

Σημασιολογική Ανάλυση Κειμένων Πληροφορικής Βασισμένη σε Γνωστικό Μοντέλο Κατανόησης Κειμένου με Χρήση Εννοιολογικής Χαρτογράφησης

Π. Μπλίτσας¹, Μ. Γρηγοριάδου², Ι. Σπανός²

¹Π.Μ.Σ. “Βασική και Εφαρμοσμένη Γνωσιακή Επιστήμη”
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
pblitsas@di.uoa.gr

²Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
{gregor, grad0927}@di.uoa.gr

Περίληψη

Η παρούσα εργασία έχει ως βασικό στόχο τη σημασιολογική ανάλυση κειμένων Πληροφορικής και την αναπαράσταση γνώσης του περιεχομένου αυτών των κειμένων, η οποία είναι βασισμένη σε μοντέλο κατανόησης κειμένου, με τη χρήση εννοιολογικής χαρτογράφησης. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, η ανάγνωση υποστηρίζει την οικοδόμηση της μικροδομής και μακροδομής του γνωστικού περιεχομένου. Ως μικροδομή θεωρείται η σχεσιακή δομή που περιγράφει τις στατικές σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων που συμμετέχουν στην περιγραφή του αντικειμένου, καθώς και η μετασχηματιστική δομή, η οποία περιγράφει τα γεγονότα που προκαλούν τη μεταβολή της σχεσιακής δομής στο χρόνο. Ως μακροδομή θεωρείται η οικοδόμηση της μικροδομής καθώς και της τελεολογικής δομής, η οποία περιγράφει τους σκοπούς που επιτελούνται από τις λειτουργίες/μονάδες της μικροδομής. Η διάκριση των σημασιολογικών σχέσεων που συμμετέχουν στις δομές αυτές όπως ταξινομικές, μερωνυμικές, αιτιακές, χρονικές και σχέσεις σκοπού/υποσκοπού, καθώς και η αξιοποίηση των εννοιολογικών χαρτών ως εκπαιδευτικό εργαλείο αποτελούν επιπλέον στόχους της εργασίας.

Λέξεις κλειδιά: μακροδομή, μοντέλο κατανόησης κειμένου, μικροδομή, οντολογία, σημασιολογικές σχέσεις.

Abstract

The basic objective of this work is the semantic analysis of texts of Informatics subject and the knowledge representation of these texts, based on a text comprehension model, by using concept mapping. According to this model, reading supports constructing microstructure and macrostructure of the knowledge content. Microstructure is considered as the relational structure, which describes the static relations among the entities involved in the content, as well as the transformational structure, which describes the events that cause the change of the relational structure over the time. Macrostructure is considered as the construction of the microstructure and of the teleological structure, which describes the goals of the functions performed by the microstructure. The distinction of the semantic relations that participate within those structures, as taxonomic, meronymic, temporal and causal relations, and those of goals/subgoals, as well as the exploitation of the concept maps as an educational tool are also some targets of this work.

Keywords: macrostructure, microstructure, ontology, semantic relations, text comprehension model.

1. Εισαγωγή

Με τον όρο *Σημασιολογική Ανάλυση* εννοούμε τη μετατροπή των προτάσεων ενός κειμένου σε εσωτερικές δομές αναπαράστασης, χρησιμοποιώντας τη σημασία των λέξεων και εννοιών που εμφανίζονται σε αυτό (Croft & Alan Cruse, 2004). Η σημασιολογική ανάλυση μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη δημιουργία αναπαραστάσεων υπό τη μορφή σημασιολογικών δικτύων. Ένα σημασιολογικό δίκτυο αποτελείται από *κόμβους* και *δεσμούς* ανάμεσά τους. Οι κόμβοι δηλώνουν *κλάσεις αντικειμένων*, *αντικείμενα*, *έννοιες*, *τιμές ιδιοτήτων* κ.λπ. και οι δεσμοί δηλώνουν τις *σχέσεις* μεταξύ αυτών των αντικειμένων. Ένα σημασιολογικό δίκτυο στην πραγματικότητα απεικονίζει μια οντολογία οντοτήτων (Gruber, 1993), η οποία στο χώρο της τεχνητής νοημοσύνης είναι ουσιαστικά ένα λεξιλόγιο περιγραφής και αναπαράστασης εννοιών κάποιου συγκεκριμένου γνωστικού τομέα. Για να οριστούν οι λέξεις που αποτελούν το «λεξιλόγιο» μιας οντολογίας πρέπει να προηγηθεί μία αναλυτική εξέταση των οντοτήτων που ανήκουν στο γνωστικό πεδίο καθώς και των σχέσεων μεταξύ

2. Γνωστικό Μοντέλο Κατανόησης Κειμένου

Η κατανόηση κειμένου αποτελεί βασικό ερευνητικό κλάδο της Γνωσιακής Επιστήμης με βασικό σκοπό τη μελέτη της οικοδόμησης γνώσης κατά την ανάγνωση, μοντέλων κατανόησης κειμένου και δημιουργίας συστημάτων για την προσομοίωση αυτών των μοντέλων. Τρεις από τις πιο γνωστές θεωρίες σχετικά με τις ανθρώπινες διαδικασίες κατανόησης κειμένου είναι το μοντέλο κατασκευής – ολοκλήρωσης (Construction–Integration Model) (Kintsch, 1998), η θεωρία της Λανθάνουσας Σημασιολογικής Ανάλυσης (Latent Semantic Analysis) (Landauer & Dumais, 1997), οι Αλγόριθμοι Κατηγορήματος (Predication Algorithms) (Kintsch, 2001), και το μοντέλο κατανόησης κειμένου (Baudet & Denhière, 1992), το οποίο και χρησιμοποιείται στην παρούσα εργασία.

