόματα των τριών μαύρων κύβων.

2.2.4 Δομημένες Μορφές Αναπαράστασης Γνώσης

Οι λογικές αναπαραστάσεις δεν μπορούν εύκολα να αναπαραστήσουν κλάσεις αντικειμένων και είναι πολύ αυστηρές στο φορμαλισμό τους. Αντίθετα, οι δομημένες μορφές αναπαράστασης δίνουν αρκετή ελευθερία στον τρόπο αναπαράστασης, επιτρέποντας με αυτόν τον τρόπο μία περισσότερο διαισθητική προσέγγιση απ' όσο οι λογικές.

Δομημένες μορφές αναπαράστασης είναι τα σημασιολογικά δίκτυα, τα σχήματα, τα πλαίσια και τα σενάρια.

Όλες οι δομημένες μορφές αναπαράστασης περιλαμβάνουν:

- Έννοιες
- Διάφορα είδη των δεσμών μεταξύ των εννοιών
 - ο "έχει-μέρος" (has-part ή aggregation),
 - ο "ανήκει" (is-a ή specialization),
 - ο πιο εξειδικευμένες σχέσεις ανάλογα με τον τομέα.
- Συνήθως περιλαμβάνουν, επίσης,
 - ο κληρονόμηση (inheritance),
 - ο κάποιο είδος διαδικαστικού συνημμένου.

Περισσότερα για τα παραπάνω θα αναφερθούν στη συνέχεια.

Σημασιολογικά Δίκτυα

Πρώτοι οι Collins & Quillian (1969, 1970) ανέπτυξαν τα σημασιολογικά δίκτυα ως υπολογιστικά μοντέλα αναπαράστασης της γνώσης στο πλαίσιο των πρώτων ερευνών στο χώρο της Γνωστικής Επιστήμης.

Με τα **σημασιολογικά δίκτυα** (semantic networks) αποτυπώνεται γραφικά η υποκείμενη οργάνωση των ιδεών για έναν τομέα του επιστητού (π.χ. ποδόσφαιρο, Κοινωνιολογία).

Ένα σημασιολογικό δίκτυο είναι μία προσέγγιση των ιδιοτήτων και των σχέσεων των αντικειμένων, γεγονότων, στοιχείων, καταστάσεων και ενεργειών που το αποτελούν. Οι σχέσεις μπορεί να είναι γενικού ή ειδικού τύπου. Χαρακτηριστικό τους είναι η δυνατότητα που έχουν να υποστηρίζουν κληρονόμηση ιδιοτήτων, η οποία με τη σειρά της επιτρέπει την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Σε ένα σημασιολογικό δίκτυο υπάρχουν κόμβοι, συνδέσεις και χαρακτηρισμοί συνδέσεων. Κάθε σύνδεση συνδέει ένα κόμβο-ουρά με έναν κόμβο-κεφαλή. Οι κόμβοι και οι συνδέσεις υποδεικνύουν οντότητες που αφορούν ένα συγκεκριμένο κόσμο προβλήματος.

Τα σημασιολογικά δίκτυα είναι ένα είδος αναπαράστασης που διαθέτει ιδιότητες για κατασκευή ενός κόμβου ή μιας νέας σύνδεσης δεδομένων δύο κόμβων, για απόδοση χαρακτηρισμού σε μια νέα σύνδεση και για δημιουργία: :

- μιας λίστας όλων των συνδέσεων που ξεκινούν από/καταλήγουν σε ένα δεδομένο κόμβο,
- ενός κόμβου “ουράς” ή “κεφαλής” δεδομένης μίας σύνδεσης,
- ενός χαρακτηρισμού σύνδεσης, δεδομένης της σύνδεσης.

Κάθε κόμβος ενός σημασιολογικού δικτύου θεωρείται ως στοιχείο και μπορεί να διακριθεί σε τέσσερα είδη:

- έννοιες (concepts), οι οντότητες (τα αντικείμενα) που θέλουμε να απεικονίσουμε στο δίκτυο,
- περιστατικά (events), τα γεγονότα που λαμβάνουν χώρα,
- χαρακτηριστικά (characteristics), οι ιδιότητες των οντοτήτων,
- αξίες (values), οι τιμές ιδιοτήτων.

Τα σημασιολογικά δίκτυα έχουν τη μορφή δένδρου με τα εξής χαρακτηριστικά:

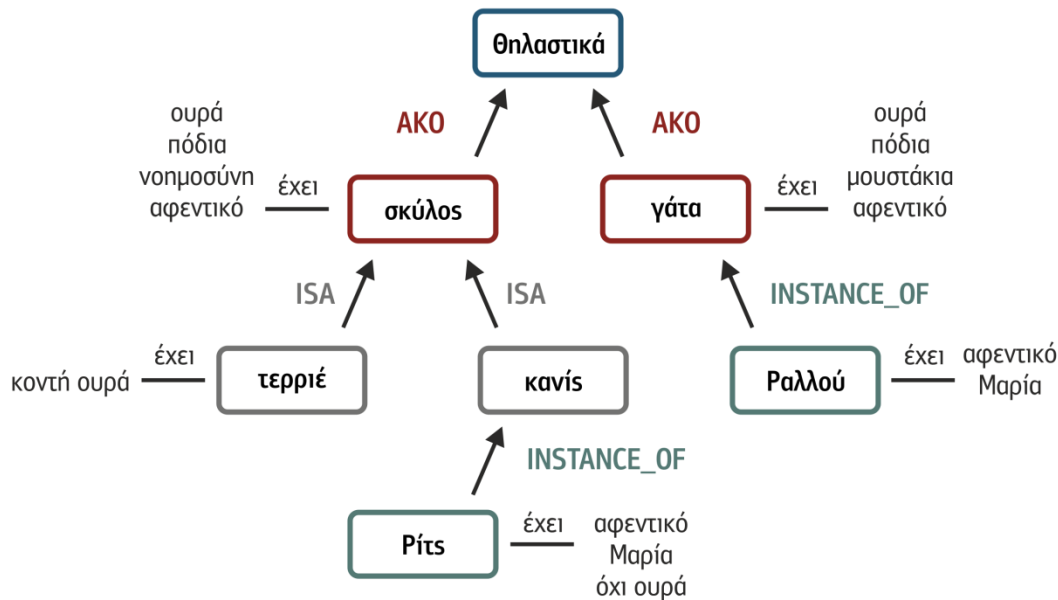
- Οι συνδέσεις μεταξύ των κόμβων καλούνται *κλάδοι (branches)*.
- Κάθε κλάδος συνδέει δυο κόμβους, ο κόμβος-κεφαλή καλείται *κόμβος-γονέας (parent node)* και ο δεύτερος κόμβος καλείται *κόμβος-παιδί (child node)*.
- Ο πρώτος κόμβος του δικτύου δεν έχει γονέα και καλείται *κόμβος-ρίζα (root node)*.
- Όσοι κόμβοι δεν έχουν παιδιά καλούνται *φύλλα (leaves)*.
- Όταν δύο κόμβοι συνδέονται με μια αλυσίδα από δύο οι περισσότερους κόμβους, ο ένας καλείται *πρόγονος (ascendant)* και ο άλλος *απόγονος (descendant)*.
- Οι συνδέσεις του σημασιολογικού δικτύου επιτρέπουν σε έναν κόμβο-παιδί να κληρονομήσει τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά του κόμβου-πατέρα.

Οι κόμβοι-παιδιά μπορούν να οργανωθούν σε κλάσεις και οι δε κλάσεις σε ιεραρχίες με σχέσεις της μορφής:

- *a_kind_of* (δεσμός AKO)
Η σχέση **AKO** υπάρχει μεταξύ κόμβων οντοτήτων που αντιπροσωπεύουν κλάσεις αντικειμένων. Σε κόμβο που συνδέεται με κάποιον άλλον με σχέση AKO μπορούν να προστεθούν νέοι δεσμοί που προσδίδουν νέες ιδιότητες.
- *is_a* (δεσμός ISA)
Η σχέση **ISA** είναι παρόμοια με τη σχέση AKO, με τη διαφορά ότι ο συνδεόμενος κόμβος δεν αντιπροσωπεύει κλάση αλλά υποκλάση οντοτήτων και, ως εκ τούτου, δεν επιτρέπεται να του προστεθούν νέες ιδιότητες, παρά μόνον να κληρονομηθούν οι ήδη υπάρχουσες ιδιότητες από κόμβους κλάσεων ψηλότερα στην ιεραρχία ή οι ιδιότητες που κληρονομούνται να αλλάξουν τιμές.
- *instance_of* (δεσμός INSTANCE_OF)
Η σχέση *instance_of* υπάρχει μόνο μεταξύ κόμβων οντοτήτων που αποτελούν στιγμιότυπα του κόσμου που απεικονίζεται στη δομή και κόμβων γενικότερων κλάσεων.

Ένα σημασιολογικό δίκτυο μπορεί να είναι ιεραρχικό (βλέπε Σχήμα 2.5) ή ετεροαρχικό (βλέπε Σχήμα 2.6).

Τα **ιεραρχικά σημασιολογικά δίκτυα** (hierarchical semantic networks) έχουν όλα τα χαρακτηριστικά των σημασιολογικών δικτύων μόνο που όλοι οι άλλοι κόμβοι έχουν ακριβώς έναν γονέα.

