

# ΜΟΝΤΕΛΑ ΓΝΩΣΙΑΚΩΝ ΔΟΜΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΝΟΗΜΟΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

Δαρζέντας,Ι., Λουκόπουλος,Ν., Δαρζέντα,Τ., Σπύρου,Θ.  
Τμήμα Μαθηματικών, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

## Περίληψη

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά ενός Νοήμονος Συστήματος Διδασκαλίας πρέπει να είναι η ικανότητα του να δίνει κατάλληλες επεξηγήσεις σε ερωτήσεις του μαθητή σχετικές με το αντικείμενο της επικοινωνίας. Όσο καλύτερη είναι η επεξήγηση τότε τόσο πιο αποτελεσματικό είναι το σύστημα. Καλύτερη επεξήγηση σημαίνει αφ' ενός μεν πληρέστερη μεταδιδόμενη γνώση και αφ' ετέρου καλύτερη μετάδοση, δηλαδή καλύτερο επεξηγηματικό διάλογο. Η Εργασία αυτή αναφέρεται στο σχεδιασμό ενός Νοήμονος Συστήματος Διδασκαλίας που βασίζεται σε αυτές τις δυο κατευθύνσεις. Ειδικότερα αναφέρεται στο ρόλο της γνώσης της οποίας η δομή βασίζεται στην θεωρία των Γνωσιακών Δομών Εργασίας και πώς αυτή επηρεάζει την αναζήτηση και ανάκτηση της γνώσης που πρέπει να μεταδοθεί.

## Abstract

One of the main characteristics of an ITS is its ability to respond to a student's query with an appropriate explanation. This paper stems out of a research project (IDEAL) whose brief is to attempt to better tailor explanations to the user in cases where the subject matter to be taught is task-based. The parts of IDEAL which are being researched into are fresh approaches to discourse and dialogue control for the form of the explanation. While for the content, the domain knowledge is arranged in a task knowledge structure (TKS) or sets of TKSs. It is this original arrangement of domain knowledge and the issues of knowledge representation and consequently knowledge retrieval which are the topics focussed upon this paper.

---

Η παρούσα εργασία αποτελεί μέρος του ερευνητικού προγράμματος IDEAL μέσα στα πλαίσια του ESPRIT. Το πρόγραμμα IDEAL είναι μια συνεργασία του Μαθηματικού Τμήματος του Πανεπιστημίου Αιγαίου με το Department of Computer Science του Queen Mary and Westfield College (University of London), το Department of Business and Systems Analysis του City University (London), το Department of Linguistics του University of Pisa και του Institute of Computational Linguistics, CNR (Pisa).

# ΜΟΝΤΕΛΑ ΓΝΩΣΙΑΚΩΝ ΔΟΜΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΝΟΗΜΟΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

Δαρζέντας,Ι., Λουκόπουλος,Ν., Δαρζέντα,Τ., Σπύρου,Θ.  
Τμήμα Μαθηματικών, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

## 1. Εισαγωγή

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά ενός Νοήμονος Συστήματος Διδασκαλίας πρέπει να είναι η ικανότητά του να δίνει κατάλληλες επεξηγήσεις σε ερωτήσεις μαθητών/εκπαιδευομένων, σχετικές με το αντικείμενο της επικοινωνίας συστήματος μαθητή. Στην περίπτωση που το αντικείμενο είναι η περιγραφή μιας δεδομένης εργασίας τότε μια σχετική ερώτηση απαιτεί από το σύστημα μια επεξήγηση η οποία θα βασίζεται σε γνώση ειδική για τη συγκεκριμένη εργασία. Για να κατασκευασθεί ένα σύστημα που θα δίνει όσο το δυνατόν πληρέστερες και ακριβέστερες επεξηγήσεις είναι αναγκαίο να μελετηθεί πρώτα ο τρόπος με τον οποίο η γνώση για μια εργασία αναπαρίσταται καθώς επίσης και πώς αυτή ενεργοποιείται.

Στην εργασία αυτή περιγράφεται ο γενικός σχεδιασμός της αρχιτεκτονικής ενός Νοήμονος Συστήματος Διδασκαλίας στο οποίο η αναπαράσταση της γνώσης για μια εργασία βασίζεται στη θεωρία των Γνωσιακών Δομών Εργασίας (ΓΔΕ). Οι ΓΔΕ υλοποιούνται στο σύστημα μέσω συνδιασμού πλαισίων και κανόνων παραγωγής με τη βοήθεια ενός εργαλείου-φλοιού ανάπτυξης έμπειρων συστημάτων.

Στο κεφάλαιο 2 περιγράφονται τα βασικά συστατικά ενός ΝΣΔ. Στο κεφάλαιο 3 δίνεται μια λεπτομερής περιγραφή των Γνωσιακών Δομών Εργασίας (ΓΔΕ) επάνω στις οποίες βασίζεται ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη του γνωσιακού μέρους του συστήματος, δηλαδή του υποσυστήματος που αναπαριστά και μεταδίδει τη γνώση. Τέλος, στο κεφάλαιο 4 περιγράφεται η αρχιτεκτονική του συστήματος με ιδιαίτερη έμφαση στο ρόλο των ΓΔΕ στην αναπαράσταση γνώσης καθώς επίσης και στην επίδραση τους στον τρόπο ανάκτησης της γνώσης και ενημέρωσης του μαθητή.

## 2. Νοήμονα Συστήματα Διδασκαλίας (Intelligent Tutoring Systems)

Ένα Νοήμον Σύστημα Διδασκαλίας (Intelligent Tutoring System) μπορεί να οριστεί, σε γενικές γραμμές, σαν ένα πρόγραμμα υπολογιστή που χρησιμοποιεί μεθόδους Τεχνητής Νοημοσύνης για να αναπαράσχει γνώση και για να συντηρήσει και διαχειριστεί την αλληλεπίδραση με ένα μαθητή με σκοπό τη διδασκαλία, την εκπαίδευση και την εξάσκηση [1].

Διάφορα Νοήμονα Συστήματα Διδασκαλίας (ΝΣΔ) έχουν κατασκευαστεί μέχρι σήμερα τα οποία καλύπτουν διάφορους τομείς, όπως η διδασκαλία μιας γλώσσας προγραμματισμού σαν την LISP (LISP Tutor [2]), η Ιατρική διαγνωστική (GUIDON [3,4], S EXPERT [5]) και η εξάσκηση σε βιομηχανικά εργαλεία (STEAMER [6], RBT [7]).

### 2.1 Περιγραφή ενός τυπικού Ν.Σ.Δ.

Σε ένα τυπικό ΝΣΔ, οποιοσδήποτε και αν είναι ο σκοπός για τον οποίο κατασκευάστηκε, διακρίνονται τα εξής τέσσερα τμήματα:

#### 2.1.1 Μοντέλο εμπειρογνώμονα (Expert Module)

Το πρώτο τμήμα σε ένα οποιοδήποτε σύστημα διδασκαλίας περιέχει τη γνώση της περιοχής του αντικειμένου (subject area) που πρέπει να μεταδοθεί στο μαθητή. Αυτό το τμήμα εξυπηρετεί μια διπλή λειτουργία: αφ' ενός, λειτουργεί σαν πηγή γνώσης που θα μεταδοθεί και αφ' ετέρου χρησιμεύει σαν πρότυπο για να αξιολογεί την απόδοση και την πρόοδο του μαθητή. Η εσωτερική δομή του μπορεί να είναι περισσότερο ή λιγότερο ανοικτή σε επιθεώρηση, όπως επίσης μπορεί να είναι περισσότερο ή λιγότερο ικανό να εξηγεί τις δράσεις του καθώς και τα συμπεράσματά του.

Τα μοντέλα εμπειρογνώμονα μπορούν να ταξινομηθούν σε ένα φάσμα που εκτείνεται από αναπαραστάσεις τελείως αδιαφανείς ("black-box" representations) μέχρι αναπαραστάσεις τελείως διαφανείς ("glass-box" representations) [8,9].