Σύμφωνα με το μοντέλο των Baudet & Denhière, το άτομο που διαβάζει ένα κείμενο κατασκευάζει σταδιακά τη μικροδομή του κειμένου αυτού, καθώς και την μακροδομή του. Η μικροδομή είναι μία ιεραρχική δομή από καταστάσεις, γεγονότα και πράξεις που αφορούν τα άτομα που συμμετέχουν και περιγράφονται στο κείμενο και περιέχει αιτιακές και χρονικές σχέσεις μεταξύ των γεγονότων ή των πράξεων της.

Πιο αναλυτικά, με τον όρο *άτομο* αναφερόμαστε σε κάθε οντότητα που παίζει κάποιο ρόλο στην κατανόηση. Ο όρος *κατάσταση* είναι στατικός και αναφέρεται σε μη μεταβολή των τιμών των ιδιοτήτων των οντοτήτων που εμφανίζονται στο κείμενο σε συνάρτηση με το χρόνο. Γενικότερα, αναφέρεται σε μία σταθερή κατάσταση, η οποία δεν υφίσταται αλλαγή κατά την πάροδο ενός χρονικού διαστήματος. Ο όρος *γεγονός* περιγράφει μια δράση που προκαλεί αλλαγές αλλά δεν προέρχεται από τον άνθρωπο. Το γεγονός μπορεί να είναι τυχαίο ή να προκαλείται από μη ανθρώπινη ενέργεια π.χ. από κάποια μηχανή. Η *πράξη* είναι μια δράση που προκαλεί αλλαγές αλλά προέρχεται από τον άνθρωπο. Ο αναγνώστης, κατά την ανάγνωση του κειμένου, προσπαθεί να οργανώσει και να καθορίσει τη σημασία αυτών που διαβάζει. Οφείλει να κατασκευάσει μια αναπαράσταση της «φυσικής ροής των πραγμάτων», όπου το κάθε καινούργιο γεγονός εξηγείται αιτιακά από τις συνθήκες των γεγονότων που ήδη έχουν συμβεί.

Οι οντότητες του *ατόμου*, της *κατάστασης*, του *γεγονότος* και της *πράξης* συνδυάζονται σε περίπλοκες δομημένες ιεραρχικές δομές και δημιουργούν δύο ειδών αναπαραστάσεις:

- Τη *Μικροδομή*, η οποία περιλαμβάνει την περιγραφή των μονάδων του συστήματος με βάση τη χρονική και αιτιακή σχέση που τις συνδέει, και την περιγραφή της ακολουθίας των γεγονότων που εκτελούνται σ'αυτές τις μονάδες σε σχέση με την αιτία που τα προκαλεί καθώς και τις αλλαγές που προκαλούνται στην κατάσταση της μονάδας και του συστήματος.
- Τη *Μακροδομή*, η οποία περιλαμβάνει την τελεολογική ιεραρχική δομή των σκοπών και των υποσκοπών των διαφόρων λειτουργιών του συστήματος καθώς και την μικροδομή.

Ένα τεχνικό σύστημα που διαθέτει ένα σύνολο αλληλοσχετιζόμενων μονάδων που ορίζονται από ιεραρχικές σχέσεις τύπου *μέρους - όλου* και μπορούν να οργανωθούν σε ένα δέντρο σκοπού-υποσκοπών ονομάζεται *λειτουργικό σύστημα*. Η δημιουργία ενός κειμένου το οποίο να επιτρέπει μια ακριβή περιγραφή του τεχνικού συστήματος και να διευκολύνει τον αναγνώστη στην κατασκευή της μακροδομής του ονομάζεται *ανάλυση του τεχνικού αντικειμένου (τεχνικό κείμενο) σε λειτουργικό σύστημα*. Η ανάλυση του τεχνικού κειμένου σε λειτουργικό σύστημα θα πρέπει να παρέχει περιγραφές οι οποίες να περιλαμβάνουν τη *σχεσιακή*, τη *μετασχηματιστική* και την *τελεολογική δομή*.

Η *Σχεσιακή Δομή* περιέχει απλές ή σύνθετες στατικές καταστάσεις στις οποίες βρίσκονται τα άτομα που περιγράφει το κείμενο, οργανωμένες σε μία δενδρική ιεραρχική δομή. Η ιεραρχία αυτή καθορίζεται από στατικές ταξινομικές και μερωνυμικές σχέσεις καθώς και από σχέσεις ιδιοτήτων μεταξύ αυτών.

Στη *Μετασχηματιστική Δομή* το σύστημα αναπαριστά μία αλληλουχία γεγονότων, τα οποία μεταβάλλουν τις καταστάσεις του συστήματος. Μεταξύ των γεγονότων εμφανίζονται σχέσεις αιτιακές/χρονικές ή χρονικές. *Αιτιακές* είναι οι σχέσεις που εκφράζουν την αιτιακή σχέση μεταξύ των γεγονότων, όταν δηλαδή ένα γεγονός προκαλεί κάποιο άλλο. Οι σχέσεις αυτές είναι εξ ορισμού και χρονικές αφού το αίτιο προηγείται πάντα του αποτελέσματος. Χρονικές σχέσεις είναι οι σχέσεις που εκφράζουν την χρονική διαδοχή γεγονότων που δεν είναι απαραίτητα και αιτιακή. Αυτό σημαίνει ότι ένα γεγονός μπορεί να διαδέχεται ένα άλλο χωρίς να προκαλείται από αυτό. Η μετασχηματιστική

δομή αποτελείται και από μακρογεγονότα, τα οποία ορίζουν ολόκληρα υποσυστήματα μέσα στο μετασηματιστικό σύστημα. Π.χ. μπορεί να αναφερθεί σε ένα γενικό μακρογεγονός, το οποίο αποτελεί μία «ομπρέλα» που καλύπτει όλες τις λειτουργίες αυτού του μακρογεγονότος ή μπορεί να αναφερθεί αναλυτικά στα γεγονότα του μακρογεγονότος. Το επίπεδο περιγραφής γενικά επηρεάζεται από την πρότερη γνώση του αναγνώστη γύρω από το χώρο του κειμένου.