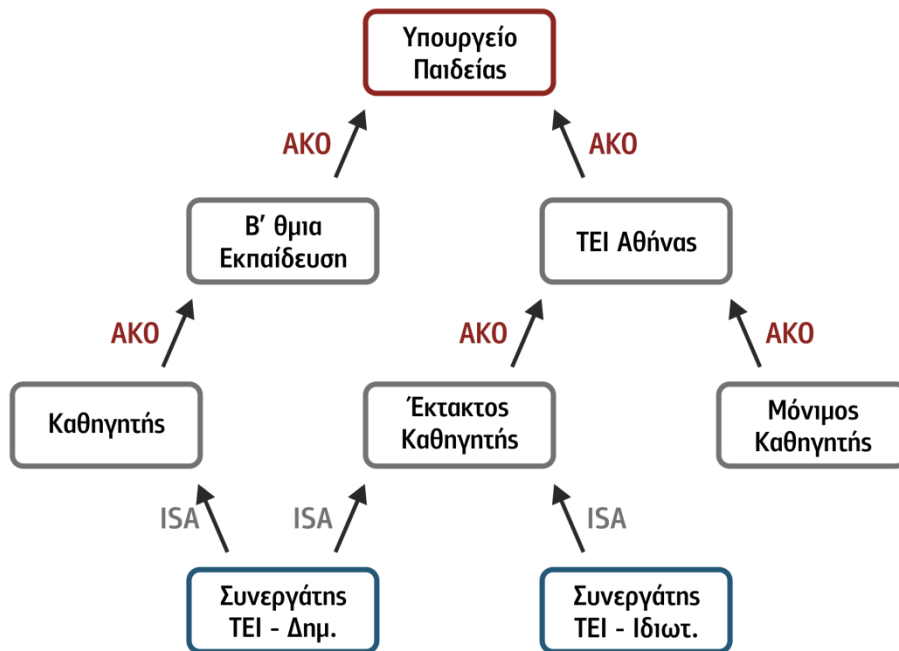


Σχήμα 2.5 Παράδειγμα ιεραρχικού σημασιολογικού δικτύου

Στο ιεραρχικό σημασιολογικό δίκτυο του σχήματος 2.5,

- οι οντότητες είναι οι διάφορες μορφές ζωής (π.χ. θηλαστικά, τίγρης, Τζίμης).
- περιστατικά δεν υπάρχουν.
- ιδιότητες είναι τα παράγει, καταναλώνει, γεννά, έχει, χρώμα, αρέσει, ηλικία και ιδιοκτήτης με τις αντίστοιχες τιμές τους.

Η σχέση AKO μεταξύ Μορφής Ζωής και Θηλαστικού δηλώνει ότι τα θηλαστικά ανήκουν μεν στις μορφές ζωής και κληρονομούν τα χαρακτηριστικά τους, αλλά είναι κλάση που διαθέτει και δικά της χαρακτηριστικά, όπως ότι γεννά ζωντανά παιδιά, που τη διαφοροποιούν από άλλες κλάσεις που ανήκουν στις μορφές ζωής, όπως για παράδειγμα τα πτηνά. Κάτι ανάλογο συμβαίνει και μεταξύ θηλαστικών και τίγρεων. Με σχέση ISA ή is_a συνδέονται οι ινδικές τίγρεις και οι τίγρεις, διότι οι ινδικές τίγρεις αποτελούν υπο-τάξη της μεγαλύτερης τάξης των τίγρεων και, ως εκ τούτου, κληρονομούν όλα τα χαρακτηριστικά τους, χωρίς να διαθέτουν άλλα επιπλέον και μόνο τιμές αυτών των χαρακτηριστικών μπορούν να διαφοροποιηθούν, όπως για παράδειγμα την τιμή του χαρακτηριστικού χρώματος που έχει τιμή καφέ αντί της τιμής κίτρινο που είχε η κλάση των τίγρεων.



Σχήμα 2.6 Παράδειγμα ιεραρχικού σημασιολογικού δικτύου

Τα **ετεροαρχικά σημασιολογικά δίκτυα** (non-hierarchical neural network) έχουν όλα τα χαρακτηριστικά των ιεραρχικών σημασιολογικών δικτύων, με τη μόνη διαφορά ότι υπάρχει τουλάχιστον ένας ενδιάμεσος κόμβος που έχει παραπάνω από ένα γονέα.

Το σημασιολογικό δίκτυο του σχήματος 2.6 αναπαριστά γνώση για τους καθηγητές του ΤΕΙ Αθήνας,

- Οι καθηγητές μπορεί να ανήκουν στην κλάση Μόνιμος Καθηγητής ή στην κλάση Έκτακτος Καθηγητής.
- Οι έκτακτοι καθηγητές διαχωρίζονται σε καθηγητές της Β/θμιας εκπαίδευσης (υποκλάση Συνεργάτης ΤΕΙ-Δημ.) ή ιδιώτες (υποκλάση Συνεργάτης ΤΕΙ-Ιδιωτ.).
- Στην περίπτωση της υποκλάσης Συνεργάτης ΤΕΙ-Δημ., αυτή ανήκει με σχέση ISA και στους καθηγητές που αποτελούν κλάση της Β/θμιας Εκπαίδευσης και στους έκτακτους καθηγητές που αποτελούν κλάση του ΤΕΙ Αθήνας.

Τα σημασιολογικά δίκτυα αποτυπώνονται εύκολα μέσα σε δομές συνδεδεμένων λιστών στον Η/Υ, με κόμβους που αποτελούνται από δύο μέρη: το πρώτο περιέχει το όνομα και τις ιδιότητες της οντότητας που απεικονίζει ο κόμβος και το δεύτερο τη διεύθυνση του επόμενου λογικά κόμβου. Το δεδομένο του πρώτου κόμβου καλείται κεφαλή, ενώ τα δεδομένα όλων των υπόλοιπων κόμβων καλούνται ουρά. Ο δείκτης του τελευταίου κόμβου της αλυσίδας που σχηματίζεται περιέχει ένα ειδικό σύμβολο ένδειξης τέλους, που συνήθως ονομάζεται κενός δείκτης (null pointer ή NIL).

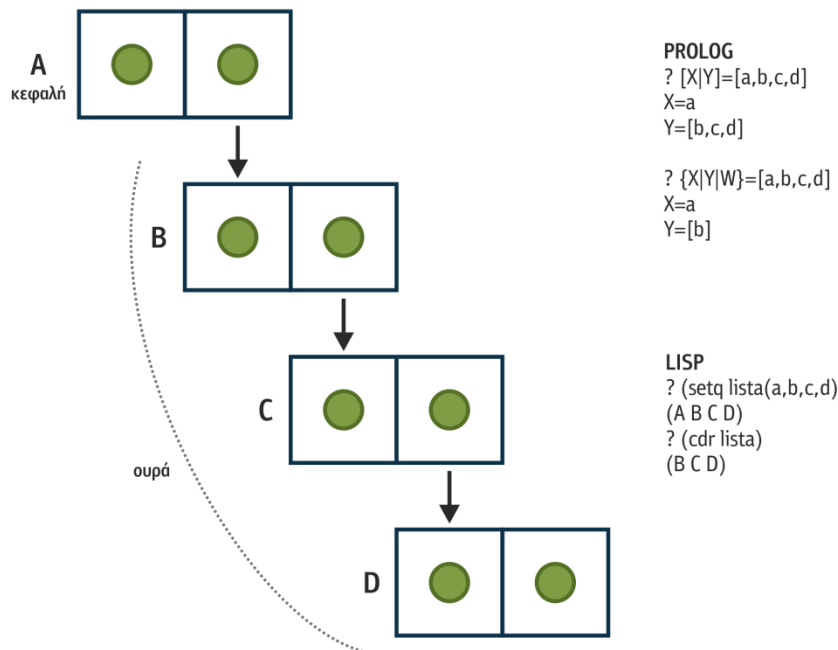
Το παρακάτω παράδειγμα παρουσιάζει την υλοποίηση σε λίστα συνάφειας του ιεραρχικού σημασιολογικού δικτύου του αποτυπώνεται στο [σχήμα 2.5](#):

```

( (θηλαστικά ())
  (σκύλος (είδος θηλαστικό) (ουρά NAI) (πόδια NAI) (νοημοσύνη NAI)
    (αφεντικό NAI))
  (γάτα (είδος θηλαστικό) (ουρά NAI) (πόδια NAI) (μουστάκια NAI)
    (αφεντικό NAI))
  (τερριέ (είναι σκύλος) (ουρά KONTH))
  (κανίς (είναι σκύλος) )
  (Ρίτς (στιγμιότυπο κανίς) (ουρά OXI) (αφεντικό Κώστας) )
  (Ραλλού (στιγμιότυπο γάτα) (αφεντικό Μαρία) )
  )
  
```

)

Στο σχήμα 2.7 παρουσιάζεται η γενικότερη δομή συνδεδεμένης λίστας, στην οποία μπορεί να αποτυπωθεί ένα σημασιολογικό δίκτυο και οι τρόποι επεξεργασίας της από διάφορες γλώσσες ΤΝ, όπως PROLOG και LISP.



Σχήμα 2.7 Παράδειγμα υλοποίησης και επεξεργασίας σημασιολογικού δικτύου σε μορφή συνδεδεμένης λίστας

Παρακάτω παρουσιάζεται η αποτύπωση του ιεραρχικού σημασιολογικού δικτύου του [σχήματος 2.5](#) υπό μορφή συνδεδεμένης λίστας σε γλώσσα Lisp.

```
(defun *mammal* ()
'((dog (kind_of mammal)
      (tail YES)
      (feet YES)
      (intelligence YES)
      (boss YES))
  (cat ((kind_of mammal)
      (tail YES)
      (feet YES)
      (moustaches YES)
      (boss YES))
  (terrier (is-a dog)
          (tail short))
  (canis (is-a dog))
  (Rits (instance canis)
        (tail no)
        (boss Costas))
  (Rallou (instance cat)
          (boss Maria))))
```

Για μια τέτοια αναπαράσταση σε Lisp χρησιμοποιείται η συνάρτηση `assoc` για να εντοπιστεί μια οντότητα.

Τα προτερήματα των σημασιολογικών δικτύων είναι η ευχέρειά τους στην προσθήκη, αλλαγή και διαγραφή κόμβων, η ικανότητα των κόμβων να κληρονομούν χαρακτηριστικά και ιδιότητες από άλλους κόμβους και η ευκολία με την οποία συνάγονται συμπεράσματα σχετικά με την κληρονομούμενη ιεραρχία. Το μειονέκτημά τους είναι ότι μόνο απλές άλλες αναπαραστάσεις, όπως προτασιακές και τα πλαίσια που παρουσιάζονται παρακάτω, μπορούν να προκύψουν από αυτά.