Το μοντέλο "glass-box" αναφέρεται και σαν σαφές/αρθρωτό (articulate) γιατί κάθε απόφαση που παίρνει για τη λύση ενός προβλήματος μπορεί, σε γενικές γραμμές, να προσομοιώσει σε νοητικό επίπεδο τον τρόπο λειτουργίας του ανθρώπου-ειδικού στη λύση προβλημάτων [8]. Τα BUGGY [10], WUMPUS [11] και GUIDON [3,4] είναι μερικά παραδείγματα συστημάτων τα οποία βασίζονται σε μοντέλα εμπειρογνώμωνων "glass-box". Ειδικά για το GUIDON αξίζει να αναφερθεί ότι το μοντέλο εμπειρογνώμονα είναι το ίδιο ένα έμπειρο σύστημα, το MYCIN.

Το μοντέλο "black-box" έχει δομές δεδομένων και αλγόριθμους επεξεργασίας οι οποίοι δεν προσομοιάζουν εκείνους που χρησιμοποιούν οι άνθρωποι. Το μοντέλο εμπειρογνώμονα στο SOPHIE-I [10] είναι ένα μοντέλο "black-box" το οποίο χρησιμοποιείται μόνον για να ελέγχει τη σταθερότητα και συνοχή των υποθέσεων του μαθητή και για να απαντάει τις ερωτήσεις του, αλλά οι μηχανισμοί του δεν αποκαλύπτονται ποτέ στο μαθητή.

Η κατασκευή ενός μοντέλου εμπειρογνώμονα σαν "glass-box" ή σαν "black-box" είναι ένα αμφισβητούμενο ζήτημα. Δεν υπάρχει μια τελική αποδοχή ως προς τον τρόπο κατασκευής ενός τέτοιου μοντέλου. Πάντως και οι Burton & Brown [12] και ο Dede [8] προτείνουν την δυνατότητα συνδιασμού των μοντέλων "black-box" και "glass-box" για την κατασκευή ενός μοντέλου εμπειρογνώμονα. Το WEST είναι ένα σύστημα κατασκευασμένο με ένα τέτοιο συνδιασμό μοντέλων.

### **2.1.2 Μοντέλο του μαθητή (Student Model)**

Το μοντέλο του μαθητή είναι το μοντέλο της αναπαράστασης της γνώσης που κατέχει ο μαθητής κάθε στιγμή και που μεταφέρεται ουσιαστικά από το μοντέλο του εμπειρογνώμονα στο μαθητή-δέκτη. Ένα ιδανικό μοντέλο μαθητή θα πρέπει να περιέχει όλες τις μορφές της συμπεριφοράς και της γνώσης του μαθητή που επηρεάζουν τη μάθηση και την απόδοσή του. Ένα τέτοιο μοντέλο θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προλέγει το επίπεδο της κατανόησης, το επίπεδο της εμπειρίας και επιδεξιότητας, και για να αναγνωρίζει το ειδικό στυλ μάθησης του μαθητή [13].

Για να επιτευχθούν τα παραπάνω, όπως επίσης και για μια καλύτερη επικοινωνία μεταξύ του εμπειρογνώμονα και του μαθητή, το μοντέλο του μαθητή θα πρέπει να περιέχει: τους σκοπούς και τα σχέδια (goals and plans), τις ικανότητες (capabilities), τις χαρακτηριστικές ιδιότητες (attitudes), και τη γνώση ή τα πιστεύω (knowledge or beliefs) για το συγκεκριμένο πεδίο γνώσης (domain knowledge) [14].

Οι φιλοσοφίες κατασκευής ενός τέτοιου μοντέλου επηρεάζονται από τον τρόπο αντιμετώπισης της σχέσης μεταξύ της γνώσης του εμπειρογνώμονα και του μαθητή. Οι σχέσεις αυτές εκφράζονται με τα εξής δυο μοντέλα:

1. Μοντέλο επικάλυψης (Overlay model): Αυτός ο τύπος μοντέλου βασίζεται στην υπόθεση ότι η γνώση του μαθητή είναι ένα υποσύνολο της γνώσης του εμπειρογνώμονα σε ένα συγκεκριμένο θέμα. Κατ' αυτό τον τρόπο έννοιες που περιέχονται στο μοντέλο του εμπειρογνώμονα μπορούν να σημαδευθούν σαν 'γνωστές' ή 'μη γνωστές'.

2. Μοντέλο διατάραξης (Perturbation model): Αυτός ο τύπος μοντέλου υποθέτει ότι τα πιστεύω (beliefs) του μαθητή είναι παρόμοια με εκείνα του συστήματος, αλλά ο μαθητής μπορεί να έχει πιστεύω που είναι διαφορετικά από εκείνα του συστήματος σε συγκεκριμένα σημεία. Αυτές οι διαφορές στο μοντέλο του μαθητή μπορούν να θεωρηθούν σαν διαταράξεις της γνώσης του εμπειρογνώμονα. Με άλλα λόγια, αυτός ο τύπος μοντέλου μπορεί να θεωρηθεί σαν μια εικόνα του πεδίου γνώσης που παρουσιάζεται σαν διαταραχή, μια συλλογή πιθανών λαθών και εσφαλμένων αντιλήψεων (misconceptions) τις οποίες το σύστημα πρέπει να ανακαλύψει και να διορθώσει κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης με το μαθητή.

### 2.1.3 Μοντέλο διδασκαλίας (Tutor Model)

Το μοντέλο διδασκαλίας περιέχει και χρησιμοποιεί ειδική γνώση διδακτικών διαδικασιών. Περιέχει τις στρατηγικές, τους κανόνες και τις διαδικασίες που ελέγχουν την αλληλεπίδραση (interaction) του συστήματος με το μαθητή.

Οι απαιτούμενες λειτουργίες τις οποίες ένα μοντέλο διδασκαλίας πρέπει να εμπεριέχει [11,12,13] είναι:

α. Τι να πει (what to say): αυτή η λειτουργία περιλαμβάνει, πρώτον, την επιλογή του θέματος (topic) η οποία κατευθύνεται από την ερμηνεία των προβλημάτων ή των αναγκών του μαθητή και δεύτερον, την τακτοποίηση του θέματος, δηλαδή τι να πει πότε.

β. Πώς να το πει (how to say it): αυτό είναι πιθανόν το πιο δύσκολο καθήκον για ένα μοντέλο διδασκαλίας. Αυτή η λειτουργία εξαρτάται [15] από: 1) Τι θέματα έχουν διαλεχθεί και τακτοποιηθεί και 2) τις προσδοκίες σχετικά με το πώς ο μαθητής θα ερμηνεύσει έναν τύπο έκφρασης

γ. Πότε να διακόπτει: δηλαδή πότε και πόσο συχνά αν είναι αναγκαίο να διακόπτει το μαθητή.

Η δομή των μοντέλων διδασκαλίας, ή καλύτερα ο τρόπος με τον οποίο η γνώση διδασκαλίας αναπαρίσταται, διαφέρει σημαντικά. Οποσδήποτε όμως όλα τα μοντέλα εκτελούν όλες τις λειτουργίες που αναφέρθηκαν παραπάνω. Χαρακτηριστικά παραδείγματα μοντέλων διδασκαλίας είναι εκείνα των ΜΕΝΟ-TUTOR [7,13], SPIRIT [16], EUROHELP [17].

### 2.1.4 Τμήμα επικοινωνίας (Communication Module)

Το τμήμα αυτό ελέγχει τη ροή της διασύνδεσης συστήματος-μαθητή. Το τμήμα αυτό διαχειρίζεται την επικοινωνία μεταξύ της εσωτερικής αναπαράστασης του συστήματος και μιας γλώσσας επικοινωνίας (interface language) αντιληπτής από το μαθητή.

Μια πλευρά του προβλήματος επικοινωνίας του συστήματος-μαθητή είναι η επεξεργασία φυσικής γλώσσας. Τα διάφορα ΝΣΔ διαφέρουν στην έμφαση που δίνουν στο θέμα της επεξεργασίας της φυσικής γλώσσας. Εδώ πρέπει να τονισθεί ότι αποτελεσματική επικοινωνία δεν σημαίνει μόνον αντίληψη και επεξεργασία φυσικής γλώσσας. Μια αποτελεσματική επικοινωνία πρέπει να πηγαίνει και πέρα από τις λέξεις που προφέρονται και να προσδιορίζει γιατί το σύστημα και ο μαθητής θα επικοινωνήσουν.