Η *Τελεολογική Δομή* αναπαριστά τις δομές και τις συμπεριφορές οργανισμών που ορίζονται ως σύνολα λειτουργικών ενοτήτων που βρίσκονται σε συσχέτιση μεταξύ τους. Η ιεραρχική δομή ενός τελεολογικού συστήματος ορίζεται από μερωνυμικές σχέσεις και σχέσεις υπό συνθήκη που είναι οργανωμένες σε ένα δένδρο σκοπών και υποσκοπών (τεχνικά συστήματα).

3. Σημασιολογική Ανάλυση Επιστημονικών Κειμένων Αρχιτεκτονικής Υπολογιστών

Για τη σημασιολογική ανάλυση και την εννοιολογική χαρτογράφηση, χρησιμοποιήθηκαν κείμενα από το 1ο κεφάλαιο του βιβλίου «Η επιστήμη των υπολογιστών: Μια ολοκληρωμένη παρουσίαση» (Brookshear, 2005) και το 5ο κεφάλαιο του βιβλίου «Εισαγωγή στην επιστήμη των υπολογιστών» (Fogouzan, 2003). Ως βασικό εργαλείο εννοιολογικής χαρτογράφησης χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό CMapTools (Σχήμα 1), το οποίο επιτρέπει στο χρήστη να εξάγει τον εννοιολογικό χάρτη που δημιουργήσε ως αρχείο διαφόρων μορφών. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τη χρήση των παρακάτω σημασιολογικών σχέσεων (Snow, Jurafsky & Ng, 2004):

(i) *Σχέσεις υπωνυμίας/υπερωνυμίας*: Μια έννοια B είναι είδος μιας άλλης έννοιας A τύπου H ή M όταν η B είναι τύπου H και υπώνυμη της A. Οπότε η A έχει είδος την B. Αν μια έννοια είναι τύπου (είδος) M τότε είναι ιδιότητα μιας άλλης έννοιας τύπου H ή M. Μια έννοια B είναι ιδιότητα μιας έννοιας A όταν η B είναι τύπου M και η A είναι υπερόνυμη της B και υπάρχει γραμμή που ενώνει την A με B. Αν μια έννοια A έχει ιδιότητα μια έννοια B, τότε αυτή η ιδιότητα B κληροδοτείται σε όλες τις υπώνυμες της έννοιας A έννοιες τύπου H (και όχι M). Οπότε όλες οι υπώνυμες της έννοιας A έννοιες τύπου H έχουν την ιδιότητα B της έννοιας A διότι την έχουν κληρονομήσει. Π.χ. «Το Ασθενοφόρο, Νοσοκομειακό είναι ένα υπώνυμο του Αυτοκίνητου» (δηλ. το ασθενοφόρο είναι ένα είδος αυτοκινήτου).

(ii) *Μερωνυμικές Σχέσεις (Μερωνυμία/Ολωνυμία)*: Οι μερωνυμικές σχέσεις εκφράζονται με την φράση: «είναι μέρος» ή αντίστροφα «αποτελείται από» όπως π.χ. στις προτάσεις «Το X είναι μέρος (μερωνυμία) του Y» άρα το «Y αποτελείται από (ολωνυμία) X». Παραδείγματα μερωνυμικών σχέσεων αποτελούν οι φράσεις: «Το κεφάλι είναι μέρος του σώματος», «Μέρος των ποδηλάτων αποτελείται από αλουμίνιο», «Οι βαλβίδες είναι μέρος των μηχανών», «Τα ραντεβού είναι μέρος της εφηβείας», κ.α.

Ανάμεσα στις διάφορες μερωνυμικές σχέσεις υπάρχουν διαφορές τόσο γλωσσολογικές όσο και λογικές. Πολλές μελέτες έχουν γίνει σχετικά με τα είδη των μερωνυμικών σχέσεων. Στον Πίνακα 1, διακρίνονται οι έξι κύριες κατηγορίες μερωνυμικών σχέσεων (Winston, Chaffin & Herrmann, 1987). Τα έξι αυτά διαφορετικά αυτά είδη μερωνυμικών σχέσεων διακρίνονται με βάση τα ακόλουθα τρία κριτήρια:

- *Λειτουργικότητα*. Όταν τα μέρη ενός αντικειμένου έχουν μία συγκεκριμένη θέση χρονική ή χωρική σε σχέση με τα άλλα μέρη ή/και προς το σύνολο. Για παράδειγμα, το τιμόνι ενός αυτοκινήτου μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μία μόνο συγκεκριμένη θέση, σε σχέση με τα άλλα μέρη και σε σχέση με το αυτοκίνητο που αποτελεί το όλον.
- *Ομοιομέρεια*. Όταν τα μέρη είναι του ίδιου είδους μεταξύ τους αλλά και με το σύνολο. Για παράδειγμα ένας κόκκος αλατιού είναι ομοιομερής με έναν άλλο κόκκο αλλά και με μια μεγαλύτερη ποσότητα αλατιού που αποτελεί το όλον.
- *Διαχωριστικότητα*. Όταν τα μέλη μπορούν να χωριστούν φυσικά από το σύνολο στο οποίο ανήκουν. Για παράδειγμα το τιμόνι μπορεί να διαχωριστεί από το αυτοκίνητο ενώ το αλουμίνιο δεν είναι διαχωρίσιμο από το ποδήλατο.

Λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω κατηγορίες μερωνυμικών σχέσεων αλλά και τον τρόπο που αυτές διαχωρίζονται μεταξύ τους, κατασκευάζουμε τον παρακάτω συνοπτικό πίνακα ο οποίος εστιάζει σε

αυτές τις διαφορές. Συχνά, διάφορες άλλες σημασιολογικές σχέσεις όπως χωρικές, ταξινομικές (σχέσεις κλάσης), συγγέονται ως μερωνυμικές.

Πίνακας 1: Διαφορετικά είδη μερωνυμίας

α/α	Μερωνυμική Σχέση	Παραδείγματα	Λειτουργικότητα	Ομοιομέρεια	Διαχωρισιμότητα
1	Συστατικό-Αντικείμενο	πετάλι-ποδήλατο, κεφάλαιο-βιβλίο	Ναι	Όχι	Ναι
2	Μέλος – Συλλογή	πλοίο-στόλος, δέντρο-δάσος	Όχι	Όχι	Ναι
3	Μερίδιο – Μάζα	κόκκος-αλάτι, κομμάτι τούρτας- τούρτα	Όχι	Ναι	Ναι
4	Υλικό– Αντικείμενο	ατσάλι-αυτοκίνητο, αλκοόλ-ουίσκι	Όχι	Όχι	Όχι
5	Γεγονός– Δραστηριότητα	πληρώνω-ψωνίζω, ραντεβού-εφηβεία	Ναι	Όχι	Όχι
6	Χώρος – Επιφάνεια	όαση-έρημος, γήπεδο ποδοσφ-μικρή περιοχή	Όχι	Ναι	Όχι

(iii) *Σχέσεις Χωρικής Συμπερίληψης*: Μια σχέση που μπορεί να θεωρηθεί λανθασμένα μερωνυμική είναι αυτή της σχέσης μεταξύ ενός δοχείου-περιοχής και του αντικειμένου το οποίο είναι προσωρινά αποθηκευμένο μέσα σε αυτό. Παραδείγματα τέτοιων σχέσεων είναι: «το κρασί είναι μέσα στο ψυγείο», «ο κρατούμενος είναι μέσα στο κελί».

(iv) *Σχέσεις Χαρακτηριστικού*: Κάποιες σχέσεις έχουν την έννοια του αντικειμένου και του χαρακτηριστικού του. Παραδείγματα τέτοιων σχέσεων είναι: «οι πύργοι είναι ψηλοί», «το ανέκδοτο ήταν αστείο».

Ακολουθεί η οντολογική αναπαράσταση της γνώσης του ειδικού σε επίπεδο και των τριών δομών του γνωστικού μοντέλου των Baudet και Denhière. Στην υποενότητα 3.1 αναπαρίσταται η σχεσιακή δομή του ειδικού, στην 3.2 η μετασχηματιστική και στην 3.3 η τελεολογική δομή.

3.1 Αναπαράσταση Σχεσιακής Δομής Ειδικού

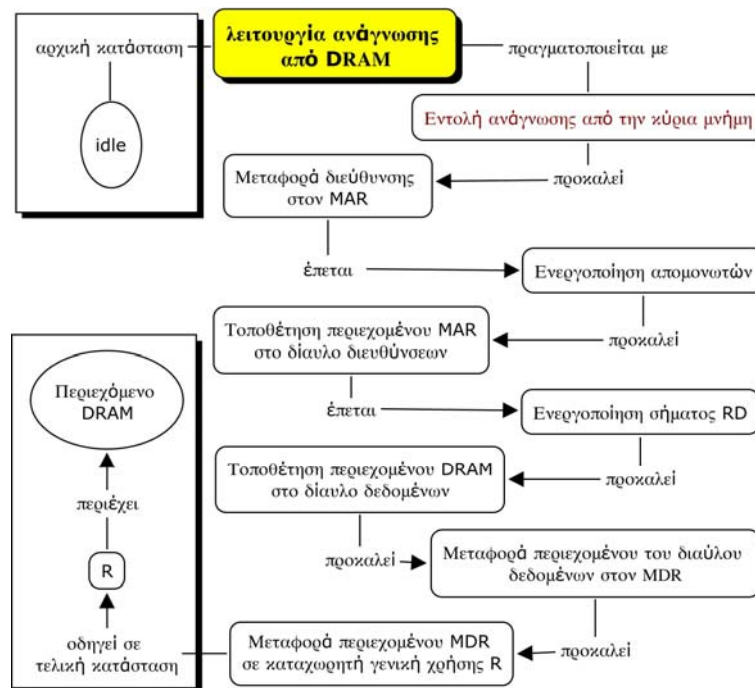
Στην περίπτωση της αναπαράστασης της σχεσιακής δομής που φαίνεται στο Σχήμα 2 και περιγράφει τμήμα της οντολογίας της έννοιας «Υπολογιστικό Σύστημα» χρησιμοποιήθηκε εννοιολογικός χάρτης. Λόγω του ότι κάθε τεχνικό κείμενο περιέχει υπονοούμενη γνώση, η οποία δεν αναφέρεται ρητά στο κείμενο, κρίθηκε αναγκαίο να προστεθούν οντότητες και σχέσεις μεταξύ αυτών που υπονοούνται, όπου υπήρχε έλλειψη συνέχειας στην οντολογία που δημιουργούταν ως αποτέλεσμα της μελέτης των κειμένων. Στις μερωνυμικές σχέσεις του χάρτη (Σχήμα 2) εμφανίζεται σε παρένθεση αριθμός που προσδιορίζει τον τύπο της μερωνυμίας σύμφωνα με τον Πίνακα 1.