Τα σημασιολογικά δίκτυα ως εννοιολογικοί χάρτες

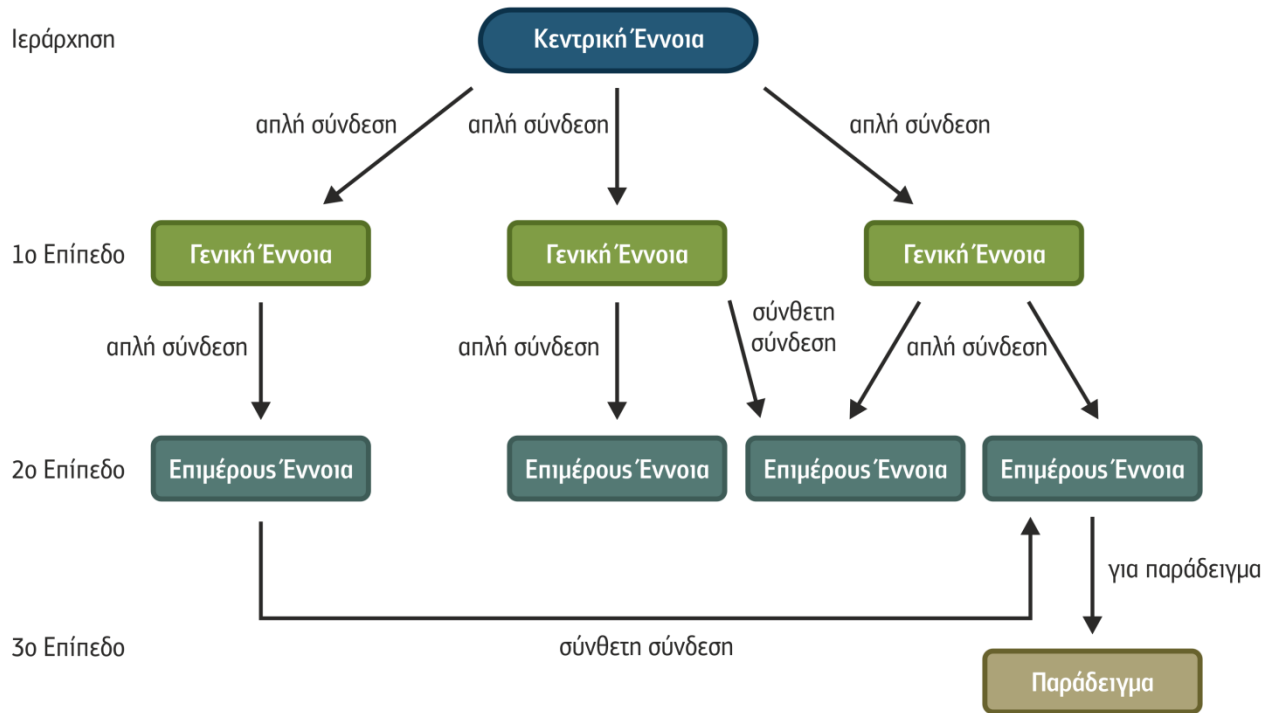
Καρπός της προσπάθειας να λειτουργήσουν τα σημασιολογικά δίκτυα ως γνωστικά εργαλεία που εμπλέκουν τους μαθητές στην ανάλυση των διαρθρωτικών σχέσεων εντός του υπό μελέτη γνωστικού περιεχομένου είναι οι εννοιολογικοί χάρτες. . Αν παραδεχτούμε ότι ουσιαστικά η μνήμη μας είναι ένα σημασιολογικό δίκτυο, με τις γνώσεις μας να αποθηκεύονται στους νευρώνες του εγκεφάλου μας, τότε η μάθηση μπορεί να θεωρηθεί ως μια αναδιοργάνωση της σημασιολογικής μας μνήμης. Η παραγωγή νέων εννοιών ή ιδιοτήτων τους μέσα σε ένα σημασιολογικό δίκτυο αντανακλά αλλαγές που έχουν πραγματοποιηθεί στη σημασιολογική μνήμη, δεδομένου ότι τα σημασιολογικά δίκτυα περιγράφουν την υπάρχουσα γνώση. Με τον τρόπο αυτό, προγράμματα σημασιολογικής δικτύωσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να απεικονίσουν την απόκτηση γνώσεων.

Ένας **εννοιολογικός χάρτης- EX** (concept map) συνδυάζει την έκφραση των εννοιών (με μορφή εικόνων, σχημάτων ή λέξεων) με τη σύνδεση αυτών ως κόμβων, προσδιορίζοντας την ιεραρχία μεταξύ τους.



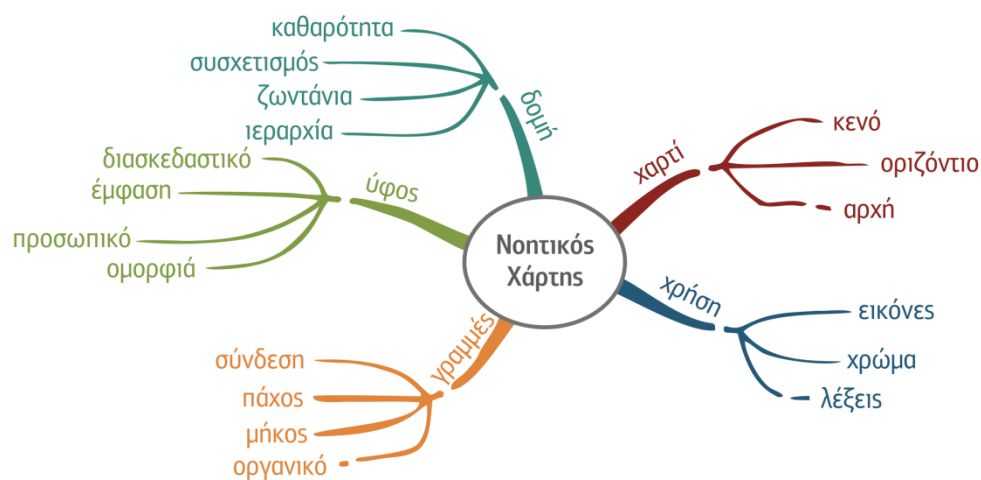
Σχήμα 2.8 Τμήματα από τα οποία δομείται ένας εννοιολογικός χάρτης

Η σύνδεση γίνεται μεταξύ κόμβων οι οποίοι αφορούν διαφορετικές ομάδες εννοιών (κλάσεις) που ανήκουν σε διάφορους τομείς με τρόπο παρόμοιο με αυτόν με τον οποίο σχεδιάζεται ένα περίγραμμα, αλλά λιγότερο γραμμικά και περισσότερα χωρικά.



Σχήμα 2.9 Η Δομή ενός Εννοιολογικού Χάρτη

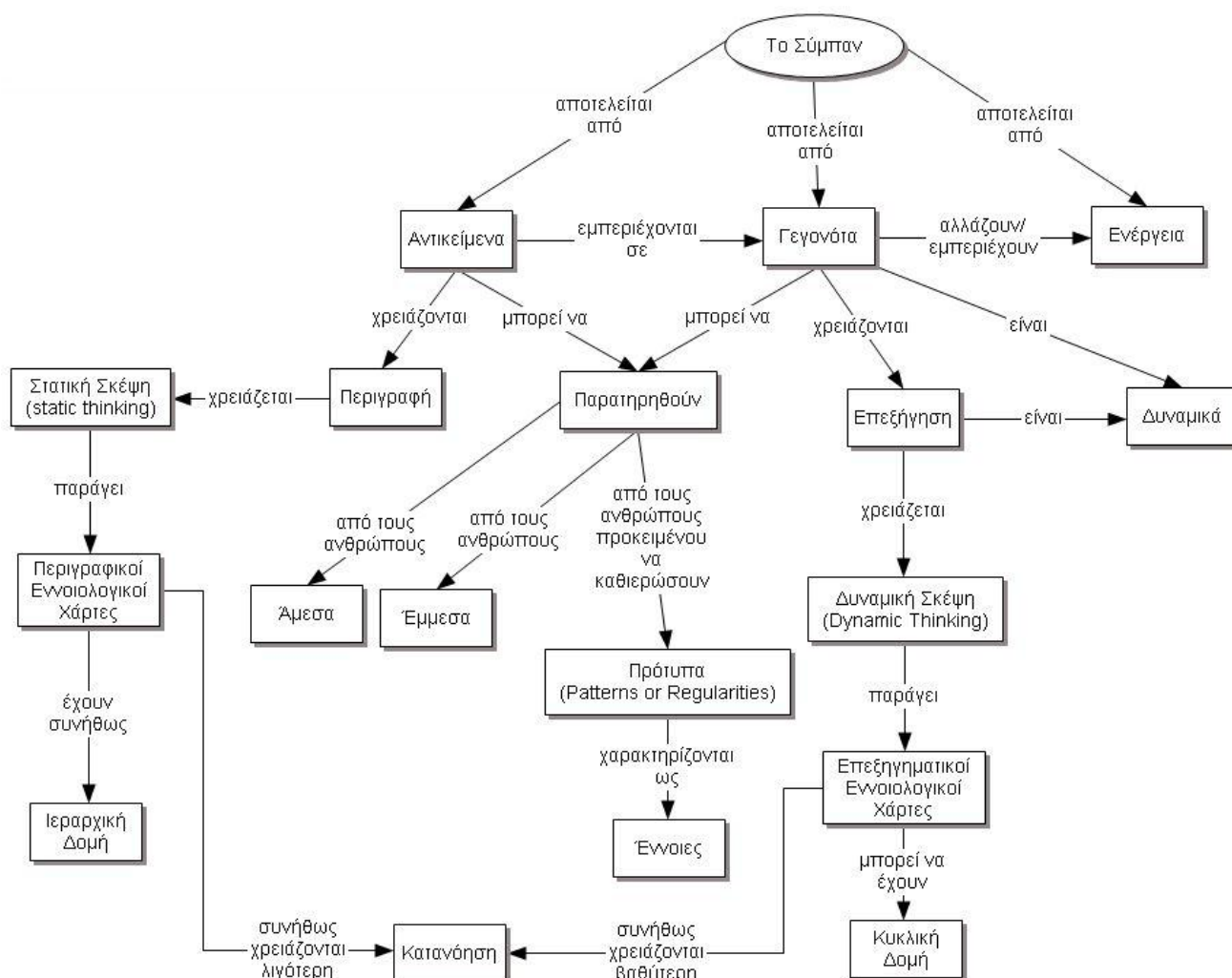
Παρεμφερώς, ο νοητικός χάρτης (mind map) αναφέρεται σε έναν εννοιολογικό χάρτη που καταγράφει γνώση για μία μόνη έννοια. Μπορεί να θεωρηθεί ως ένα διάγραμμα οπτικοποίησης πληροφοριών, στο οποίο μια κεντρική έννοια αναλύεται σε ένα αραχνοειδές διάγραμμα (spider diagram - tree like diagram) και περιμετρικά της κεντρικής έννοιας συνδέονται άλλες προτάσεις που αναλύουν την κεντρική έννοια. Οι σύνδεσμοι σε ένα νοητικό χάρτη είναι «παθητικοί». Δείχνουν απλώς μια σχέση ιεραρχική ανάμεσα στα δύο άκρα.