## 3. Γνωσιακές Δομές Εργασίας (Task Knowledge Structures)

Η γνώση που έχουν οι άνθρωποι για τις εργασίες που μπορούν να εκτελέσουν είναι ένα υποσύνολο της γενικής γνώσης που κατέχουν. Είναι παραδεκτό ότι αυτή η γνώση εργασίας περιέχει σκοπούς (goals), σχέδια (plans), διαδικασίες (procedures), ενέργειες (actions) και αντικείμενα (objects). Αυτά τα πέντε στοιχεία μπορούν να θεωρηθούν [18] σαν τα βασικά δομικά συστατικά κάθε γνώσης εργασίας που ένα άτομο πρέπει να αποκτήσει για να την εκτελέσει. Μπορεί να υποτεθεί ότι οι άνθρωποι για να εκτελέσουν μια εργασία αποκτούν τη σχετική γνώση αναπτύσσοντας κατάλληλες δομές αναπαράστασης. Αποτελέσματα πειραματικών μελετών τα οποία υποστηρίζουν την υπόθεση ότι οι άνθρωποι κατέχουν τέτοιες δομές γνώσης εργασίας προέρχονται από τις μελέτες των Galambos [19] και Graesser & Clark [20].

Η θεωρία των Γνωσιακών Δομών Εργασίας (ΓΔΕ) [18,21] υποθέτει ότι η γνώση την οποία ένα άτομο έχει αποκτήσει κατά τη διάρκεια της εκμάθησης και εκτέλεσης μίας εργασίας περιέχεται σε μια δομή εργασίας η οποία είναι αποθηκευμένη στη μνήμη. Η ΓΔΕ ενεργοποιείται και περνάει από διάφορα στάδια επεξεργασίας κατά τη διάρκεια εκτέλεσης της αντίστοιχης εργασίας. Αυτή η αντίληψη είναι παρόμοια με εκείνη του Schank [22] που υποστηρίζει ότι η γνώση συχνά επαναλαμβανόμενων γεγονότων είναι δομημένη σε εννοιολογικές ενότητες στη μνήμη. Σε γενικές γραμμές μπορούμε να πούμε ότι μια ΓΔΕ είναι μια συνοπτική περιγραφή των διαφόρων τύπων (μορφών) γνώσης που έχουν αποκτηθεί διαμέσου της εκμάθησης και εκτέλεσης μίας δεδομένης εργασίας.

### 3.1 Περιγραφή των Γνωσιακών Δομών Εργασίας (ΓΔΕ)

Ένα μοντέλο εργασίας (task model) είναι ένα μοντέλο της γνώσης που έχει ένας χρήστης για μια εργασία. Μια ΓΔΕ είναι ένα τέτοιο μοντέλο στο οποίο περιέχεται και γενική και ειδική γνώση, για μια συγκεκριμένη εργασία, που ένα άτομο έχει αποκτήσει και θα χρησιμοποιήσει όταν πρέπει να εκτελέσει αυτή τη συγκεκριμένη εργασία.

Μέσα σε ένα πλήρες μοντέλο ΓΔΕ αναπαριστούνται διάφοροι τύποι γνώσης [18,21] οι οποίοι είναι κατανοημένοι σε τρεις υπο-δομές (σχήμα 1) :

- α. Υπο-δομή σκοπού (goal substructure)
- β. Υπο-δομή διαδικασιών εργασίας (task procedures substructure)
- γ. Ταξονομική υπο-δομή (taxonomic substructure)

#### 3.1.1 Υπο-δομή σκοπού (Goal substructure)

Η υπο-δομή αυτή αναπαριστά τους σκοπούς και υπο-σκοπούς αναγνωρισμένους μέσα σε μια ΓΔΕ και περιέχει επίσης επιτρεπτές και υπό συνθήκη καταστάσεις (enabling and conditional states) που πρέπει να ισχύουν για να μπορέσει ένας σκοπός ή υπο-σκοπός να επιτευχθεί. Αυτή η υπο-δομή μπορεί να θεωρηθεί ως το σχέδιο (plan) δράσης βάσει του οποίου ο τελικός σκοπός μπορεί να επιτευχθεί. Μια τέτοια δομή μπορεί να αναπαρασταθεί σαν ένα δομημένο δίκτυο με κόμβους υπο-σκοπούς, παρουσιάζοντας άμεση σειριακή ακολουθία ενεργειών, με εξέλιξη χρονική, ικανοποιώντας τους κόμβους σκοπούς. Σκοποί και υπο-σκοποί μπορούν να είναι συσχετισμένοι ιεραρχικά, ετεραρχικά ή συμπιπτοντας ο ένας με τον άλλο. Σκοποί και υπο-σκοποί μπορούν να αναπαρασταθούν σαν κόμβοι με μια ποικιλία δεσμών μεταξύ τους. Οι δεσμοί αυτοί έχουν τη μορφή συνθηκών επιτρεψιμότητας και αιτιατών συνθηκών. Αυτή η υπο-δομή έχει άμεση σχέση και αλληλεπιδρά με την κατάλληλη γνώση από την υπο-δομή διαδικασιών καθώς και την ταξονομική υπο-δομή.

#### 3.1.2 Υπο-δομή διαδικασιών εργασίας (Task procedures substructure)

Διαμέσου των διαδικασιών εργασίας - επιτυγχάνεται το σχέδιο το οποίο είναι καθορισμένο στη προηγούμενη υπο-δομή. Οι διαδικαστικές δομές (procedural structures) διαφέρουν από τις δομές σκοπού (goal structures) ως προς το ότι μπορούν να εκτελεστούν σαν μια μοναδική ενότητα. Η διαδικαστική υπο-δομή μπορεί να περιέχει εναλλακτικές διαδικασίες για την επίτευξη ενός ειδικού σκοπού ή υπο-σκοπού. Οι διαδικασίες βασίζονται σε γνώση αντικειμένων και ενεργειών που όταν συνδυάζονται αποτελούν μια δεδομένη διαδικαστική ενότητα. Η διαδικαστική υπο-δομή έχει άμεση σχέση και αλληλεπιδρά με την κατάλληλη γνώση από την υπο-δομή σκοπού και την ταξονομική υπο-δομή.

Οι διαδικασίες εργασίας καθορίζουν την τάξη των συνδυασμών αντικείμενο-ενέργεια στην εκτέλεση ενός δεδομένου υπο-σκοπού. Μια διαδικασία ενσωματώνει στοιχεία ακολουθιακά, επανάληψης και άλλη πληροφορία ελέγχου που επηρεάζει την επίτευξη ενός υπο-σκοπού. Οι διαδικασίες εργασίας είναι εκτελέσιμες συμπεριφορές (executable behaviours) και μπορούν να σχεδιαστούν σαν κανόνες παραγωγής, διαγράμματα καταστάσεων ή άλλες μορφές έκφρασης, όπως πλαίσια.

#### 3.1.3 Ταξονομική υπο-δομή (Taxonomic substructure)

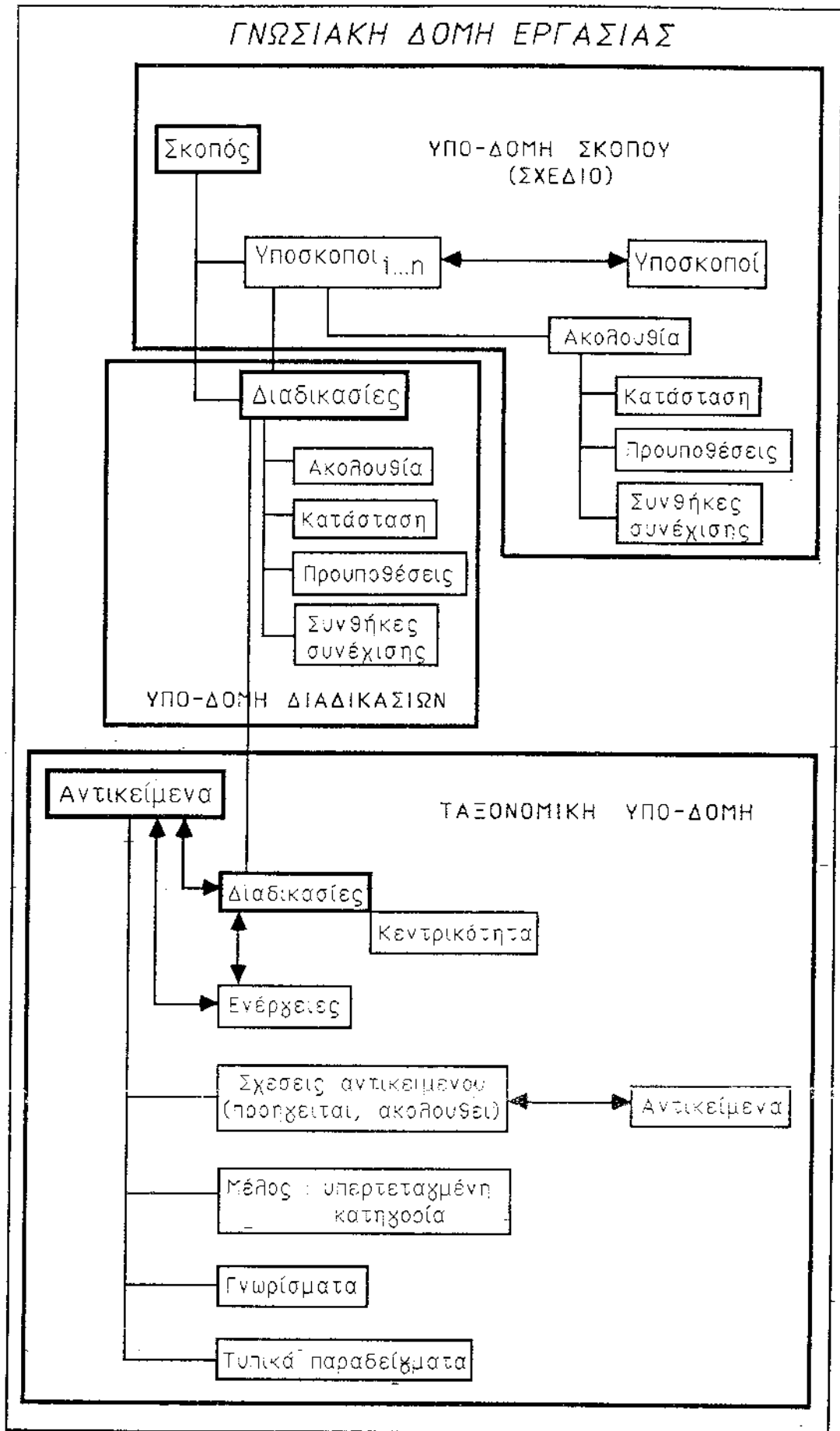
Η ταξονομική υπο-δομή αναπαριστά γνώση για τα αντικείμενα που χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση της εργασίας, τις σχέσεις μεταξύ τους καθώς και τις ενέργειες που ασκούνται επάνω στα αντικείμενα αυτά. Η ταξονομική υπο-δομή είναι χωρισμένη σε τρία επίπεδα (σχήμα 2):

- α. Υπερτεταγμένη κατηγορία εργασίας (Superordinate task category).

Αυτή αποτελεί την γενικότερη κατηγορία στην οποία εντάσσεται το συγκεκριμένο αντικείμενο.

- β. Κατηγορία βασικού επιπέδου (Basic level category).

Περιέχει τα αντικείμενα που αποτελούν την παραπάνω κατηγορία. Επίσης η κατηγορία αυτή αναπαριστά γνώση σε σχέση με: 1) ποιά διαδικασία της εργασίας χρησιμοποιείται ένα μέλος της κατηγορίας,

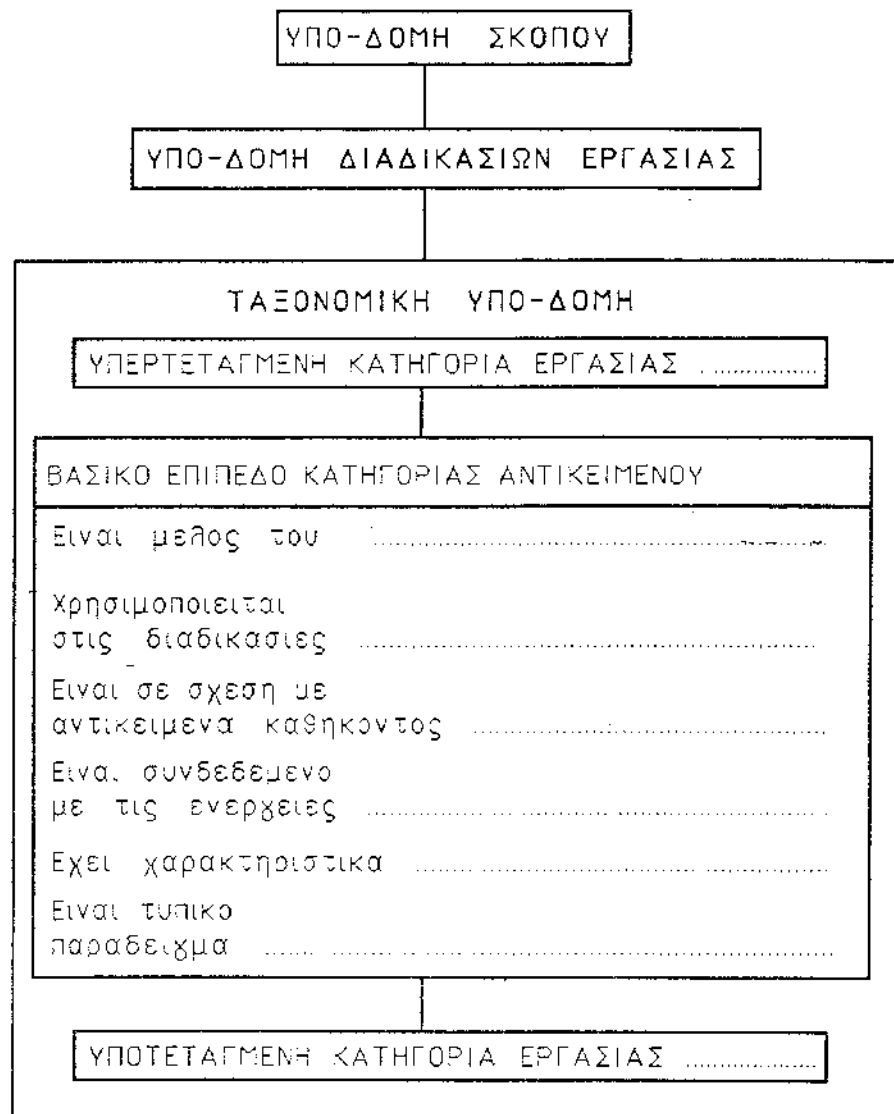


Σχήμα 1 : Γενική κατασκευή μιας ΓΔΕ

2) ποιά άλλα αντικείμενα εργασίας ένα μέλος της κατηγορίας σχετίζεται και τι είδος είναι αυτή η σχέση, δηλαδή εάν το μέλος της κατηγορίας προκαλεί, επιτρέπει, ακολουθεί ή χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλα αντικείμενα της εργασίας, 3) με ποιές ενέργειες ένα μέλος της κατηγορίας είναι συνδεδεμένο, 4) ποιά τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα ή ιδιότητες που ένα μέλος της κατηγορίας κατέχει, 5) τις συνηθισμένες συνθήκες κάτω από τις οποίες ένα μέλος της κατηγορίας υφίσταται, 6) εάν το αντικείμενο είναι κεντρικό ή όχι σε μια ενέργεια/διαδικασία και 7) αναφορά στο πιο αντιπροσωπευτικό παράδειγμα τού αντικειμένου.

γ. Υποτεταγμένη κατηγορία εργασίας (Subordinate task category).

Αυτό είναι το τελευταίο επίπεδο της ταξονομικής υπο-δομής το οποίο περιέχει ένα ιδιαίτερο παράδειγμα του τύπου του αντικειμένου που παριστάται στο βασικό επίπεδο.



Σχήμα 2 : Κατασκευή της Ταξονομικής Υπο-δομής μιας ΓΔΕ

#### 4. Αρχιτεκτονική του IDEAL

Η αρχιτεκτονική του συστήματος, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 3, αντανακλά τη φιλοσοφία, σχετικά με το θέμα της επεξήγησης σε ένα ΝΣΔ, επάνω στην οποία βασίζεται το ερευνητικό πρόγραμμα IDEAL. Η φιλοσοφία αυτή βασίζεται στη γνώμη ότι η μεταφορά της γνώσης από το μοντέλο γνώσης στο μαθητή εξαρτάται κατά ένα μεγάλο μέρος από την καλύτερη δυνατή επεξήγηση του θέματος που δίνεται σε σχετικές ερωτήσεις του μαθητή.

Η καλύτερη δυνατή επεξήγηση προϋποθέτει αφ' ενός μεν την πληρότητα από πλευράς περιεχομένου της γνώσης που πρέπει να μεταδοθεί και αφ' ετέρου την αποτελεσματικότητα του επεξηγηματικού διαλόγου (explanatory dialogue). Επάνω σε

αυτές τις δυο κατευθύνσεις κινείται το πρόγραμμα IDEAL.

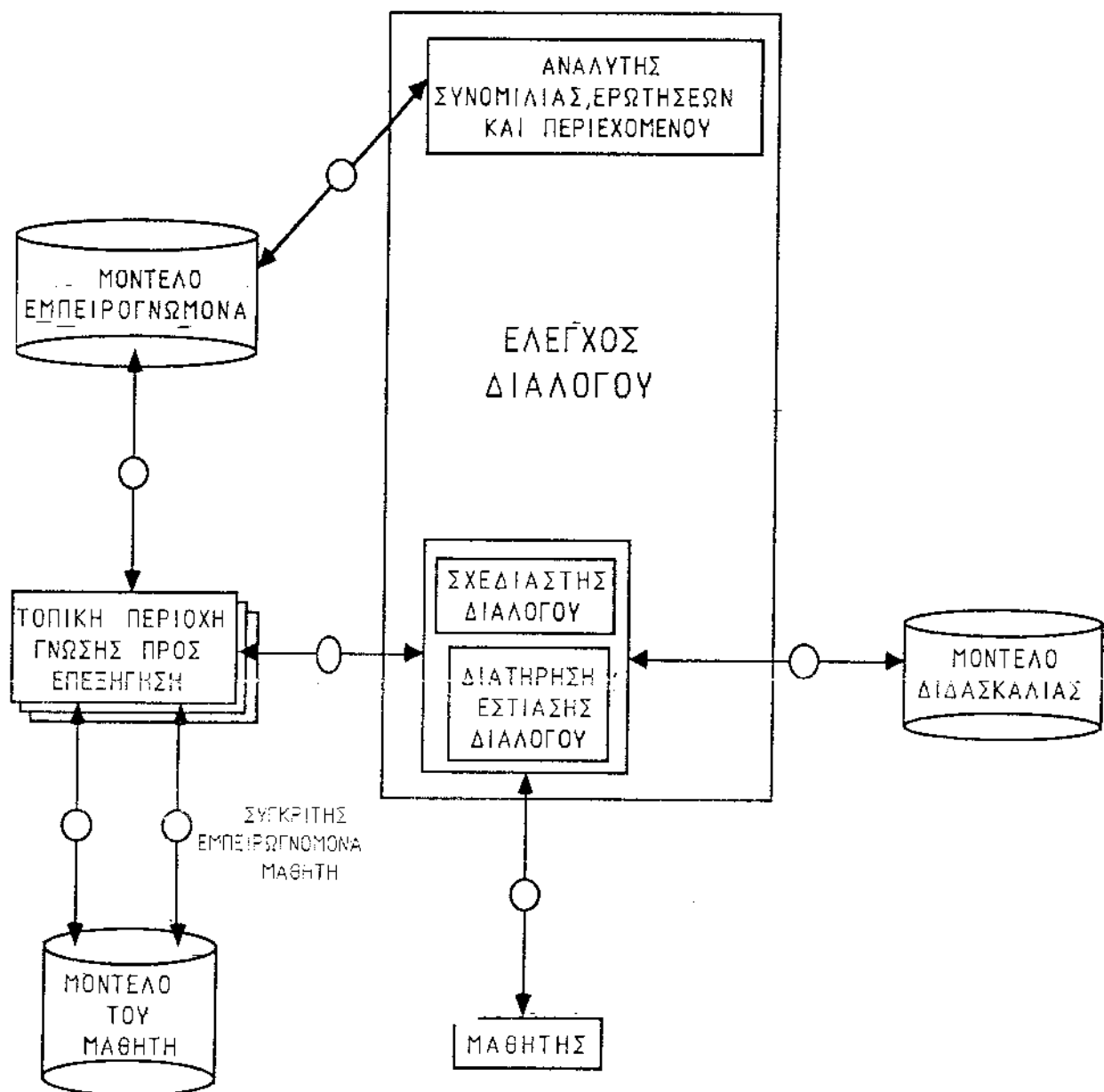
Στη περίπτωση ενός Ν.Σ.Δ. η δομή της γνώσης που πρέπει να μεταδοθεί επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την αποτελεσματικότητα της επεξήγησης που δίνεται στο μαθητή. Η γνώση πρέπει να είναι δομημένη έτσι ώστε:

α. Να είναι εύκολη η αναγνώριση της ζητούμενης γνώσης, δηλαδή να υπάρχει ευκολία στη διερεύνηση του μοντέλου γνώσης για την ανάκτηση της (Knowledge retrieval), και

β. Η ανακτηθείσα γνώση να είναι σχετική με την ερώτηση.

Το αποτέλεσμα μιας τέτοιας δομής της γνώσης είναι ότι η μεταδιδόμενη γνώση είναι συναφής προς την ερώτηση του μαθητή και συνεπώς την υποδομή για καλύτερη επεξήγηση από πλευράς περιεχομένου.

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η αρχιτεκτονική του συστήματος δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στην επήρεια της δόμησης της γνώσης σαν ΓΔΕ επάνω στα περιεχόμενα δηλαδή στην πληρότητα της επεξήγησης. Το σύστημα αποτελείται από τα εξής τμήματα (σχ. 3) που περιγράφονται στη συνέχεια: 1. Το μοντέλο γνώσης, 2. Το μηχανισμό ανάκτησης γνώσης, 3. Το μοντέλο του μαθητή και 4. Το τμήμα επικοινωνίας.



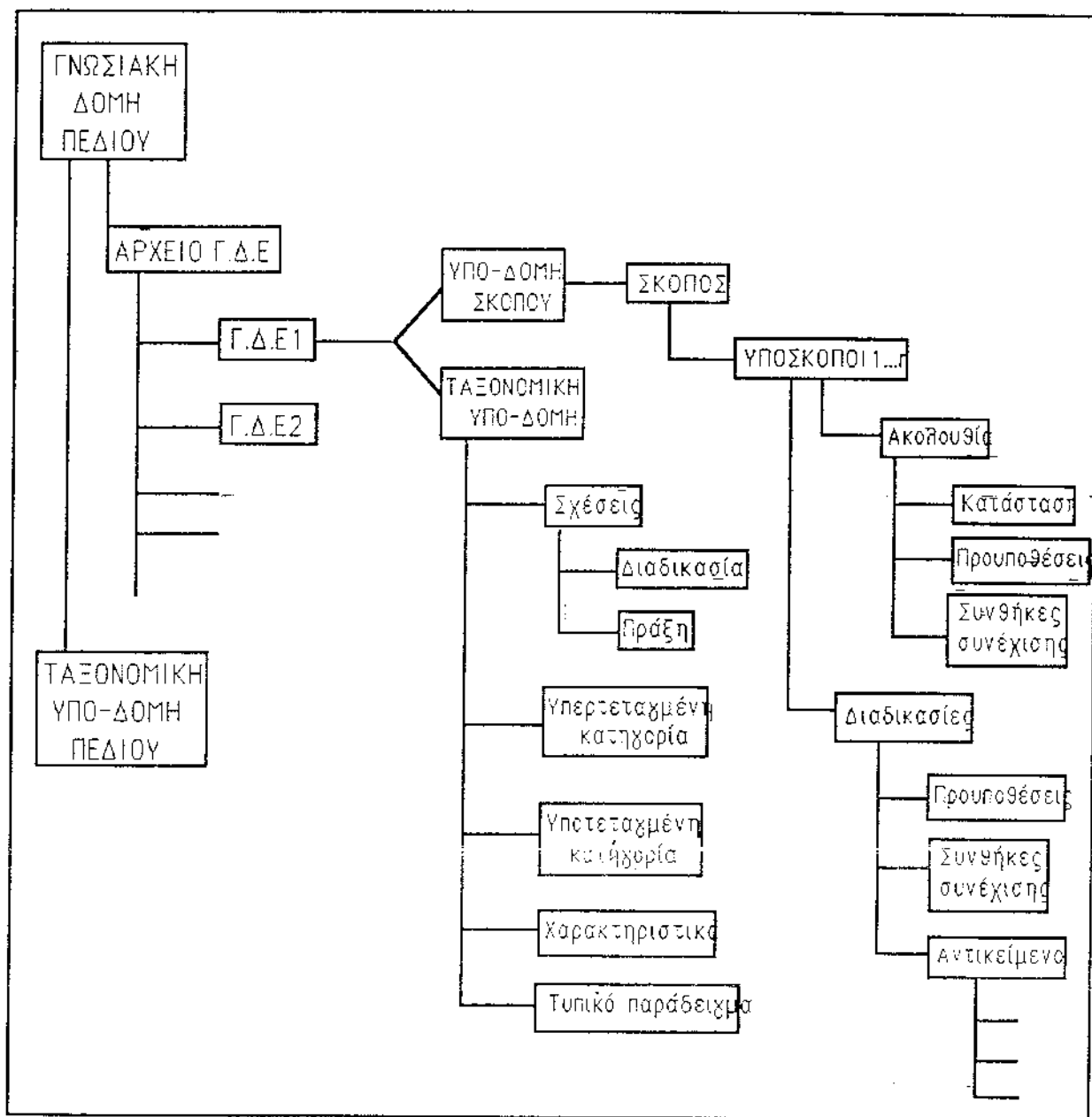
Σχήμα 3 : Αρχιτεκτονική του συστήματος IDEAL



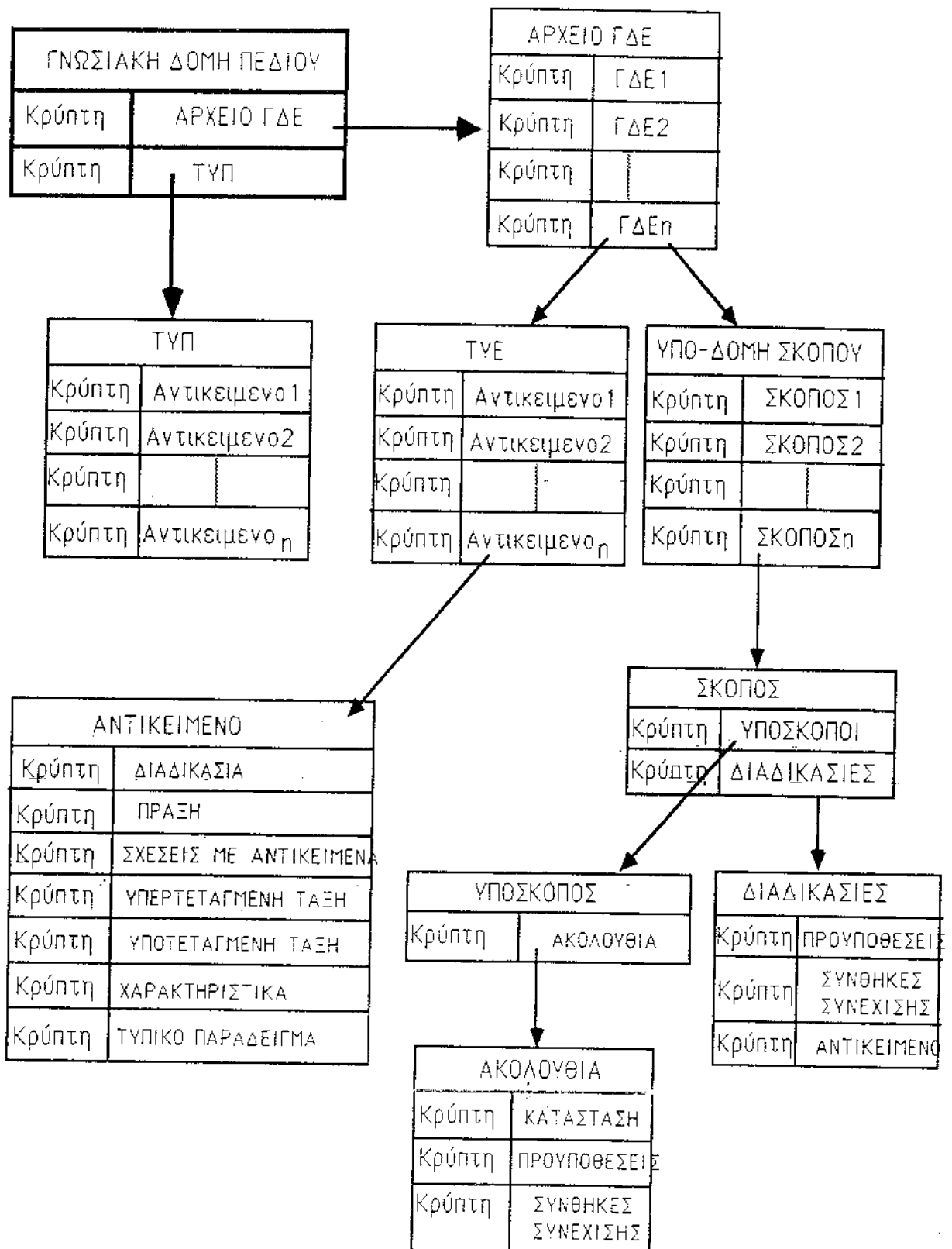
#### 4.1. Μοντέλο γνώσης

Το μοντέλο αυτό περιέχει τη γνώση για την εκτέλεση μιας εργασίας. Η γνώση αυτή είναι δομημένη σαν μια ΓΔΕ, όπως αυτή περιγράφεται στο κεφάλαιο 3, και αναπαρίσταται με τη μορφή των πλαισίων, σχήμα 5.

Για τις ανάγκες του προγράμματος κρίθηκε αναγκαία μια επέκταση της θεωρίας των ΓΔΕ [23] η οποία οδήγησε στην ανάπτυξη μιας γενικότερης δομής, της Γνωσιακής Δομής Πεδίου (Domain Knowledge Structure, DKS). Η δομή αυτή αφ' ενός ενώνει και οργανώνει τις διάφορες ΓΔΕ από τις οποίες αποτελείται το πεδίο γνώσης και αφ' ετέρου περιέχει στην ξεχωριστή υπο-δομή της Ταξονομικής Υπο-δομής Πεδίου (Domain Taxonomic Substructure, DTS) γενική γνώση για την εργασία καθώς επίσης και γνώση για όλα τα αντικείμενα, με τα χαρακτηριστικά τους και τις ιδιότητες τους που χρησιμοποιούνται στις διάφορες εργασίες (σχ. 4).



Σχήμα 4 : Σχηματική περιγραφή της δομής γνώσης στο μοντέλο γνώσης



Σχήμα 5 : Αναπαράσταση της δομής γνώσης υπό τη μορφή πλαισίων

Για παράδειγμα, στο πεδίο του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου υπάρχουν διάφορες εργασίες που μπορούν να εκτελεστούν όπως, "αποστολή μηνυμάτων", "διάβασμα μηνυμάτων" κ.λ.π. Για κάθε μια από τις εργασίες αυτές υπάρχει μια ΓΔΕ.

Η Γνωσιακή Δομή Πεδίου ενώνει και οργανώνει τις διάφορες ΓΔΕ από τις οποίες αποτελείται διαμέσου ενός Αρχείου ΓΔΕ (TKS Directory) το οποίο χρησιμεύει για τη διερεύνηση της ζητούμενης γνώσης.

Αυτή η δόμηση της γνώσης επιτρέπει τη ταξινόμηση της σε 3 κατηγορίες, με σκοπό

την διερεύνηση, ανάκτηση και μετάδοση της γνώσης :

-Γενική γνώση

-Γνώση για τα αντικείμενα (task-object knowledge)

-Γνώση για διαδικασίες (task-procedure knowledge)

Οι 3 κατηγορίες της γνώσης αντιστοιχούν σε 3 ιδιαίτερα τμήματα της Γνωσιακής Δομής Πεδίου. Τα τμήματα αυτά είναι τα εξής:

-Ταξονομική Υπο-δομή Πεδίου: χρησιμοποιείται (ενεργοποιείται) για να απαντηθούν γενικές ερωτήσεις.

-Ταξονομική Υπο-δομή Εργασίας: χρησιμοποιείται για να απαντηθούν ερωτήσεις για αντικείμενα σχετικά με την εργασία.

-Υπο-δομή Σκοπού Εργασίας: χρησιμοποιείται για να απαντηθούν ερωτήσεις σχετικές με διαδικασίες.

Ο προσδιορισμός της ζητούμενης γνώσης γίνεται από τον Αναλυτή συνομιλίας και ερωτήσεων (Discourse and Query Analyzer) (σχ. 3) και ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η διερεύνηση του μοντέλου γνώσης περιγράφεται στη συνέχεια.

Εάν η ζητούμενη γνώση είναι γενικού τύπου, δηλαδή εάν ο μαθητής με την ερώτηση ζητάει γενικές πληροφορίες για την εργασία ή γενικές πληροφορίες για ένα αντικείμενο, τότε το τμήμα του μοντέλου γνώσης της ΓΔΠ που ενεργοποιείται προς επεξήγηση είναι η Ταξονομική Υπο-δομή Πεδίου. Στην περίπτωση που η ζητούμενη γνώση είναι για ένα αντικείμενο σχετικό με την εργασία τότε: α) αν στην ερώτηση περιέχεται και το όνομα της εργασίας διερευνάται το Αρχείο ΓΔΕ έως ότου βρεθεί η αντίστοιχη ΓΔΕ και ενεργοποιείται η αντίστοιχη Ταξονομική υπο-δομή που περιέχει το αντικείμενο, β) εάν στην ερώτηση δεν περιέχεται το όνομα της εργασίας τότε διερευνούνται όλες οι ταξονομικές υπο-δομές έως ότου βρεθεί εκείνη που περιέχει το αντικείμενο και η οποία ενεργοποιείται. Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και στην περίπτωση που η ζητούμενη γνώση είναι για μια διαδικασία μόνον. Σε αυτή την περίπτωση η υπο-δομή που ενεργοποιείται είναι η υπο-δομή σκοπού. Φυσικά η ποσότητα της γνώσης και ο τρόπος μετάδοσης της στο μαθητή αποφασίζεται τελικά στον Σχεδιαστή Διαλόγου (Dialogue Planner).

#### 4.2 Μοντέλο του μαθητή

Η κατασκευή του μοντέλου του μαθητή παρουσιάζει ορισμένα προβλήματα ένα από τα οποία είναι ο καθορισμός του μοντέλου στο αρχικό στάδιο, στην αρχή της επικοινωνίας συστήματος-μαθητή. Δύο εναλλακτικές λύσεις εξετάζονται ως προς αυτό το σημείο. Μια λύση είναι ότι στην αρχή προηγείται ένα στάδιο (initialisation) επικοινωνίας συστήματος-μαθητή που μέσω ορισμένων ερωτήσεων στο μαθητή αναγνωρίζεται το επίπεδο γνώσης του και κατασκευάζεται ένα αρχικό μοντέλο σύμφωνα με το οποίο γίνεται η συνέχιση του διαλόγου. Η άλλη λύση είναι να χρησιμοποιηθεί μια κλίμακα από προϋπάρχοντα μοντέλα μαθητή με διαφορετικά επίπεδα γνώσης. Επειτα με διάφορες ερωτήσεις, όπως στην πρώτη περίπτωση, καθορίζεται ένα από τα μοντέλα σαν εκείνο του μαθητή και ο διάλογος συνεχίζεται με βάση αυτό το μοντέλο.

Το περιεχόμενο της γνώσης στο αρχικό στάδιο του μοντέλου είναι σημαντικό γιατί θα επηρεάσει τον τρόπο ενημέρωσης του καθώς και τον επεξηγηματικό διάλογο μεταξύ συστήματος και μαθητή. Δηλαδή η ενημέρωση του μοντέλου και ο διάλογος θα εξαρτηθούν ανάλογα με το αν το μοντέλο του μαθητή είναι ένα μοντέλο επικάλυψης (overlay) ή ένα μοντέλο διατάραξης (perturbation) του μοντέλου γνώσης του συστήματος.

#### 4.3 Μηχανισμός -ανάκτησης γνώσης

Με τη βοήθεια αυτού του μηχανισμού η γνώση από το μοντέλο γνώσης μεταφέρεται σε εκείνο του μαθητή. Ο μηχανισμός αυτός αποτελείται από τους διάφορους επεξεργαστές (processors) μέσω των οποίων επικοινωνούν τα διάφορα τμήματα του συστήματος. Ο πρώτος επεξεργαστής είναι μεταξύ του Αναλυτή ομιλίας και ερωτήσεων (Discourse and query analyzer) και μοντέλου γνώσης, η λειτουργία του οποίου είναι να εντοπίσει στο μοντέλο γνώσης την γνώση που προσδιορίστηκε από τον Αναλυτή ερωτήσεων.

Ένας άλλος επεξεργαστής ευρίσκεται μεταξύ μοντέλου γνώσης και τοπικής περιοχής εντοπισμένης γνώσης προς επεξήγηση. Ο επεξεργαστής αυτός ενεργοποιεί την προσδιορισμένη γνώση στο μοντέλο γνώσης.

Ο Συγκριτής πεδίου γνώσης/μαθητή (Expert/student comparator) είναι ένας επεξεργαστής μεταξύ της ενεργοποιημένης γνώσης και του μοντέλου του μαθητή ο οποίος συγκρίνει τη γνώση του μαθητή, που αναπαρίσταται στο μοντέλο του, και την εντοπισμένη γνώση στο μοντέλο γνώσης. Το αποτέλεσμα της σύγκρισης είναι η γνώση που πρέπει να μεταφερθεί στον μαθητή και αυτό γίνεται από έναν άλλο επεξεργαστή η λειτουργία του οποίου εξαρτάται από το αποτέλεσμα της σύγκρισης μοντέλου γνώσης και του μοντέλου μαθητή καθώς επίσης και από το αποτέλεσμα της συνεργασίας του μηχανισμού ανάκτησης γνώσης και του τμήματος επικοινωνίας (σχ. 3) και ειδικά με το Σχεδιαστή Διαλόγου (Dialogue planner) και τη Διατήρηση Εστίασης του Διαλόγου (Focus maintenance), που καθορίζει κατά ένα μεγάλο μέρος τη διαδικασία λειτουργίας του μηχανισμού.

#### 4.4 Τμήμα επικοινωνίας

Είναι το πιο σύνθετο τμήμα του συστήματος και το οποίο σε συνεργασία με το μοντέλο γνώσης, το μηχανισμό ανάκτησης της γνώσης καθώς και το μαθητή σχεδιάζει, αναπτύσσει και ελέγχει τον καλύτερο επεξηγηματικό διάλογο. Το τμήμα επικοινωνίας αποτελείται από τα εξής μέρη:

1. Αναλυτής ομιλίας και ερωτήσεων (Discourse and query analyzer): Η λειτουργία του οποίου είναι ο προσδιορισμός της γνώσης που ζητά ο μαθητής σε κάθε ερώτηση του, δηλαδή ταξινομεί τις ερωτήσεις σύμφωνα με τις 3 κύριες κατηγορίες που αντιστοιχούν στο μοντέλο γνώσης.
2. Σχεδιαστής διαλόγου (Dialogue planner): περιέχει μια ιεραρχία από βάσεις γνώσεων που περιέχουν σχέδια (plans) διαφόρων τύπων. Στο ανώτερο επίπεδο υπάρχουν γενικά σχέδια (global plans) ή σχέδια μαθήματος (lesson plans), έπειτα υπάρχουν στρατηγικά σχέδια (strategic plans) που περιέχονται στο μοντέλο διδασκαλίας και τα οποία προσφέρουν διδακτικές στρατηγικές και τέλος υπάρχουν επιχειρησιακά σχέδια (operational plans), που είναι και το χαμηλότερο επίπεδο. Ο Σχεδιαστής - Διαλόγου αποδίδει την επεξήγηση σαν μια σειρά από ΓΔΕ που περιέχονται σε μια αντίστοιχη σειρά συνομιλιών και η οποία απ' ενός μεταφέρεται στο μαθητή και απ' ετέρου ενημερώνει το μοντέλο του μαθητή.
3. Διατήρηση εστίασης του διαλόγου (Focus maintenance): λειτουργεί έτσι ώστε ο διάλογος να εστιάζεται στο συγκεκριμένο αντικείμενο συζήτησης. Δηλαδή, η συντήρηση της εστίασης στο θέμα (maintenance of topic focus) εξασφαλίζει ότι η γνώση προς μετάδοση είναι κατάλληλη σε σχέση με τα συμφραζόμενα του διαλόγου, για παράδειγμα σε μερικές περιπτώσεις θα μπορεί να περιορίζει την ποσότητα της γνώσης που θα δοθεί. Μια άλλη λειτουργία της εστίασης του διαλόγου είναι να παρακολουθεί το διάλογο για τον οποίο κρατάει αρχείο έτσι ώστε να μην υπάρχει επανάληψη.

Σχεδιαστής Διαλόγου, Διατήρηση εστίασης διαλόγου και Μοντέλο Διδασκαλίας αλληλεπιδρούν για την ανάπτυξη του διαλόγου. Η χρησιμότητα της αλληλεπίδρασης αυτής γίνεται περισσότερο φανερή στην περίπτωση της διακοπής του διαλόγου από το μαθητή.

#### 5. Συμπεράσματα

Η δυνατότητα γνωσιακών συστημάτων για αποτελεσματική επεξήγηση της λειτουργίας τους, δηλαδή των αποκρίσεων τους σε ερωτήσεις, είναι ακόμα αμφίβολη. Αυτή η δυνατότητα είναι αναγκαία για τη λειτουργία της νέας γενιάς των Νοημόνων Συστημάτων Διδασκαλίας.

Το πρόγραμμα IDEAL (Interactive Dialogue for Explanation and Learning) προσπαθεί να αντιμετωπίσει το πρόβλημα της επεξήγησης μέσα από μια γενική αρχιτεκτονική σχεδίασης ενός ΝΣΔ. Στην αρχιτεκτονική αυτή το μοντέλο του συστήματος περιέχει δυο βασικά υποσυστήματα: το υποσύστημα περιεχομένου (content), δηλαδή το υποσύστημα που περιέχει τη γνώση (μοντέλο γνώσης, μοντέλο μαθητή) και τη διαχείριση της (επεξεργαστές), και το υποσύστημα δομής (form), που περιέχει το

μηχανισμό που ελέγχει τη μορφή της γνώσης προς μετάδοση, δηλαδή τη μορφή της επεξήγησης.

Στην παρούσα εργασία περιγράφεται μια προσπάθεια δόμησης και αναπαράστασης της γνώσης μέσω των ΓΔΕ έτσι ώστε να υποστηριχθεί η διαδικασία της επεξήγησης στη περίπτωση των δομών εργασίας. Οι ΓΔΕ προσφέρουν τη δυνατότητα αναπαράστασης γνώσης για εκτέλεση εργασιών, όπου η δομή της εκτέλεσης τους διατηρείται. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αποδοτικότερη επεξήγηση των δομών αυτών.

Η ανάπτυξη ενός πρωτότυπου ΝΣΔ μικρής κλίμακας είναι στο στάδιο τελειοποίησης όπου εφαρμόζονται ΓΔΕ συγκεκριμένων εργασιών όπως ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, δανεισμός βιβλίων από βιβλιοθήκη και η διάγνωση του γενικού γιατρού σε περιορισμένο πεδίο. Σ' αυτό το στάδιο η έμφαση δίνεται στο σύστημα περιεχομένου, δηλαδή στην αναπαράσταση και διαχείριση της γνώσης.

## 6. Βιβλιογραφία

- [1] Sleeman,D. & Brown,J.S.: Intelligent Tutoring Systems, Academic Press, 1982.
- [2] Anderson,J.R. & Reiser,B.J.: The LISP Tutor. BYTE, Vol.10, No.4, pp.159-175, 1985.
- [3] Clancey,W.J.: Tutoring rules for guiding a case method dialogue. International Journal of Man-Machine Studies, Vol.11, pp.25-49, 1979.
- [4] Clancey,W.J.: Methodology for building an intelligent tutoring system. In, W.Kintsch, P.G.Polson & J.R.Miller(Eds.), Methods and Tactics in Cognitive Science, pp.51-83, Lawrence Erlbaum Associates, 1984.
- [5] Servan-Schreiber,D.: From intelligent tutoring to computerized psychotherapy. Proceedings of AAAI-87, pp.66-71, 1987.
- [6] Hollan,J.D., Hutchins,E.L. & Weitzman,L.: STEAMER : an interactive inspectable simulation-based training system. The AI Magazine, Summer, pp.15-27, 1984.
- [7] Woolf,B.: Representing complex knowledge in an intelligent machine-tutor. In, J.Self(Ed.), Artificial Intelligence and Human Learning, pp.3-27, Chapman and Hall, 1988.
- [8] Dede,C.: A review and synthesis of recent research in intelligent computer-assisted instruction. International Journal of Man-Machine Studies, Vol.24, pp.329-353, 1986.
- [9] Wenger,E.: Artificial Intelligence and Tutoring Systems. Morgan Kaufmann, 1987.
- [10] Burton,R.R. & Brown,J.S. : Multiple representations of knowledge for tutorial reasoning. In, D.Bobrow & A.Collins(Eds.), Representation and Understanding: Studies in Cognitive Science, 1975.
- [11] Goldstein,I.: The genetic graph: a representation for the evolution of procedural knowledge. International Journal of Man-Machine Studies, Vol.11, pp.51-77, 1979.
- [12] Burton,R.R. & Brown,J.S.: το αρχικό στάδιο International Journal of Man-Machine Studies, Vol.11, pp.5-24, 1979.
- [13] Woolf,B. & McDonald,D.: Building a computer tutor : design issues. IEEE Computer, September, pp.61-73, 1984.
- [14] Kass,R. & Finin,T.: Modelling the user in natural language systems. Computational Linguistics, Vol.14, No.3, pp.5-22, 1988.
- [15] Breuker,J.: Coaching in help systems. In, J.Self(Ed.), Artificial Intelligence and Human Learning, pp.310-327, Chapman and Hall, 1988.
- [16] Barzilay,A.: SPIRIT : a flexible tutoring style in an intelligent tutoring system. Proceedings of the 2nd conference on Artificial Intelligence Applications, pp.336-341, 1985.
- [17] Breuker,J., Winkels,R. & Sandberg,J.: A shell for intelligent help systems. Proceedings of the 10th IJCAI, pp.167-173, 1987.
- [18] Johnson,P.: Supporting system design by analyzing current task knowledge. In, D.Diaper(Ed.), Task Analysis for Human-Computer Interaction, pp.160-185, Ellis Horwood, 1989.

- [19] Galambos, J.A.: Knowledge structures for common activities: In, J.A.Galambos, R.P.Abelson & J.B.Black(Eds.), Knowledge Structures, Lawrence Erlbaum Associates, 1986.
- [20] Graesser, A.C. & Clark, L.F.: Structures and Procedures of Implicit Knowledge, Ablex Norwood, 1986.
- [21] Johnson, P., Johnson, H., Waddington, R. & Shouls, A.: Task-related Knowledge structures: Analysis, Modelling and Application. In, D.M.Jones & R.Winder(Eds.), People and Computers V, pp.35-62, Cambridge University Press, 1988.
- [22] Schank, R.: Dynamic memory : A Theory of Reminding and Learning in Computers and People, Cambridge University Press, 1982.
- [23] Johnson, P., Johnson, H.: Theoretical knowledge representations for supporting dialogues in explanation and learning. In, IDEAL, ESPRIT BRA No.3160, Deliverable No.6.B1., Report1, 1990.