Παραδείγματα μερωνυμικών σχέσεων είναι:

1. «Μαγνητικός δίσκος αποτελείται από Μαγνητικό υλικό».
(μερωνυμική σχέση 4 τύπου Υλικό–Αντικείμενο)
2. «Μνήμη υπολογιστή αποτελείται από Κύρια μνήμη».
(μερωνυμική σχέση 1 τύπου Συστατικό–Αντικείμενο)
3. «Κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU) αποτελείται από Καταχωρητές CPU».
(μερωνυμική σχέση 6 τύπου Χώρος–Επιφάνεια)

Οι οντότητες *Καταχωρητής Δεδομένων* (MDR) και *Καταχωρητής Διευθύνσεων* (MAR) εμφανίζονται και στην υποενότητα 3.2, στην οποία περιγράφεται η μετασχηματιστική δομή του λειτουργικού συστήματος όπου και συμμετέχουν ως άτομα σύμφωνα με το μοντέλο κατανόησης κειμένου.

ιδιότητες των οντοτήτων που συμμετέχουν στη δόμηση της σχεσιακής δομής για τις δύο χρονικές στιγμές πριν και μετά.



Σχήμα 3: Παράδειγμα Εννοιολογικού Χάρτη Μετασχηματιστικής Δομής Ειδικού που περιγράφει το μακρογεγονός/λειτουργία ανάγνωσης από DRAM

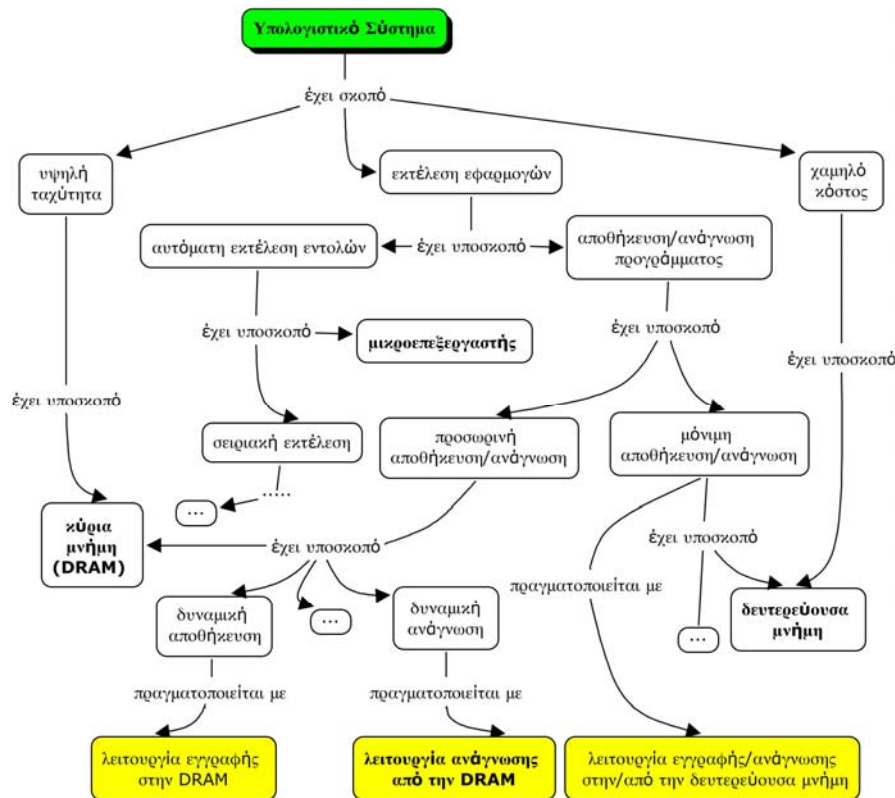
Το μακρογεγονός, λοιπόν, που περιγράφει την ανάγνωση από την κύρια μνήμη, αποτελείται από μία αλληλουχία γεγονότων, τα οποία πρέπει να εκτελεστούν με συγκεκριμένη σειρά, προκειμένου να φτάσουμε στην επιθυμητή τελική κατάσταση που είναι ένας καταχωρητής γενικής χρήσης R της CPU να περιέχει τα δεδομένα μια θέσης της DRAM (κύρια μνήμη) με συγκεκριμένη διεύθυνση. Τα γεγονότα που εμπλέκονται στην αναπαράσταση της μετασχηματιστικής δομής έχουν χρονική ή/και αιτιακή σχέση μεταξύ τους. Χρονική έχουν όλες μεταξύ τους γιατί εκτελούνται σειριακά και αιτιακή έχουν εκείνες που η μία προκαλεί την άλλη μέσω του *αυτομάτου διαχειρίσεως της μονάδας ελέγχου* της CPU, η οποία παράγει και τα σήματα ελέγχου. Οι χρονικές σχέσεις αναπαρίστανται ως σχέσεις «έπεται» ενώ οι αιτιακές ως σχέσεις «προκαλεί». Αυτό σημαίνει ότι κατά την περιγραφή ενός μακρογεγονότος θα πρέπει πέρα από τη δήλωση των γεγονότων του, οι οποίες στην πραγματικότητα σχετίζονται με το μακρογεγονός με μερωνυμικές σχέσεις τύπου Γεγονός – Δραστηριότητα (Σχήμα 2), να αναπαρασταθούν και οι χρονικές/αιτιακές σχέσεις.