Σχήμα 2.10 Παράδειγμα δομής νοητικού χάρτη

Η τεχνική της εννοιολογικής χαρτογράφησης αναπτύχθηκε από τον J. D. Novak (Novak & Gowin, 1984, Novak, 1991) βάσει της θεωρίας του D. Ausubel (1968). Στην πράξη, αντικατοπτρίζεται πώς ο εγκέφαλός μας κάνει πραγματικά συνδέσεις μεταξύ των γνώσεων που προσλαμβάνει. Οι εννοιολογικοί χάρτες μπορούν να

συνδεθούν μεταξύ τους, ώστε να δομήσουν **μοντέλα γνώσης** (knowledge models), όπως το παρακάτω ολοκληρωμένο μοντέλο γνώσης.



Σχήμα 2.11 Ολοκληρωμένο μοντέλο γνώσης αποτυπωμένο ως σύνθετος εννοιολογικός χάρτης¹

Βήματα κατασκευής ενός εννοιολογικού χάρτη:

1. Επιλέξτε το κείμενο και απαριθμήστε τη λίστα των βασικών εννοιών.
2. Οργανώστε τις έννοιες (ιεραρχία).
3. Κατασκευάστε χάρτη χρησιμοποιώντας μία αξιολογική σειρά για τις έννοιες.
4. Συμπεριλάβετε έγκυρες συνδέσεις (προτάσεις), διασυνδέσεις μεταξύ εννοιών και παραδείγματα (γεγονότα ή αντικείμενα).
5. Αξιολογήστε.

Στο πλαίσιο ενός εκπαιδευτικού σχεδιασμού ένας εννοιολογικός χάρτης μπορεί να αξιοποιηθεί ως:

- μέσο οργάνωσης και παρουσίασης του μαθήματος,
- διαγνωστικό εργαλείο για την ανίχνευση των πρότερων γνώσεων των μαθητών,

¹ Ο χάρτης έχει δημιουργηθεί στα Ελληνικά με βάση αντίστοιχο χάρτη που υπάρχει στη δημοσίευση των Cañas και Novak (2006).

- εργαλείο
 - ο επίλυσης προβλημάτων,
 - ο συνεργασίας,
 - ο ανάπτυξης και καλλιέργειας κριτικής και δημιουργικής σκέψης,
 - ο αξιολόγησης της μάθησης.

Τα παραπάνω μπορούν να υλοποιηθούν μέσω εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων, όπως:

- συμπλήρωση EX με έννοιες και συνδέσεις που λείπουν,
- επέκταση EX με προσθήκη εννοιών και συνδέσεων,
- διόρθωση EX,
- σχολιασμός EX είτε ελεύθερα είτε με απάντηση σε ερωτήσεις,
- κατασκευή EX στον οποίο δίνονται:
 - ο η κεντρική έννοια,
 - ο ένα σύνολο εννοιών,
 - ο ένα σύνολο εννοιών και συνδέσεων,
 - ο μια ερώτηση,
 - ο ένα σχετικό κείμενο,
 - ο συνδυασμός των παραπάνω.

Σχήματα

Ένα **σχήμα** (schema) είναι μία δομημένη κλάση εννοιών που περιέχει συνήθως γενική γνώση και η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αναπαραστήσει γεγονότα, σειρά γεγονότων, καταστάσεις, σχέσεις και αντικείμενα.

Τα σχήματα ήταν μία από τις πρώτες προτάσεις των ερευνητών στη προσπάθειά τους να δώσουν μία ερμηνεία για την οργάνωση των σύνθετων πληροφοριών στη μνήμη του ανθρώπου, με τρόπο που να ερμηνεύει την ανθρώπινη συμπεριφορά.

Η θεωρία περί σχημάτων απορρέει από μία σειρά φιλοσοφικών θεωριών που ξεκινούν από αυτές του E. Kant (1724-1804), συνεχίζουν με αυτές του J. Piaget (1896-1980) και καταλήγουν με πιο σύγχρονες προτάσεις στα τέλη της δεκαετίας του 1970 και στις αρχές της δεκαετίας του 1980 (Rumelhart & Ortony 1977, Rumelhart, 1980), των οποίων το οντολογικό επιχείρημα είναι ότι υπάρχουν μοριακά φαινόμενα (π.χ. εκδηλώσεις, σκηνές σε χώρο, δομή λόγου) στον (ψυχολογικό) κόσμο, και ότι τα σχήματα είναι οι κατάλληλες μορφές αναπαράστασης γνώσης γι' αυτά τα φαινόμενα. Παρόμοιες θεωρίες που αναφέρονται ως «θεωρίες σεναρίων ή ιστοριών» παρουσιάζονται από πολλούς ερευνητές από τους οποίους οι πιο γνωστοί είναι οι R. Schank και R.P. Abelson (1977), καθώς και ο D.E. Rumelhart (1975). Στο χώρο της TN ο Marvin Minsky (1975) προτείνει παρόμοιες δομές που καλούνται **πλαίσια** και μέχρι σήμερα χρησιμοποιούνται ευρέως για αναπαράσταση της γνώσης, κυρίως στα έμπειρα συστήματα.

Πλαίσια

Τα **πλαίσια** (frames) αποτυπώνουν κυρίως δηλωτική γνώση και είναι δύο κατηγοριών:

- **πλαίσια κλάσεων** ή **κλάσεις** (class): περιγράφουν μία ανώτερη κλάση πραγμάτων (π.χ. πλαίσιο φρούτο)
- **πλαίσια στιγμιotypών** (instance frames): περιγράφουν ένα συγκεκριμένο στοιχείο (π.χ. παρακάτω το πλαίσιο MyCourse).

Ως προς τη δομή τους, τα πλαίσια είναι πιο κοντά από τα άλλα είδη αναπαράστασης στην έννοια της εγγραφής (record) στην πληροφορική.

My Course	
Slot Name	Filler
is_a	AI course
Date	Spring 2015
Time	Monday 2pm
Instructor	Smith
Enrollment	80
Has	Laboratory

Πίνακας 2.2 Παράδειγμα πλαισίου στιγμιότυπου

Τα πλαίσια αποτελούνται από **σχισμές** (slots) που περιέχουν έννοιες ή παραπέμπουν σε άλλα πλαίσια.

Οι σχισμές μπορούν να περιέχουν όλα τα είδη των στοιχείων:

- κανόνες, γεγονότα, φωτογραφίες, βίντεο, σχόλια, πληροφορίες από εντοπισμό σφαλμάτων, ερωτήσεις, υποθέσεις, άλλα πλαίσια,
- διαδικαστικά συνημμένα, όπως διαδικασίες στις οποίες γίνεται επίκληση σε ειδικές καταστάσεις (π.χ. στην υλοποίηση των πλαισίων στον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό με τη χρήση daemons),
- οδηγίες σχετικά με τη δημιουργία, την τροποποίηση ή την αφαίρεση της αξίας μια σχισμής.

Για παράδειγμα, η γενική δηλωτική γνώση που έχουμε για τα φρούτα θα μπορούσε να αναπαρασταθεί ιεραρχικά με πλαίσια ως εξής:

Πλαίσιο κλάσης: φρούτο (κλάση)

Σχισμή 1: φαγώσιμο (default yes)

Σχισμή 2: βασική διατροφή (default yes)

Σχισμή 3: εύπεπτο (default no)

Πλαίσιο κλάσης: μήλο (κλάση)

ΕΙΔΟΣ: φρούτο

Σχισμή εποχή: χειμερινό

Σχισμή γεύση: εύγευστο

Πλαίσιο στιγμιότυπου: GOLDEN (στιγμιότυπο)

ΕΙΝΑΙ: μήλο

Σχισμή χρώμα: κίτρινο

Σχισμή οσμή: αρωματική

Σχισμή εύπεπτο: yes

Στην παραπάνω αναπαράσταση,

- η ειδική θέση ΕΙΔΟΣ παραπέμπει σε πλαίσιο υψηλότερης τάξης, δημιουργώντας έτσι συνδέσεις του τύπου a_kind-of ή ΑΚΟ, οι οποίες καθορίζουν την ιεραρχία των πλαισίων κλάσης,
- η ειδική θέση ΕΙΝΑΙ δημιουργεί συνδέσεις τύπου is_a ή ISA που αφορούν προσαρτήσεις στιγμιότυπων στις κλάσεις στις οποίες ανήκουν.

Τα πλαίσια είναι ένας εύκολος τρόπος να δει κανείς ένα σημασιολογικό δίκτυο σε ανώτερο επίπεδο από εκείνο όπου κάποιος βλέπει μόνο κόμβους και συνδέσεις. Κάθε κόμβος και όλες οι συνδέσεις που ξεκινούν από αυτόν μπορούν να συγκεντρωθούν και να απεικονιστούν ως ένα πλαίσιο. Το όνομα του πλαισίου αντιστοιχεί στο όνομα του κόμβου και τα ονόματα των θέσεων αντιστοιχούν στα ονόματα των συνδέσεων. Οι έννοιες ή αξίες που περιέχονται στις θέσεις αντιστοιχούν στις έννοιες ή αξίες που απεικονίζουν οι κόμβοι στους οποίους καταλήγουν οι συνδέσεις. Για παράδειγμα, το ιεραρχικό σημασιολογικό δίκτυο του [σχήματος 2.5](#) θα μπορούσε να γραφεί με μορφή συστήματος πλαισίων (και με εμπλουτισμένες ιδιότητες στο πλαίσιο θηλαστικά) ως εξής:

Πλαίσιο: θηλαστικά

Σχισμή 1: έμφυχο

Σχισμή 2: γεννά μωρά1

Πλαίσιο: σκύλος

ΕΙΔΟΣ: θηλαστικό

Σχισμή ουρά: ΝΑΙ

Σχισμή πόδια: ΝΑΙ

Σχισμή νοημοσύνη: ΝΑΙ

Σχισμή αφεντικό: ΝΑΙ

Πλαίσιο: γάτα

ΕΙΔΟΣ: θηλαστικό

Σχισμή ουρά: ΝΑΙ

Σχισμή πόδια: ΝΑΙ

Σχισμή μουστάκια: ΝΑΙ

Σχισμή αφεντικό: ΝΑΙ

Πλαίσιο: κανίς

ΕΙΔΟΣ: σκύλος

Πλαίσιο: τερριέ

ΕΙΔΟΣ: σκύλος

Σχισμή ουρά: ΚΟΝΤΗ

Πλαίσιο στιγμιότυπου: Ριτς

ΕΙΝΑΙ: κανίς

Σχισμή ουρά: ΟΧΙ

Σχισμή αφεντικό: ΚΩΣΤΑΣ

Πλαίσιο στιγμιότυπου: Ραλλού

ΕΙΝΑΙ: γάτα

Σχισμή αφεντικό: ΜΑΡΙΑ

Ένα πλαίσιο στιγμιότυπου κληρονομεί όλες τις θέσεις που έχουν οι ανώτερες κλάσεις του και έχει επιπλέον θέσεις που το χαρακτηρίζουν. Ορισμένες κληρονομούμενες θέσεις ανώτερων κλάσεων επιτρέπεται να αλλάζουν τις προκαθορισμένες (*default*) αξίες τους και άλλες όχι. Θα μπορούσε, δηλαδή, η σχισμή *πόδια* να τοποθετηθεί στο πλαίσιο θηλαστικό με προκαθορισμένη αξία 4, να το κληρονομούν τα πλαίσια *γάτα* και *σκύλος*, αλλά σε ένα νέο πλαίσιο *άνθρωπος* να μπορεί να διαφοροποιηθεί η αξία της θέσης σε 2 και στο πλαίσιο *φάλαινα* να έχει αξία 0. Τα δεδομένα των θέσεων μπορούν να υπάρχουν κατά τη φάση της δημιουργίας ενός πλαισίου ή να προκύπτουν μετά απ' αυτήν.

Επομένως, ένα σύστημα πλαισίων είναι μία αναπαράσταση αντίστοιχη με ένα σημασιολογικό δίκτυο όπου:

- Η γλώσσα των κόμβων και των συνδέσεων έχει αντικατασταθεί με αυτήν των πλαισίων και θέσεων.
- Οι θέσεις τύπου *είδος* καθορίζουν μία ιεραρχία κλάσεων πλαισίων.
- Οι θέσεις τύπου *είναι* καθορίζουν σε ποιες κλάσεις ανήκουν τα πλαίσια στιγμιότυπων.
- Υπάρχουν προκαθορισμένες αξίες θέσεων οι οποίες έχουν τη δυνατότητα, επίσης, να θέτουν περιορισμούς στις δεκτές τιμές.
- Υπάρχει μία βασική διαδικασία που διευθετεί όλες τις υπόλοιπες διαδικασίες αναφοράς στα πλαίσια, τηρώντας την ιεραρχία των κλάσεων.

Διαθέτει επίσης δυνατότητες, όπως να δημιουργεί :

- ένα νέο πλαίσιο κλάσης, δεδομένης μίας σειράς υπερ-κλάσεων και ενός συνόλου θέσεων,
- ένα πλαίσιο στιγμιότυπου, δεδομένου ενός συνόλου άμεσων υπερ-κλάσεων,
- διαδικασίες που να περιγράφουν τι να γίνει σε κάθε περίπτωση αναφοράς σε ένα πλαίσιο καθιστώντας με τον τρόπο αυτό την αποτυπωμένη γνώση διαδικαστική.

Η αναζήτηση σε ένα σύστημα πλαισίων μπορεί να γίνει με τις κλασικές μεθόδους αναζήτησης σε δίκτυα που αναφέρονται στο [κεφάλαιο 1](#) με μεθόδους βασισμένες σε κανόνες που αναφέρονται στο κεφάλαιο συστημάτων κανόνων.

Παράδειγμα χρήσης πλαισίων στη PROLOG:

Έστω ότι θέλουμε να περιγράψουμε τη γενική κατηγορία φρούτων με όνομα `fruit`, ένα συγκεκριμένο είδος φρούτου το `apple` και τέλος το συγκεκριμένο τύπο φρούτου το `golden`. Τότε θα είχαμε:

```
frame(fruit, [[edible, [default, yes]],
             [nutrition, [default, yes]],
             [digestible, [default, yes]],
             [essential, [value, yes]]])
```

όπου: `fruit` το όνομα του πλαισίου και τα `[edible,[default,yes]]`, `[nutrition,[default,yes]]`, `[digestible,[default,yes]]`, `[essential,[value,yes]]`, αποτελούν σχισμές του πλαισίου `food` όπου το πρώτο λεκτικό είναι το όνομα της σχισμής (π.χ. `edible`) και ακολουθεί η συνήθης τιμή (`default`) ή η τιμή που ισχύει σε κάθε περίπτωση (`value`).

Για να δηλωθούν οι μεταξύ τους σχέσεις, τα πλαίσια στη `Prolog` , συνδέονται με συναρτήσεις του τύπου:

```
frame(apple, [[link, [value, fruit]]])
```

Παράδειγμα χρήσης πλαισίων στη Common LISP:

Για την ίδια κατηγορία φρούτων, όπως παραπάνω, θα είχαμε:

```
(define-frame fruit
  (edible           :default-values ( yes))
  (nutrition        :default-values ( yes))
  (essential        :default-values ( yes))
  (digestible       :default-values ( yes)))
(define-frame apple(:is fruit)
  (season winter))
```

```
(taste tasteful))
(define-instance GOLDEN (:is apple)
  (color yellow)
  (smell nice)
  (season autumn))
```

Παράδειγμα χρήσης αντικειμενοστραφούς περιβάλλοντος στη LISP:

Κλάση με όνομα `fruit` που ανήκει στην κλάση `food`:

```
(defclass food () (.....))
(defclass fruit (food)
  ((color :initarg :color)
   (price :initarg :price)))
(defclass apple (fruit) ()
  (:default-initargs :color 'red)
  (:default-initargs :price 2))
(make-instance 'apple :digestable 'no)
```

Συγκρίνοντας τα πλαίσια με τα σημασιολογικά δίκτυα μπορούμε να σημειώσουμε τα παρακάτω:

- Τα πλαίσια και τα σημασιολογικά δίκτυα αναπαριστούν παρόμοια γνώση.
- Ένα πλαίσιο μετατρέπεται αυτόματα σε ένα σημασιολογικό δίκτυο και αντίστροφα.
- Οι διαφορές αφορούν περισσότερο την τυπική χρήση:
 - Τα σημασιολογικά δίκτυα κανονικά θεωρούνται προδιαγραφές και δεν επιτρέπουν εξαιρέσεις ή προεπιλογές
 - Για τα πλαίσια που κανονικά θεωρούνται τυπικές περιγραφές, αναμένονται προεπιλογές (defaults) και εξαιρέσεων (exceptions).
- Τα σημασιολογικά δίκτυα συνήθως κάνουν έντονη διάκριση μεταξύ των κλάσεων και των στιγμιότυπων. Στα πλαίσια μια τέτοια διάκριση δεν είναι απαραίτητη δεδομένου ότι τα πλαίσια στιγμιότυπων γίνονται συνήθως συγκεκριμένα (παίρνουν πραγματικές τιμές σε επίπεδο slots) όταν μέσα σε αυτά αποτυπωθεί ο τρέχων κόσμος του προβλήματος και η περιγραφή τους δε διαφέρει σε τίποτα από την περιγραφή των πλαισίων ανώτερης κλάσης που είναι πάντα αφηρημένη.

Το ποιο είναι προτιμότερο για την αναπαράσταση της γνώσης ενός προβλήματος εξαρτάται από το είδος του προβλήματος και από τον επιστημονικό τομέα στον οποίο αυτό ανήκει.

Σενάρια

Τα **σενάρια** (scripts) είναι μία τεχνική που προτάθηκε από τον R. Schank (1975) στο πλαίσιο της σχετικής θεωρίας του περί πλαισίων (script theory) που εστιάζεται στη δόμηση της γνώσης στο πλαίσιο της κατανόησης της γλώσσας. Ο Schank υποστηρίζει ότι ένα σενάριο προορίζεται, κυρίως, για να εξηγήσει την επεξεργασία της γλώσσας και τις υψηλού επιπέδου δεξιότητες σκέψης. Τα σενάρια αποτελούν μία ειδική περίπτωση σχημάτων για την αναπαράσταση επεισοδιακής κυρίως γνώσης μέσω της παράθεσης πλαισίων σε χρονική σειρά.

Προκειμένου η θεωρία να αποδειχθεί, έχει αναπτυχθεί μια ποικιλία προγραμμάτων ηλεκτρονικών υπολογιστών. Ο Schank (1991) εφαρμόζει το θεωρητικό του πλαίσιο στην αφήγηση ιστοριών και στην ανάπτυξη ευφών εκπαιδευτικών προγραμμάτων. Ένα σενάριο περιγράφει μία στερεότυπη, αναμενόμενη ακολουθία γεγονότων με ειδικό περιεχόμενο και τις σχετικές με αυτά πληροφορίες χρησιμοποιώντας μία χρονική σειρά από πλαίσια και ειδικότερα:

- συνθήκες εισόδου στο σενάριο, δηλαδή συνθήκες που πρέπει να ικανοποιηθούν, πριν συμβούν τα γεγονότα του σεναρίου,
- αποτελέσματα που θα προκύψουν, αφού συμβούν τα γεγονότα του σεναρίου,
- ιδιότητες, δηλαδή θέσεις που αναπαριστούν αντικείμενα που περιέχονται στο σενάριο,
- ρόλους, δηλαδή θέσεις που αναπαριστούν οντότητες (π.χ. άνθρωποι) οι οποίες ενεργούν μέσα στο σενάριο,
- κανάλια που αποτελούν συγκεκριμένες περιπτώσεις γενικότερων προτύπων που περιγράφονται με ένα σενάριο. Διαφορετικά κανάλια του ίδιου σεναρίου θα μοιράζονται πολλά αλλά όχι όλα τα στοιχεία του.
- σκηνές που αποτελούν ακολουθίες γεγονότων που συμβαίνουν.

Παράδειγμα σεναρίου: Σενάριο Εστιατορίου (παρεμφερές: σενάριο καφετέριας)

Η είσοδος στο σενάριο απαιτεί ο πελάτης να πεινάει και να έχει χρήματα, για να πληρώσει το γεύμα του. Το σενάριο ολοκληρώνεται, όταν ο πελάτης δεν πεινάει πλέον, δηλαδή έχει φάει όσο επιθυμεί, και έχει πληρώσει τον ιδιοκτήτη του εστιατορίου. Ως αντικείμενα δηλώνονται εκείνα τα αντικείμενα του εστιατορίου που πρόκειται να χρησιμοποιήσει ο πελάτης, καθώς και τα χρήματα που διαθέτει:

Σενάριο: Εστιατόριο

Παραπομπή: Καφετέρια, Μαγειρείο

Συνθήκες Εισόδου:

Πελάτης πεινάει

Πελάτης έχει χρήματα

Συνθήκες Εξόδου:

Πελάτης δεν πεινάει

Πελάτης έχει λιγότερα χρήματα

Ταμίας έχει περισσότερα χρήματα

Ιδιότητες / Αντικείμενα

τραπέζι

κατάλογος φαγητών (Μενού)

παραγγελία

φαγητό

λογαριασμός

φιλοδώρημα

χρήματα

Ρόλοι:

Πελάτης

Σερβιτόρος

Μάγειρας

Ταμίας

Κανάλια:

PTRANS: Μετακίνηση

ATTENDS: Στρέψη προσοχής

MBUILD: Αλλαγή στάσης

MTRANS: Κίνηση μέλους

ATRANS: Παράδοση αντικειμένου

INGEST: Κατανάλωση τροφής

COMPUTE: Υπολογισμός λογαριασμού

Σκηνή 1: Είσοδος

Πελάτης **PTRANS** Πελάτη στο εστιατόριο

Πελάτης **ATTENDS** μάτια στα τραπέζια

Πελάτης **MBUILD** που θα καθίσει
Πελάτης **PTRANS** στο τραπέζι

Σκηνή 2: Παραγγελία

(Μενού στο Τραπέζι)

Πελάτης **MTRANS** (Πελάτη παίρνει Μενού)

Πελάτης **MBUILD** επιλογή Φαγητού

Πελάτης **MTRANS** σήμα στο Σερβιτόρο

Σερβιτόρος **PTRANS** Σερβιτόρο στο Τραπέζι

Πελάτης **MTRANS** παραγγελία στο Σερβιτόρο

Σερβιτόρος **PTRANS** Σερβιτόρος στην κουζίνα

Σερβιτόρος **ATrans** παραγγελία στο Μάγειρα

Μάγειρας **Μαγειρέμα** παραγγελίας (Σενάριο προετοιμασίας φαγητού)

Σκηνή 3: Φαγητό

Μάγειρας **ATrans** φαγητό στο Σερβιτόρο

Σερβιτόρος **ATrans** φαγητό στον Πελάτη

Πελάτης **INGEST** Φαγητό

(Επιλογή: Σκηνή 2 για επόμενη παραγγελία ή αλλιώς Σκηνή 4)

Σκηνή 4: Έξοδος

Σερβιτόρος **COMPUTE** (ετοιμάζει λογαριασμό)

Σερβιτόρος **PTRANS** λογαριασμό στο Τραπέζι

Σερβιτόρος **ATrans** λογαριασμό στον Πελάτη

Πελάτης **ATrans** φιλοδώρημα στο Σερβιτόρο

Πελάτης **PTRANS** Πελάτης στην έξοδο

Πελάτης **ATrans** χρήματα στον Ταμία

Πελάτης **PTRANS** Πελάτης έξω από το εστιατόριο

Κανόνες

Οι **κανόνες** (rules) αποτελούν μία μέθοδο αναπαράστασης διαδικαστικής γνώσης που αντιστοιχεί σε έγκυρους συλλογισμούς και έχει τη μορφή **AN-TOTE**. Η δήλωση ή το σύνολο των δηλώσεων μετά τον όρο **AN** αντιπροσωπεύει κάποιο παρατηρήσιμο πρότυπο. Η δήλωση ή το σύνολο των δηλώσεων μετά τον όρο **TOTE** αντιπροσωπεύει κάποιο εξαγωγίμο συμπέρασμα ή κάποια εκτελεστέα ενέργεια.

Επομένως, ένα κανόνας:

- προσδιορίζει ένα πρότυπο και εξάγει συμπεράσματα σχετικά με το τι αυτό σημαίνει ή
- προσδιορίζει ένα πρότυπο και συμβουλεύει τι πρέπει να γίνει γι' αυτό ή
- προσδιορίζει ένα μοτίβο και πραγματοποιεί τις κατάλληλες ενέργειες.

Υπάρχουν αρκετοί διαφορετικοί όροι για τις δηλώσεις που έρχονται μετά το **AN** και όσα ακολουθούν μετά το **TOTE**. Οι δηλώσεις μετά το **AN** μπορεί να ονομάζονται συνθήκες, ισχυρισμοί, προϋποθέσεις, πρόγονοι, ενώ αυτά που ακολουθούν μετά το **TOTE** μπορούν να ονομάζονται συμπεράσματα, συνεπαγόμενα ή ενέργειες. Τα παραπάνω αποτυπώνονται στην τυπική μορφή ενός κανόνα που ακολουθεί:

Μορφή AN/IF-TOTE/THEN κανόνων:

IF A	<i>premises (ισχυρισμοί)</i>
and B	<i>antecedents (πρόγονοι, προηγούμενα)</i>
and ...	<i>preconditions (προϋποθέσεις)</i>
THEN X	<i>conclusions (συμπεράσματα)</i>
and Y	<i>consequents (συνεπαγόμενα)</i>

and ... actions (ενέργειες)

Οι κανόνες είναι τριών μορφών

- **συνεπαγωγικοί κανόνες** (deductive rules): το μέρος **IF** αυτών δηλώνει προηγούμενα των οποίων η αλήθεια οδηγεί σε συμπεράσματα για το γύρω κόσμο, χωρίς να τον αλλάζουν.
- **κανόνες παραγωγής** (productive rules): η αλήθεια των ισχυρισμών του **IF** μέρους οδηγεί σε ενέργειες που αλλάζουν το γύρω κόσμο μέσω της παραγωγής νέας γνώσης.
- **ενεργοί κανόνες** (active rules): για να ελεγχθεί η αλήθεια των προϋποθέσεων του μέρους **IF** και να εκτελεστούν οι ενέργειες του μέρους **THEN**, πρέπει πρώτα να συμβεί ένα συγκεκριμένο γεγονός.

Μορφές Κανόνων	Επεξήγηση
IF προηγούμενα THEN συνεπαγόμενα Συνεπαγωγικός κανόνας (Deductive rule)	AN τα προηγούμενα αληθεύουν TOTE αληθεύουν και τα συνεπαγόμενα
IF ισχυρισμοί THEN ενέργειες διαχείρισης γνώσης Κανόνας Παραγωγής (Production rule)	AN οι ισχυρισμοί αληθεύουν TOTE ενέργησε για να παραχθεί νέα γνώση
ON συμβάν IF προϋποθέσεις THEN ενέργειες Ενεργός κανόνας (Action rule)	Όταν συμβεί το γεγονός (συμβάν) AN οι προϋποθέσεις αληθεύουν TOTE εκτέλεσε τις ενέργειες

Πίνακας 2.3 Μορφές Κανόνων

Παράδειγμα συνεπαγωγικού κανόνα:

AN ο εκτυπωτής τυπώνει σωστά
και τα χρώματα δεν τυπώνονται σωστά
TOTE έχει τελειώσει το έγγραφο μελάνι

Παράδειγμα Κανόνα Παραγωγής:

AN ο εκτυπωτής τυπώνει σωστά
και τα χρώματα δεν τυπώνονται σωστά
TOTE αλλάξτε την κεφαλή με το έγγραφο μελάνι

Παράδειγμα Ενεργού κανόνα:

Όταν φέρει ο πελάτης έναν εκτυπωτή για έλεγχο
AN ο πελάτης είναι νέος
TOTE ενημέρωσέ τον για το κοστολόγιο του ελέγχου

Τα **συστήματα που βασίζονται σε κανόνες** ή **συστήματα κανόνων** (rule-based systems) είναι πολύ δημοφιλή, διότι:

- Είναι εύκολη, ακόμη και για μη ειδικούς, η ανάγνωση και κατανόηση των κανόνων, διότι είναι δομημένοι ως συλλογισμοί, δηλαδή με τρόπο παρόμοιο με αυτόν που οι άνθρωποι χρησιμοποιούν, για να δώσουν λογικές εξηγήσεις κατά την επίλυση προβλημάτων.
- Οι κανόνες είναι εύκολοι στη διαχείρισή τους για την προσθήκη νέων και μεταβολή ή διαγραφή παλαιών.
- Είναι εύκολο να δίνονται επεξηγήσεις για την πορεία της λύσης, απλώς με παρακολούθηση της σειράς με την οποία εκτελούνται οι κανόνες. .

Το κυριότερο μειονέκτημα των συστημάτων κανόνων είναι η απαίτηση ύπαρξης ενός πολύ αποτελεσματικού μηχανισμού αναζήτησης για την εύρεση του κατάλληλου κανόνα προς εκτέλεση σε κάθε κύκλο λειτουργίας τους. Άλλο μειονέκτημα είναι η μη ευέλικτη σύνταξη των κανόνων, που καθιστά δύσκολη την αναπαράσταση γεγονότων και αλγοριθμικών πληροφοριών.

Οντολογίες

Μια **οντολογία** (ontology) είναι μια τυπική αναπαράσταση ενός συνόλου εννοιών εντός ενός τομέα και των σχέσεων μεταξύ των εννοιών αυτών. Σε περιπτώσεις όπου η γνώση χρειάζεται να μοντελοποιηθεί, να δομηθεί και να διασυνδεθεί, οι οντολογίες παρέχουν έναν ικανοποιητικό μηχανισμό αναπαράστασης και διαμοίρασής της σε ομάδες ανθρώπων.

Η χρήση οντολογιών βοηθά στην ανάπτυξη του Παγκόσμιου Σημασιολογικού Ιστού (Semantic Web) ως το επόμενο στάδιο μετά τον Παγκόσμιο Ιστό (World Wide Web - WWW), δεδομένου ότι η ταξινόμηση που διαθέτει με τη βοήθεια απλών μηχανισμών συλλογιστικής καθιστά εφικτή την αναζήτηση με βάση έννοιες αντί λέξεις-κλειδιά που επιτρέπουν τη σημασιολογική εστίαση/διεύρυνση των ερωτήσεων, τις ερωταποκρίσεις ως προς περισσότερους του ενός όρους και τη χρήση τελεστών μετασχηματισμού των κειμένων. Τα παραπάνω επιτυγχάνονται, διότι οι οντολογίες ορίζουν δύο ουσιώδη συστατικά τα οποία συμβάλλουν στην πλήρη ανάπτυξη του Παγκόσμιου Ιστού:

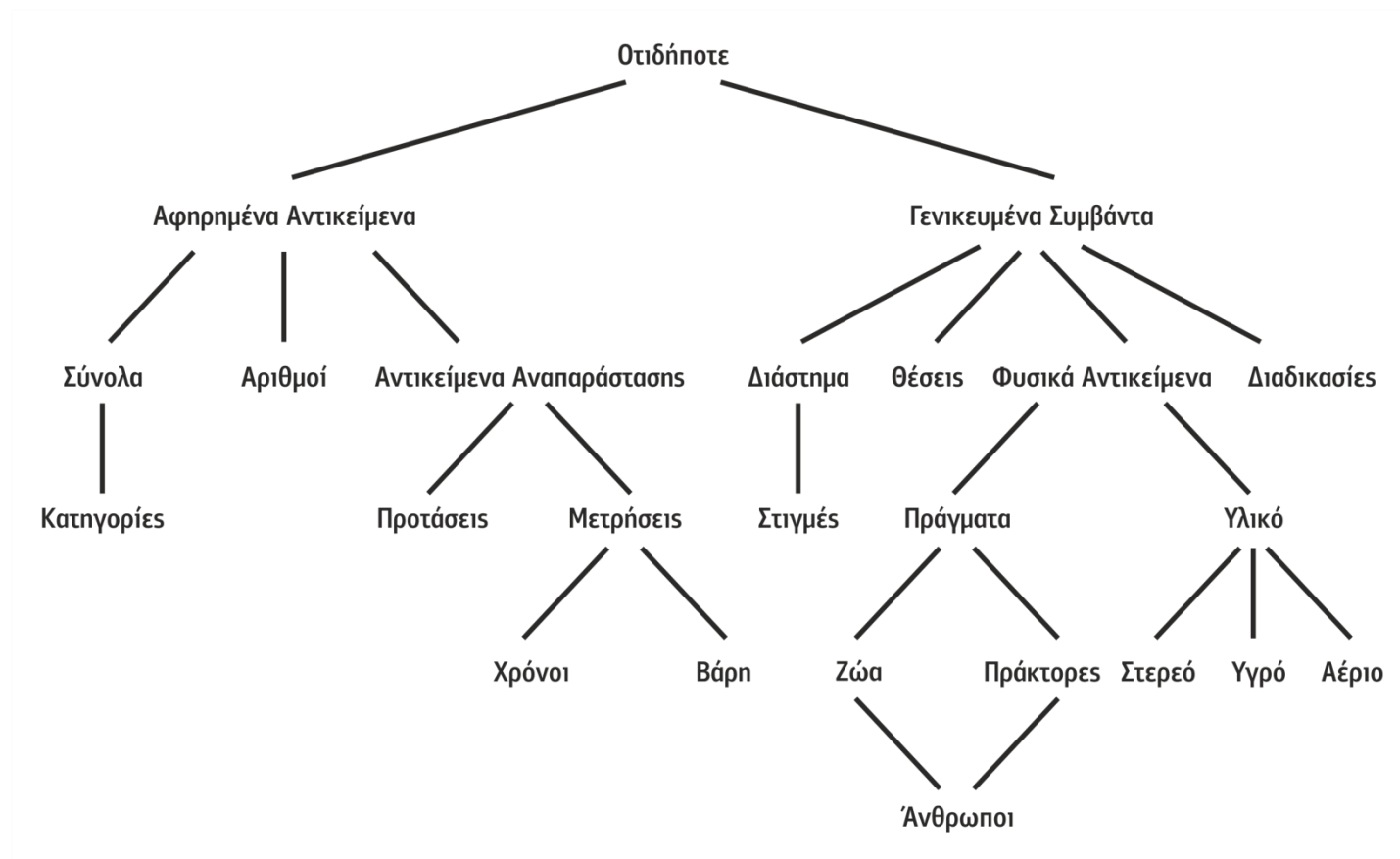
- την τυπική σημασιολογία της πληροφορίας, οπότε διευκολύνεται την επεξεργασία της πληροφορίας από τον H/Y,
- τη σημασιολογία του πραγματικού κόσμου, οπότε επιτρέπεται τη σύνδεση του περιεχομένου το οποίο υφίσταται επεξεργασία μηχανικά, με τη σημασία που του δίνουν οι άνθρωποι βασιζόμενοι σε κοινά αποδεκτή ορολογία.

Η έννοια της οντολογίας έχει υιοθετηθεί από την Τεχνητή Νοημοσύνη και σημαίνει:

«μια διαμοιρασμένη και κοινή κατανόηση κάποιου τομέα, η οποία μπορεί να ανταλλάγεί μεταξύ ανθρώπων και συστημάτων εφαρμογών» (Gruber, 2009)

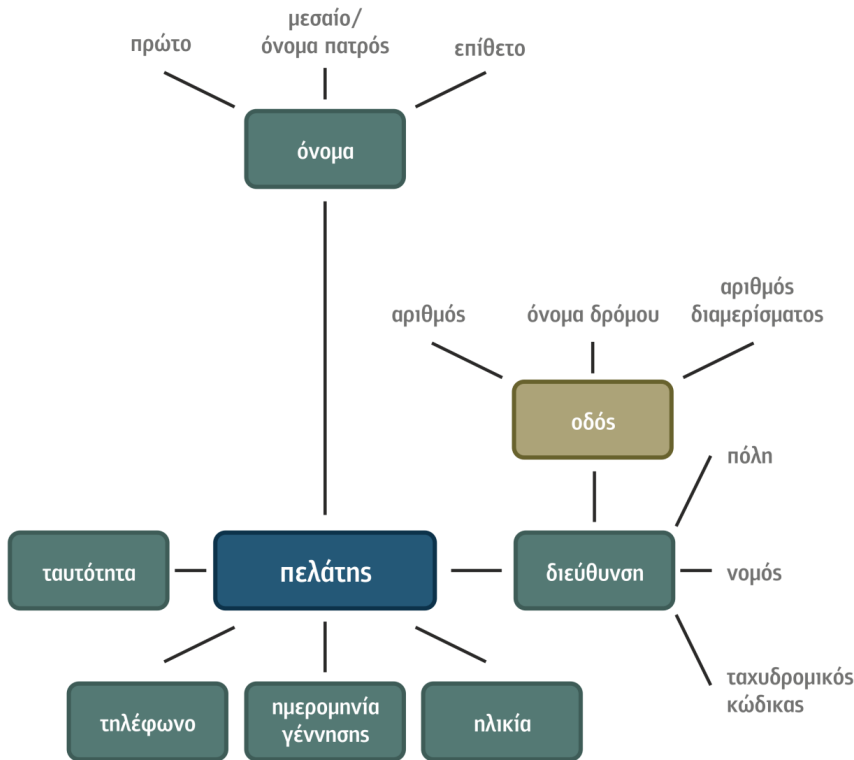
Για να αποτυπωθεί μια οντολογία, μπορούν να υιοθετηθούν και λογικές αναπαραστάσεις και δομημένες αναπαραστάσεις από αυτές που παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες παραγράφους.

Σήμερα η τεχνολογία των οντολογιών χρησιμοποιείται από την ΤΝ για αναπαράσταση σφαιρικής γνώσης και αποτελεί γενική αναπαράσταση της γνώσης για τον κόσμο ως σύνολο μέσω αναπαράστασης όλων των γενικών εννοιών, π.χ. φυσικά-αφηρημένα-σύνθετα αντικείμενα, ιδιότητες, ιεραρχία, δομή, καταστάσεις, πεποιθήσεις, ενέργειες, προϋποθέσεις, επακόλουθα, χώρος, χρόνος, αλλαγές, διαδικασίες, συναρτήσεις, σχέσεις κτλ. (βλέπε Σχήμα 2.12)



Σχήμα 2.12 Γραφική αναπαράσταση σφαιρικής οντολογίας

Μπορεί, όμως, να χρησιμοποιηθεί και για αναπαράσταση ειδικής γνώσης, οπότε καλείται *οντολογία ειδικού σκοπού* που είναι εφαρμόσιμη σε κάθε δυνατό πεδίο του πραγματικού κόσμου με την προσθήκη κατάλληλων αξιωμάτων πεδίου (βλέπε Σχήμα 2.13).



Σχήμα 2.13 Παράδειγμα γραφικής αναπαράστασης οντολογίας ειδικού σκοπού

Μια οντολογία διαθέτει κατηγορίες (π.χ. η κατηγορία *cube*) που μπορούν να αναπαρασταθούν με προτασιακή λογική ως ιδιότητες αντικειμένων, π.χ. *cube (b1)*, ή ως συγκεκριμένο αντικείμενο του κόσμου του προβλήματος, π.χ. *is (b1 cube)*. Υποστηρίζει την *ταξινόμηση (taxonomy)* για την αντιμετώπιση του μεγάλου όγκου αντικειμένων ορίζοντας υποκατηγορίες, ιεραρχική δομή κατηγοριών και υποκατηγοριών και *κληρονομικότητα (inheritance)*, όπου τα στιγμιότυπα μιας υποκατηγορίας κληρονομούν τις ιδιότητες της γονικής κατηγορίας και πιθανόν να έχουν και επιπλέον ιδιότητες, δομώντας με τον τρόπο αυτόν ένα σημασιολογικό δίκτυο με σχέσεις ΑΚΟ και ΙΣΑ.

Μία οντολογία μπορεί να διατυπωθεί με κατηγορηματική λογική πρώτης τάξης, για να ορίσει κατηγορίες, αντικείμενα ως μέλη κατηγοριών, υποκατηγορίες μιας κατηγορίας, ιδιότητες κοινές στα μέλη μιας κατηγορίας και αναγνώριση μελών μιας κατηγορίας βάσει των κοινών χαρακτηριστικών τους.

Τα βασικά συστατικά μίας οντολογίας είναι πέντε:

- **Κλάσεις (classes):** έννοιες που σχετίζονται με ένα πεδίο ή κάποιες εργασίες, οι οποίες είναι συνήθως οργανωμένες σε κάποιο ταξινομικό σύστημα,
παράδειγμα: σε μια οντολογία που αφορά το πανεπιστήμιο ο «φοιτητής» και ο «καθηγητής» αποτελούν δύο κλάσεις.
- **Σχέσεις (relations):** Ένας τύπος αλληλεπίδρασης μεταξύ εννοιών ενός πεδίου, όπως *a_kind-of* και *is-a*.
- **Συναρτήσεις (functions):** μια ειδική περίπτωση σχέσης στην οποία το ν-οστό στοιχείο της σχέσης προσδιορίζεται μοναδικά από τα ν-1 προηγούμενα στοιχεία.
παράδειγμα: Η τιμή-μεταχειρισμένου-αυτοκινήτου μπορεί να προσδιορίζεται ως συνάρτηση της αρχικής τιμής του καινούριου αυτοκινήτου, του μοντέλου του αυτοκινήτου, των χαρακτηριστικών του αυτοκινήτου και των χιλιομέτρων που έχει διανύσει.
- **Αξιώματα (axioms):** αναπαριστούν προτάσεις που είναι πάντα αληθείς.
παράδειγμα: Όταν είναι κάποιος φοιτητής, οφείλει να παρακολουθεί τα μαθήματά του.

- **Στιγμιότυπα** (instances) : αναπαριστούν συγκεκριμένα στοιχεία.
παράδειγμα: ο φοιτητής με το όνομα Νίκος (είναι ένα στιγμιότυπο της κλάσης “φοιτητής”).

Βιβλιογραφία/Αναφορές

- Ausubel, D. P. (1967). *Learning Theory and Classroom Practice*. Οντάριο: The Ontario Institute For Studies In Education.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational Psychology. A Cognitive View*. Νέα Υόρκη: Holt, Rinehart & Winston, Inc.
- Cañas, A.J., & Novak, J. D. (2006). Re-examining the foundations for effective use of concept maps. Στο A. J. Cañas & J. D. Novak (επιμ.), *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proceedings of the Second International Conference on Concept Mapping* (τόμος 1, σ. 494-502). Σαν Χοσέ, Κόστα Ρίκα: Universidad de Costa Rica. Ανακτήθηκε από http://www.ihmc.us/groups/acanas/wiki/bcb07/Alberto_J_Caas_Publications.html
- Collins, A. M., & Quillian, M. R. (1969). Retrieval time from semantic memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 8 (2), 240–247. Ανακτήθηκε από <http://matt.colorado.edu/teaching/categories/cq69.pdf>
- Collins, A. M., & Quillian, M. R. (1970). Does category size affect categorization time?. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 9 (4), 432–438. Περισσότερες δημοσιεύσεις του A.M. Collins στο <http://allancollins.northwestern.edu/pubs-more.html>
- Gruber, T. (2009). Ontology . Στο L. Liu & M. T. Özsu (επιμ.), *The Encyclopedia of Database Systems*. Νέα Υόρκη: Springer-Verlag. Ανακτήθηκε από <http://tomgruber.org/writing/ontology-definition-2007.htm>
- Minsky, M. (1975). A framework for representing knowledge. Στο P. H. Winston (επιμ.), *The Psychology of Computer Vision* (σ. 211-277). New York: McGraw-Hill. Ανακτήθηκε από <http://courses.media.mit.edu/2004spring/mas966/Minsky1974Frameworkforknowledge.pdf>.
- Novak, J.D., & Gowin, D.B. (1984). *Learning How to Learn*. Νέα Υόρκη & Κάιμπριτζ, Η.Β: Cambridge University Press.
- Novak, J.D. (1991). Clarify with Concept Maps: A tool for students and teachers alike. *The Science Teacher*, 58 (7), 45-49.
- Rumelhart, D. E., & Ortony, A. (1977). The representation of knowledge in memory. Στο R. C. Anderson and R. J. Spiro (επιμ.), *Schooling and the Acquisition of Knowledge* (σ. 99-135) . Hillsdale, Νιου Τζέρσεϊ: Erlbaum. Ανακτήθηκε από http://www.cs.northwestern.edu/~ortony/Andrew_Ortony.html.
- Rumelhart, D. E. (1975). Notes on a schema for stories. Στο D. Bobrow & A. Collins (επιμ.), *Representation and understanding* (σ. 237-272). Νέα Υόρκη: Academic Press.
- Rumelhart, D. E. (1980). Schemata: The building blocks of cognition. Στο R. J. Spiro, B. C. Bruce, & W. F. Brewer (επιμ.), *Theoretical Issues in Reading Comprehension* (σ. 33-58). Hillsdale, Νιου Τζέρσεϊ: Erlbaum.
- Schank, R.C. (επιμ.) (1975). *Conceptual Information Processing*. Νέα Υόρκη : Elsevier.
- Schank, R. C., & Abelson, R. P. (1977). *Scripts, Plans, Goals and Understanding: An inquiry into human knowledge structures*. Hillsdale, Νιου Τζέρσεϊ : Erlbaum Assoc.

Schank, R.C. (1991). *Tell Me a Story: A New Look at Real and Artificial Intelligence*. Νέα Υόρκη: Simon & Schuster.

Βλαχάβας, Ι., Κεφαλάς, Π., Βασιλειάδης, Ν., Κόκκορας, Φ. & Σακελλαρίου, Η. (2011). *Τεχνητή Νοημοσύνη* (3^η έκδοση). Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Πανεπιστήμιου Μακεδονίας.

Κριτήρια αξιολόγησης

Κριτήριο αξιολόγησης 1

Σε τι διαφέρει μια μέθοδος αναπαράστασης γνώσης από μια γλώσσα προγραμματισμού (π.χ. Java, C ++);

Α. Οι μέθοδοι αναπαράστασης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εκφράσουν καταστάσεις (states), ενώ οι γλώσσες προγραμματισμού για να κωδικοποιήσουν συγκεκριμένες καταστάσεις με βάση την αναπαράσταση που έχει επιλεγεί.

Β. Οι γλώσσες προγραμματισμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δηλώσουν καταστάσεις (states) στις οποίες μπορεί να βρεθεί ένα πρόβλημα κατά την επίλυσή του ανεξάρτητα με τη μορφή αναπαράστασης που έχει επιλεγεί για την περιγραφή του.

Γ. Οι γλώσσες προγραμματισμού ταυτίζονται με αντίστοιχες μεθόδους αναπαράστασης.

Απάντηση/Λύση

Η σωστή απάντηση είναι η Α.

Κριτήριο αξιολόγησης 2

Αντιστοιχίστε τους όρους με τους ορισμούς :

A. Δηλωτική Γνώση	Γνώση για τις δεξιότητες που απαιτούνται, για να εκτελέσουμε μια εργασία.
B. Διαδικαστική Γνώση	Γνώση που έχουμε για τα γεγονότα και τα συμβάντα ενός κόσμου.

Απάντηση/Λύση

Το Α ταιριάζει με το 2 και το Β με το 1.

Κριτήριο αξιολόγησης 3

Ποια είναι τα χαρακτηριστικά των φυσικών γλωσσών (π.χ. ελληνικά, αγγλικά)

Σημειώστε τις σωστές απαντήσεις:

Α. Οι φυσικές γλώσσες έχουν εξελιχθεί, για να καλύψουν τις ανάγκες της επικοινωνίας.

Β. Οι φυσικές γλώσσες έχουν εξελιχθεί, για να καλύψουν τις ανάγκες της αναπαράστασης μιας έννοιας.

Γ. Το νόημα μιας πρότασης εξαρτάται από την ίδια την πρόταση και το πλαίσιο εντός του οποίου η πρόταση αυτή χρησιμοποιείται.

Δ. Ο διαμοιρασμός της γνώσης γίνεται χωρίς τη ρητή αναπαράσταση της ίδιας της γνώσης.

Ε. Δεν επιτρέπεται να είναι διφορούμενη, γιατί δημιουργείται πρόβλημα στην κατανόησή της.

Απάντηση/Λύση

Οι σωστές απαντήσεις είναι οι Α, Γ, Δ.

Κριτήριο αξιολόγησης 4

Τοποθετήστε τα επίπεδα της πυραμίδας της γνώσης σε σειρά από τη βάση προς την κορυφή:

- Α. γνώση,
- Β. σοφία,
- Γ. δεδομένα,
- Δ. πληροφορία.

Απάντηση/Λύση

Η σωστή σειρά είναι Γ, Δ, Α, Β

Κριτήριο αξιολόγησης 5

Ποια από τα παρακάτω αποτελούν γνωστά σχήματα αναπαράστασης γνώσης;

- Α. κανόνες,
- Β. δένδρα αναζήτησης,
- Γ. συλλογισμοί,
- Δ. λογική,
- Ε. σημασιολογικά δίκτυα.

Απάντηση/Λύση

Είναι τα Α, Δ, Ε

Κριτήριο αξιολόγησης 6

Ποιο από τα παρακάτω είναι το βασικό χαρακτηριστικό που πρέπει να διαθέτει ένα επιλεγμένο σύστημα αναπαράστασης γνώσης;

- Α. δυνατότητα αναζήτησης με αλγόριθμους,
- Β. καταλληλότητα κωδικοποίησης,
- Γ. δυνατότητες εξαγωγής συμπερασμάτων.

Απάντηση/Λύση

Η σωστή απάντηση είναι το Γ.