3.3 Αναπαράσταση Τελεολογικής Δομής Ειδικού

Στην προσπάθεια αναπαράστασης της τελεολογικής δομής που αφορά στο σκοπό ενός Υπολογιστικού Συστήματος, ως βασικός σκοπός ενός τέτοιου συστήματος θεωρήθηκε η *Εκτέλεση Εφαρμογών* με υψηλή ταχύτητα και χαμηλό κόστος. Δηλαδή, ένα υπολογιστικό σύστημα σχεδιάστηκε επειδή υπήρξε η ανάγκη εκτέλεσης εφαρμογών γρήγορα και όσο το δυνατόν φθηνότερα. Η *εκτέλεση εφαρμογών*, με τη σειρά της έχει διάφορους υποσκοπούς, όπως την *αυτόματη εκτέλεση εντολών* και την *αποθήκευση/ανάγνωση προγράμματος* (Σχήμα 4). Η τελεολογική δομή αναπαρίσταται ως μια ιεραρχία σκοπών/υποσκοπών με την χρήση εννοιολογικής χαρτογράφησης. Ορισμένες χαρακτηριστικές σχέσεις που χρησιμοποιούμε για την αναπαράσταση της δομής είναι:

- *έχει σκοπό ή υποσκοπό*: Η σχέση αυτή χρησιμοποιείται για να δηλώσουμε το σκοπό μίας συγκεκριμένης οντότητας ή τον υποσκοπό που πρέπει να επιτευχθεί με στόχο την επίτευξη του απώτερου σκοπού. Σχέσεις αυτού του τύπου βρίσκονται στα ανώτερα επίπεδα της ιεραρχίας του τεχνικού συστήματος. Συνδέει μία οντότητα με μία άλλη, δηλώνοντας ότι η δεύτερη οντότητα αποτελεί το σκοπό της πρώτης. Στην πραγματικότητα και αυτές οι σχέσεις είναι μερωνυμικές τύπου Γεγονός – Δραστηριότητα (Σχήμα 2).

- *Πραγματοποιείται με:* Η σχέση αυτού του τύπου είναι η σχέση εκείνη που συνδέει την τελεολογική με τη μετασχηματιστική δομή αφού οι δύο δομές αλληλοσυσχετίζονται.



Σχήμα 4: Παράδειγμα Εννοιολογικού Χάρτη Τελεολογικής Δομής Ειδικού που περιγράφει τους σκοπούς ενός Υπολογιστικού Συστήματος

Στο Σχήμα 4 τονίζονται τα μακρογεγονότα του συστήματος, μέσω των οποίων εκπληρώνονται οι σκοποί/υποσκοποί του. Π.χ. η *δυναμική ανάγνωση*, πραγματοποιείται με το μακρογεγονός «*λειτουργία ανάγνωσης από DRAM*», του οποίου η μετασχηματιστική δομή περιγράφηκε στην υποενότητα 3.2.

4. Αξιοποίηση της προτεινόμενης προσέγγισης σε μαθήματα Πληροφορικής

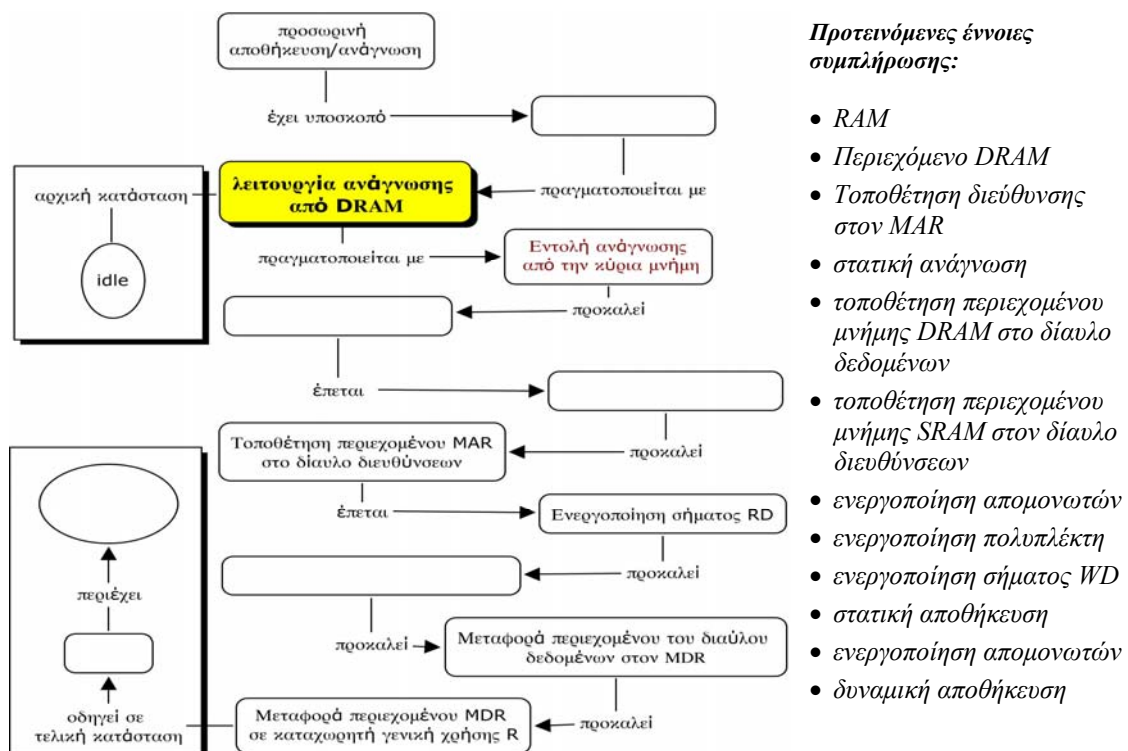
Στις υποενότητες 3.1, 3.2 και 3.3 παρουσιάστηκε η προσέγγιση της σημασιολογικής ανάλυσης κειμένων Πληροφορικής με βάση το μοντέλο των Baudet και Denhière μέσω της αναπαράστασης των τριών δομών του με αξιοποίηση των εννοιολογικών χαρτών. Ξεκινώντας, λοιπόν, αντίστροφα, από την τελεολογική δομή, στην οποία περιγράφεται ένα υπολογιστικό σύστημα οργανωμένο ως προς τους κατασκευαστικούς και λειτουργικούς σκοπούς του, οδηγούμαστε στη μετασχηματιστική δομή (μακρογεγονότα με κίτρινο χρώμα), στην οποία περιγράφονται λεπτομερώς οι επί μέρους λειτουργίες που πρέπει να εκτελεστούν ώστε να επιτευχθούν οι σκοποί/υποσκοποί του συστήματος, καθώς και οι αιτιακές ή χρονικές σχέσεις μεταξύ αυτών. Τέλος, η σχεσιακή δομή περιγράφει τις οντότητες που συμμετέχουν στις λειτουργίες του υπολογιστικού συστήματος (μετασχηματιστική δομή) ώστε να επιτευχθούν οι σκοποί (τελεολογική δομή).

Γνωρίζουμε μέχρι τώρα ότι καλοί γνώστες ενός αντικείμενου έχουν πιο πλούσια διασυνδεδεμένα σημασιολογικά δίκτυα από ότι τα άτομα με χαμηλότερη πρότερη γνώση (Derry, 1990). Οι γνωστικές δομές του ειδικού έχουν μεγαλύτερη εσωτερική συνοχή, αλλά και περισσότερες πληροφορίες που σχετίζονται με την πληροφορία που είναι πιο μακριά από το γνωστικό αντικείμενο σε σχέση με τους αρχάριους (Tweney & Walker, 1990). Οι ειδικοί αναγνωρίζουν, οργανώνουν και διαχειρίζονται την πληροφορία υπό τη μορφή μεγαλύτερων τμημάτων - chunks (Chase & Simon, 1973; Perkins, 1981), και μπορούν να κάνουν λεπτές διακρίσεις μεταξύ των πολύ στενά συνδεδεμένων οντοτήτων από ότι οι αρχάριοι (Klausmeier, 1990). Αυτό αποτελεί και απόδειξη ότι ο υψηλός βαθμός συνοχής αποτελεί

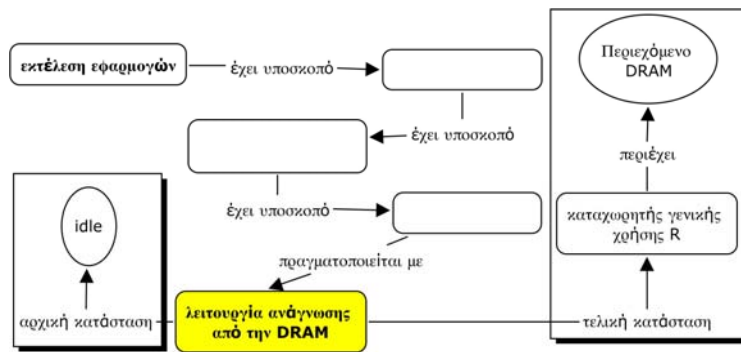
και σημαντικό στοιχείο στην οικοδόμηση της γνώσης. Στα πλαίσια της Διδακτικής της Πληροφορικής έχουν χρησιμοποιηθεί εννοιολογικοί χάρτες με σκοπό να υποστηριχθεί η μάθηση εννοιών της Πληροφορικής, καθώς επίσης και να αξιολογηθεί το γνωστικό υπόβαθρο μαθητών/φοιτητών στις έννοιες αυτές (Gouli et al., 2006; Γουλή, Γόγουλου & Γρηγοριάδου, 2006).

Σύμφωνα με τα προηγούμενα, οι χάρτες που κατασκευάστηκαν με σκοπό την αναπαράσταση εννοιών Πληροφορικής θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν ως μαθησιακό και διδακτικό εργαλείο για τη βαθύτερη κατανόηση των εννοιών από αρχάριους φοιτητές σε δραστηριότητες συμπλήρωσης, επέκτασης, διόρθωσης ή ακόμα και κατασκευής χάρτη. Μελέτη κατασκευής εννοιολογικών χαρτών από φοιτητές με χαμηλή πρότερη γνώση και με βάση το γνωστικό μοντέλο (Blitsas, Papadopoulos & Grigoriadou, 2009) έδειξε ότι όλοι οι συμμετέχοντες μπορούν να κατασκευάσουν χάρτες σχετικούς με τη σχεσιακή δομή, αφού στις περισσότερες περιπτώσεις οι αναγνώστες τεχνικών κειμένων έρχονται σε άμεση επαφή με έκδηλη τη γνώση που αφορά σε αυτή τη δομή. Η μετασχηματιστική και τελεολογική δομή όμως των συστημάτων δεν αναφέρονται ρητά στα κείμενα και, κατά συνέπεια, θα πρέπει να συναχθούν από τους αναγνώστες. Η βασισμένη στο μοντέλο των Baudet & Denhière χαρτογράφηση φαίνεται να συνδράμει σε δύο διαφορετικά επίπεδα:

- (i) Το πρώτο επίπεδο αφορά σε φοιτητές, οι οποίοι έχουν βαθύτερες γνώσεις των εννοιών και αποδίδουν ικανοποιητικά ακόμη και στην τελεολογία. Σε αυτή την περίπτωση προτείνεται η χρήση πλήρων εννοιολογικών χαρτών, που να περιλαμβάνουν δηλαδή και τις τρεις δομές του μοντέλου, προς συμπλήρωση ή/και διόρθωση (Σχήμα 5).
- (ii) Το δεύτερο επίπεδο αφορά σε φοιτητές, οι οποίοι έχουν επιφανειακή κατανόηση σχετικά με τις βασικές έννοιες και αναπαριστούν ικανοποιητικά τις σχέσεις μεταξύ εννοιών που αφορούν τη μικροδομή, αλλά όχι και την τελεολογία. Θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν χάρτες που αναπαριστούν τη μετασχηματιστική δομή ενός μακρογεγονότος (σε συνδυασμό με την σχεσιακή δομή που περιγράφει την αρχική και τελική κατάσταση, πριν και μετά το μακρογεγονός) και να επεκταθούν ως προς την τελεολογική δομή που αφορά στους υποσκοπούς που επιτυγχάνονται μέσω αυτού του μακρογεγονότος. (Σχήμα 6).



Σχήμα 5: Παράδειγμα χάρτη και προτεινόμενων εννοιών συμπλήρωσης και των τριών δομών, σχεσιακής (τελική κατάσταση), μετασχηματιστικής (γεγονότα), τελεολογικής (υποσκοποί)



Σχήμα 6: Παράδειγμα χάρτη επέκτασης τελεολογικής δομής του μακρογεγονότος ανάγνωσης από DRAM

Βιβλιογραφία

- Baudet, S. & Denhière, G. (1992). *Lecture, compréhension de texte et science cognitive*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Blitsas, P., Papadopoulou, G. & Grigoriadou, M. (2009). How Concept Mapping Can Support Technical Systems Understanding Based on Denhière-Baudet Text Comprehension Model, *Proceedings of the 9th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2009)*, Riga, Latvia, 14-18 July 2009, pp. 352-354.
- Brookshear, J. G. (2005). *Η επιστήμη των υπολογιστών: Μια ολοκληρωμένη παρουσίαση*. Εκδόσεις Κλειδάριθμος. ISBN 960-209-890-2
- Croft, William and D. Alan Cruse (2004). *Cognitive Linguistics*. Cambridge: Cambridge University Press. pp. 1,105,7-15,33-39.
- Chase, W. G. & Simon, H. A. (1973). The mind's eye in chess. In W. G. Chase, Ed., *Visual information processing*. NY: Academic Press.
- Derry, S. D. (1990). Learning strategies for acquiring useful knowledge. In Jones, B. F. & Idol, L., Eds., *Dimensions of thinking and cognitive instruction*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Forouzan, A. B. (2003). *Εισαγωγή στην επιστήμη των υπολογιστών*. Εκδόσεις Κλειδάριθμος. ISBN 960-209-707-8.
- Gouli, E., Gogoulou, A., Tsakostas, C., & Grigoriadou, M. (2006). How COMPASS supports multi-feedback forms and components adapted to learner's characteristics. In A. Cañas, & J. Novak (Eds.), *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology, Proceedings of the Second International Conference on Concept Mapping*, San José, Costa Rica, Vol.1, 255-262.
- Gruber, T. (1993). *Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing*, Technical Report KSL 93-04, Stanford University, Knowledge Systems Laboratory. Revision.
- Kintsch, W. (1992). A cognitive architecture for comprehension. In H. L. Pick, P. van den Broek, & D. C. Knill (Eds.), *The study of cognition: Conceptual and methodological issues* (pp. 143-164). Washington, DC: American Psychological Association.
- Klausmeier, H. J. (1990). Conceptualizing. In Jones, B. F. & Idol, L., Eds., *Dimensions of thinking and cognitive instruction*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Landauer, T. & Dumais, S. (1997). A solution to Plato's problem: the Latent Semantic Analysis theory of acquisition, induction and representation of knowledge. *Psychological Review*, Vol. 104, No. 2, pp 211-240.
- Novak, J. and Gowin, B. (1984). *Learning How to Learn*. New York: Cambridge University Press.
- Novak, J. D. (1998). *Learning, Creating, and Using Knowledge: Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations*, Mahwah, NJ. Lawrence Erlbaum Associates.
- Novak, J. & Musonda, D. (1991). A Twelve-year longitudinal study of Science Concept Learning. *American Educational Research Journal*, 28(1), pp.117-153.
- Perkins, D. N. (1981). *The mind's best work*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Snow, Rion, Daniel Jurafsky and Andrew Y. Ng (2004). *Learning syntactic patterns for automatic hypernym (sic) discovery*. Advances in Neural Information Processing Systems 17.
- Tweney, R. D. & Walker, B. J. (1990). Science education and the cognitive psychology of science. In Jones, B. F. & Idol, L., Eds., *Dimensions of thinking and cognitive instruction*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Winston, M. E., Chaffin R., & Herrmann D. (1987). A taxonomy of part-whole relations. *Cognitive Science*, vol. 11, pp. 417-444.
- Γουλή, Ε., Γόγουλου, Α., & Γρηγοριάδου, Μ. (2006). Ο Ενωσιολογικός Χάρτης στην Εκπαιδευτική Διαδικασία του μαθήματος της Πληροφορικής: Μια Πιλοτική Διερεύνηση. *Θέματα στην Εκπαίδευση, Ειδικό Αφιέρωμα: Σύγχρονη έρευνα στη Διδακτική της Πληροφορικής*, 7:3, σελ. 351-377. Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα.