ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ

Δ. Α. Γεωργίου,* Αν. Καθηγητής, dgeorg@demokritos.cc.duth.gr, georgiou@otenet.gr
Ό. Κοσμίδου, Επ. Καθηγήτρια, kosmidou@demokritos.cc.duth.gr
Δ. Μακρής, υποψήφιος διδάκτορας,depy@otenet.gr
Τ. Παπαβασιλείου, υποψήφιος διδάκτορας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Πολυτεχνική Σχολή Δ.Π.Θ. (ΠΡΟΚΑΤ) 671 00 Ξάνθη.

Keywords: flexible/adaptive intelligent tutoring systems

Περίληψη

Στην εργασία αυτή μελετάται η σχεδίαση ευέλικτου εκπαιδευτικού λογισμικού που θα επιτρέπει την αξιολόγηση της προόδου του χρήστη κατά τη διαδικασία εκμάθησης καθώς και την εκμετάλλευση της πληροφορίας αυτής ώστε να ακολουθήσει τη βέλτιστη για αυτόν διαδικασία εκμάθησης. Για το σκοπό αυτό εφαρμόζονται τεχνικές Βέλτιστου Ελέγχου Δυναμικών Συστημάτων.

Ειδικότερα το λογισμικό, του οποίου επιχειρείται η σχεδίαση, είναι αλληλεπιδραστικό και οδηγεί κάθε ένα από τους σπουδαστές - χρήστες ατομικά, μέσω μιας κατάλληλης διαδρομής, ώστε να αποκτήσουν με τον καλλίτερο δυνατό τρόπο το μεγαλύτερο ποσό γνώσεων στο συγκεκριμένο εκπαιδευτικό αντικείμενο.

Το σύνολο των εκπαιδευτικών στοιχείων, όπως κείμενα, παρουσιάσεις, εφαρμογές, παραδείγματα κ.λ.π. επιλέγονται με βάση ειδικούς εκπαιδευτικούς λόγους, οι οποίοι πρέπει να αξιολογούνται ανάλογα. Έτσι τα εκπαιδευτικά στοιχεία θα αποτελέσουν ένα σωστά σχεδιασμένο συνεκτικό προσανατολισμένο γράφημα στο οποίο τα στοιχεία αυτά αποτελούν τις κορυφές, ενώ οι μαθησιακές σχέσεις θα καθορίσουν την ύπαρξη ή όχι ακμών. Η αξιολόγηση του χρήστη σε κάθε επίπεδο της μαθησιακής με τη μορφή ανάδρασης θα επιτρέψει στο ίδιο το πρόγραμμα να τον καθοδηγήσει στην καταλληλότερη διαδρομή. Το συνολικό γράφημα μπορεί να θεωρηθεί ως ένας πεπερασμένος αριθμός υπογραφημάτων, κάθε ένα από τα οποία μπορεί να περιγραφεί με τη μορφή ενός ελέγξιμου δυναμικού συστήματος, στο οποίο η εξωτερική διαταραχή θα είναι η εξωγενής συγκινησιακή ή/και ψυχολογική κατάσταση του χρήστη.

Abstract

Aiming to design flexible educational software that will be able to evaluate and also make use of the user' s progress on learning and his/her learning abilities, we apply Optimal Control techniques. Such an interactive software will drive each of the students who will make use of the program, individually, through the more suitable path allowing him to gain easily and more profitably the majority of the module's goals.

The set of educational elements, i.e. propositions, applications, solved problems and exercises, should be chosen on the basis of specific educational reasons that will be evaluated analogously. The educational elements then, will establish a well-designed connected oriended graph, where such elements will be the vertices and the learning connections will decide the presence or not of edges. As a feedback the evaluation of student on each level of the module will allow the program itself to drive into the best fitting path. The whole graph can be viewed as a finite number of subgraphs where each one can be described by a suitable controllable dynamic system where the exogenous disturbance is the student's emotional or psychological status not related to the learning procedure.

Εισαγωγή

Από τα υπάρχοντα συστήματα μάθησης υποβοηθούμενης από Η/Υ (computer assisted instruction) ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τόσο για τα πλεονεκτήματα αλλά και τα μειονεκτήματά τους προγράμματα λογισμικού που εντάσσονται στην κατηγορία των συστημάτων διδασκαλίας καθοδηγούμενης από τον υπολογιστή, και συγκεκριμένα στην υποκατηγορία των έξυπνων διδακτικών συστημάτων (intelligent tutoring systems) [1]. Ως μειονέκτημα, κατά μια άποψη, δύναται να θεωρηθεί η "νομοθετική προσέγγιση" (nomothetic approach)[2] των συστημάτων αυτών, όπου έχουμε αναζήτηση κοινών στοιχείων στους τρόπους-μεθόδους μάθησης, εξαγωγή συμπερασμάτων και προσπάθεια μοντελοποίησης συμπεριφορών. Συνεπώς αποτελεί πρόκληση η προσπάθεια βελτίωσης των συστημάτων αυτών σε σχέση με το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό και η εναρμόνισή τους με τις τρέχουσες διδακτικές απόψεις.

Με την παρούσα εργασία επιχειρείται ο σχεδιασμός ευέλικτου εκπαιδευτικού λογισμικού με κύρια χαρακτηριστικά την αλληλεπιδραστικότητα και την προσαρμοστικότητα στον χρήστη.

Ως ευέλικτο εκπαιδευτικό λογισμικό ορίζεται το σύνολο των εντολών που επιτρέπουν στον υπολογιστή να υλοποιεί διδακτικές διαδικασίες κατά όχι μοναδικό και άκαμπτο τρόπο. Αναλυτικότερα, το υπό σχεδίαση λογισμικό αναγνωρίζει σε κάθε φάση της διαδικασίας τις μαθησιακές ιδιαιτερότητες του χρήστη και τον κατευθύνει ανάλογα. Αυτή ακριβώς η δυνατότητα της αναγνώρισης των ιδιαιτεροτήτων του χρήστη και η αντιστοίχησή του στην κατάλληλα

[1] Α. Κόλλια , "Οι υπολογιστές στη διδασκαλία και τη μάθηση" , εκδόσεις "ΕΛΛΗΝ", 1993.

[2] STANTON, BABER, An investigation of styles and strategies in self directed learning, JOURNAL OF EDUCATIONAL MULTIMEDIA AND HYPERMEDIA ,1, 147-167,1992.

προδιαμορφωμένη για αυτόν διδακτική διαδικασία, αποτελεί το χαρακτηριστικό της προσαρμοστικότητας στο χρήστη λογισμικού. Αυτή η προσαρμοστικότητα υποστηρίζεται και επιτυγχάνεται με εκμαίευση απόκρισης από αυτόν (αλληλεπίδραση). Έτσι το σύνολο του υπό σχεδίαση λογισμικού εκμεταλλεύεται τη δυνατότητα που δίνει ο υπολογιστής για "εξατομίκευση" της διδακτικής πράξης.

Για να επιτευχθούν οι παραπάνω στόχοι, γίνεται σχεδίαση συστήματος μεγάλης κλίμακας με ιεραρχημένη δομή, όπου σαφώς αναγνωρίζονται τα μαθησιακά επίπεδα, η αλληλεξάρτησή τους, ο ρόλος τους στη συνολική διδακτική διαδικασία. Σε κάθε μαθησιακό επίπεδο το διδακτικό αντικείμενο παρουσιάζεται με πλέον του ενός τρόπους σύμφωνα με τις κρατούσες αντιλήψεις περί μαθησιακών τύπων του χρήστη.

Πρώτο επίπεδο σχεδίασης

Το σύνολο της αρχιτεκτονικής του λογισμικού προσβλέπει στην ικανοποίηση εκπαιδευτικών αναγκών ανεξαρτήτως εκπαιδευτικής βαθμίδας και θεματικού αντικειμένου. Η παρουσίασή του όμως, θα γίνει σε ένα συγκεκριμένο διδακτικό αντικείμενο φυσικής απευθυνόμενο σε μαθητές β΄ λυκείου. Η μεθόδευση που ακολουθείται θα δύναται να χρησιμοποιηθεί και για άλλα θεματικά αντικείμενα απευθυνόμενα σε μαθητές άλλης ηλικίας.

1. Προσδιορισμός διδακτικών στόχων

Ο κατά το δυνατόν σαφέστερος και λεπτομερέστερος προσδιορισμός των διδακτικών στόχων, αποτελεί όχι μόνο τη βάση για τη βέλτιστη οργάνωση της διδακτικής πράξης, αλλά και βοηθά στην αξιολόγηση αυτής της ίδιας διδακτικής πράξης. Εξάλλου, η σαφής γνώση του στόχου συνεπάγεται μεγαλύτερες πιθανότητες επίτευξής του[3].

Το λογισμικό που επιχειρούμε να δομήσουμε, προσανατολίζεται στη διδασκαλία όχι μόνο πληροφοριών και γνώσεων (αναφορά –απομνημόνευση εννοιών – τύπων –κανόνων) αλλά και στην καλλιέργεια νοητικών δεξιοτήτων. Τέτοιες δεξιότητες μπορεί να είναι η διάκριση της διαφοράς εννοιών ή η παραγωγή λύσεων σε προβλήματα που εγγίζουν πραγματικές καταστάσεις[4].

Σκοπός της διδακτικής προσπάθειας είναι η απόκτηση γνωστικών στρατηγικών (cognitive strategies-strategic knowledge) από το χρήστη. Με τον όρο γνωστικές στρατηγικές εννοούμε τις ικανότητες εκείνες που επιτρέπουν στον κάτοχό τους την διαχείριση του τρόπου σκέψης και μάθησης. Οι ικανότητες αυτές, συνιστούν τον λεγόμενο εκτελεστικό έλεγχο του μοντέλου της επεξεργασίας πληροφορίας (information processing model for human thought).[5] Η πρόσκτηση ικανοτήτων γνωστικής στρατηγικής οδηγεί με τη σειρά της στην αυτοκατευθυνόμενη μάθηση (self directed learning).

2. Επιλογή διδακτικού υλικού

Ο σχεδιασμός υλοποιείται στη διδασκαλία συγκεκριμένου θεματικού αντικειμένου π.χ. η διδασκαλία της κίνησης εντός ομογενών πεδίων δυνάμεων που απευθύνεται σε μαθητές της β΄ λυκείου.

- Πρώτα γίνεται η επιλογή των εννοιών και των αρχών–κανόνων των οποίων η διδασκαλία είναι αναγκαία για την πλήρη κάλυψη του θεματικού αντικειμένου που επιλέχθηκε. Το υλικό αυτό το χαρακτηρίζουμε ως πρωτογενές. Η πληρότητα της κάλυψης αφορά και την αντιμετώπιση των λεγόμενων εμμενουσών – αφελών απόψεων (naive believes –misconceptions) που συνήθως εμφανίζουν οι μαθητές στο συγκεκριμένο διδακτικό θέμα αλλά και προχωρημένων θεμάτων των οποίων η διδασκαλία εμπλουτίζει το συγκεκριμένο διδακτικό αντικείμενο.
- Στη συνέχεια επιλέγεται ή κατασκευάζεται σειρά κειμένων, εικόνων, στατικών ή αλληλεπιδρώντων διαγραμμάτων, video, animation, τεστ, παραδειγμάτων, αντί-παραδειγμάτων που περιγράφουν –στηρίζουν, συνηγορούν στη διδασκαλία των εννοιών –κανόνων που επιλέχθηκαν πιο πριν αλλά και τεκμαίρουν την πρόοδο του χρήστη. Το υλικό αυτό το χαρακτηρίζουμε ως δευτερογενές. Κάθε δε στοιχειώδες κομμάτι του θα το αποκαλούμε "έγγραφο" (document). Για τη διδασκαλία ή αποσαφήνιση της ίδιας έννοιας διατίθενται πλέον του ενός εγγράφου, τα οποία διαφοροποιούνται ως προς τη χρηστικότητά τους από τους διάφορους μαθησιακούς τύπους όπως αυτοί αναφέρονται στη συνέχεια.

3. Ιεραρχική δόμηση σε μαθησιακά επίπεδα -ενότητες

Τα ως άνω αναφερόμενα έγραφα ομαδοποιούνται σε δεσμίδες κάθε μία των οποίων αφορά συγκεκριμένο μαθησιακό επίπεδο ή επίπεδο εμπειρίας (**level of expertise)** δηλαδή θέση κατάσταση στην πορεία του χρήστη προς την έμπειρη αντιμετώπιση των δοκιμασιών που του θέτονται, το βαθμό κατανόησης των σύνθετων εννοιών κανόνων και την ικανότητα οργάνωσης των προσλαμβανομένων πληροφοριών. Η ομαδοποίηση αυτή μελετάται έτσι ώστε να υπόκειται και στον περιορισμό του "υποφερτού" νοητικού φόρτου που θα συνεπάγεται η προσπάθεια, από τη μεριά του χρήστη, για πλήρη κάλυψη μιας από αυτές σε ενιαίο χρονικό διάστημα (κάτι που ίσως πρέπει να επιδιώκεται).

Η ιεράρχηση αφορά σχέσεις προαπαιτούμενης γνώσης αλλά και βαθμού δυσκολίας.

---

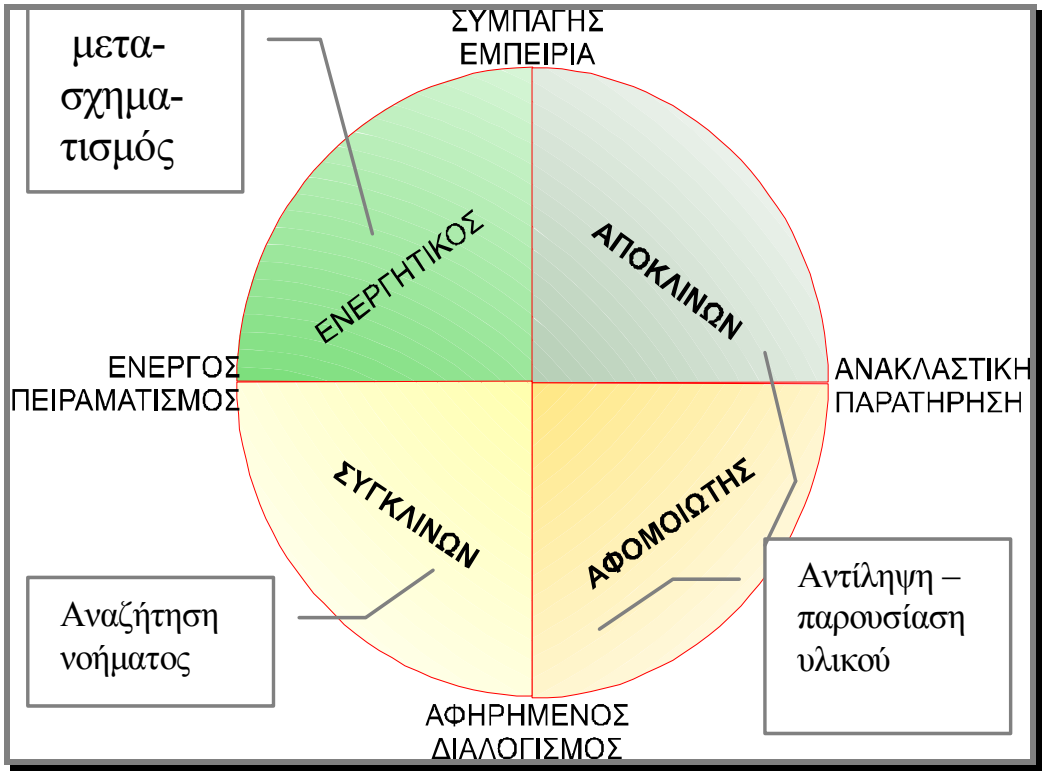
[3] Γεώργιος Φλουρής: Η αρχιτεκτονική της διδασκαλίας και η διαδικασία της μάθησης , εκδόσεις Γρηγόρη, 1992.
[4] R. Gagne & K. Medsker, *The conditions of learning: training applications,* Harcourt Brace College Publishers, 1996.
[5] J. Anderson, *Learning and memory: an integrated approach.* New York: Wiley, 1995.

4. Οριοθέτηση -ταυτοποίηση και ταξινόμηση των μαθησιακών τύπων στους οποίους απευθύνεται το λογισμικό

Το σχήμα συμπεριφοράς που ενεργοποιείται κατά την εκμάθηση ενός νέου αντικειμένου είναι αυτό που αποκαλούμε μαθησιακός τύπος (**learning style**). Ο μαθησιακός τύπος ενός ανθρώπου δεν αλλάζει εύκολα με εξωτερική παρέμβαση, για το λόγο αυτό είναι πιθανόν αποδοτικότερο η διδασκαλία να προσαρμόζεται στο μαθητή κι όχι αυτός στη διδασκαλία[6] . Με τη προσαρμογή αυτή της μαθησιακής διαδικασίας στον μαθητή, είναι πιθανότερη η εσωτερική υποκίνηση του τελευταίου για ενεργό εμπλοκή του στη διαδικασία, μια που αυτή φαίνεται να τον εκφράζει και να είναι εφικτή στα μέτρα του.

Η μάθηση είναι μια κυκλική διαδικασία που ξεκινά από την εμπειρία, συνεχίζει με στοχασμό –νοητική επεξεργασία, όπου γίνεται η συσχέτιση με προηγούμενες εμπειρίες και τα εξαγόμενα συμπεράσματα με βάση αυτές (από προηγούμενη νοητική επεξεργασία), προχωρά σε πράξη η οποία με τη σειρά της ανατροφοδοτεί την εμπειρία.

Πιο κάτω δίδονται σχηματικά τα τέσσερα στάδια του μαθησιακού κύκλου και οι τέσσερις μαθησιακοί τύποι κατά Kolb[7] ΄[8] ανάλογα με το κυρίαρχο στάδιο του μαθησιακού κύκλου.



Η συγκεκριμένη εμπειρία και ο αφηρημένος διαλογισμός είναι μια διπολική διάσταση που έχει να κάνει με την **αντίληψη**, δηλαδή τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η συλλογή των πληροφοριών, ενώ η ανακλαστική παρατήρηση και ο ενεργός πειραματισμός είναι μια άλλη διπολική επίσης διάσταση που έχει να κάνει με τον **τρόπο με τον οποίο γίνεται η επεξεργασία των πληροφοριών**.

Για κάθε μαθησιακό τύπο υπάρχουν στοιχεία της διδακτικής πράξης που τον διευκολύνουν και κάνουν κάθε νέα προς μάθηση γνώση ή δεξιότητα πιο εύληπτη.

- Ο ενεργητικός τύπος μαθαίνει πρωταρχικά από τις εμπειρίες τις οποίες βιώνει, από τις δοκιμές και τα λάθη του, προτιμά τα γεγονότα παρά τη θεωρία. Δεν έχει υπομονή και επομένως χρειάζεται την αίσθηση ότι προχωρά γρήγορα.
- Ο συγκλίνων τύπος μαθαίνει καλύτερα βρίσκοντας πρακτικές χρήσεις των ιδεών και των θεωριών των οποίων την ευστάθεια έχει την ικανότητα να ελέγξει. Αρέσκεται στην επίλυση προβλημάτων, στην εύρεση μάλιστα πρακτικών λύσεων. Δεν ανέχεται τις ασαφείς ιδέες. Του αρέσει ο διασκεδαστικός και πρακτικός δάσκαλος.

---

[6] WHYTE and al**,** *Cognitive styles and feedback in computer assisted instruction*, JOURNAL OF EDUCATIONAL COMPUTING RESEARCH,12(2), 195-203,1995.

[7] Kolb, D. A. *Experiential learning: Experience as a source of learning and development.* Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1984.

[8] Ainslie E. Ellis, (1997): "Learning styles and hypermedia courseware usage: is there a connection", International Conference of Educational Multimedia and Hypermedia.

- Ο τύπος του αφομοιωτή αρέσκεται στο να χρησιμοποιεί αφηρημένες ιδέες και έννοιες και έχει την ικανότητα να αντιλαμβάνεται και να καταλαβαίνει ευρύ πεδίο πληροφοριών, συνοψίζοντάς και οργανώνοντάς τις λογικά. Για τον τύπο αυτό, για παράδειγμα, χρησιμότατη είναι η παράθεση σχεδιαγραμμάτων λογικής συσχέτισης των εννοιών.
- Τέλος, ο αποκλίνων μαθησιακός τύπος έχει ανάγκη τις πολλαπλές αναπαραστάσεις των παρουσιαζόμενων εννοιών καθώς μαθαίνει κυρίως θεωρώντας διαφορετικές καταστάσεις από διαφορετικές απόψεις[9].
- Η ένταξη του χρήστη σε κάποιον από τους παραπάνω μαθησιακούς τύπους γίνεται στην αρχή του προγράμματος, ενώ είναι δυνατόν να τροποποιείται στη συνέχεια εφόσον ο χρήστης δείχνει προτίμηση σε διαφορετικό στάδιο του μαθησιακού κύκλου από ότι αρχικά.
- Προσδιορισμός βαρών για τη διαμόρφωση σταθμισμένου γραφήματος βάση του οποίου θα δομηθεί το διδακτικό υλικό.
- Το στάδιο αυτό προλειαίνει το έδαφος για το δεύτερο επίπεδο σχεδίασης. Συγκεκριμένα σε αυτό διαμορφώνονται οι τιμές των ανεξάρτητων (με τη μαθηματική έννοια) μεταβλητών με τις οποίες τροφοδοτείται ο διαγνώστης, όπως θα δούμε στη συνέχεια.
- Οι συντελεστές βάρους που συνοδεύουν και χαρακτηρίζουν μοναδικά το κάθε έγγραφο είναι:
    - Συντελεστής ταξινόμησης θέσης (position ranking) που αφορά τη θέση του εγγράφου στο δέντρο προτεραιοτήτων -προαπαιτούμενων όπως αναφέρθηκε πιο πάνω.
    - Βαθμός κάλυψης (coverage). Το σύνολο των βαθμών κάλυψης των εγγράφων που έχουν χρησιμοποιηθεί από το χρήστη, αξιοποιείται από τον συντονιστή (όπως αναφέρεται στη συνέχεια), ώστε αν ξεπερνά συγκεκριμένο κατώφλι (threshold), να επιτρέπεται στο χρήστη η μετάβαση σε επόμενο επίπεδο. Αν ο χρήστης επιλέξει να παραμείνει στο ίδιο επίπεδο έχει τη δυνατότητα να "επισκεφτεί" έγγραφα που εμπλουτίζουν αυτά που θεωρείται ότι ξέρει.
    - Βάρος νοητικού φόρτου (cognitive load weighting). Ο συντελεστής αυτός αξιοποιείται στο πρώτο επίπεδο σχεδίασης, διορθώνοντας και βελτιστοποιώντας (balancing) τις ομαδοποιήσεις σε ενότητες όπως αυτές διαμορφώθηκαν στο στάδιο 3 του πρώτου επιπέδου σχεδίασης (έδαφος για χρήση μεθόδων θεωρίας γραφημάτων).

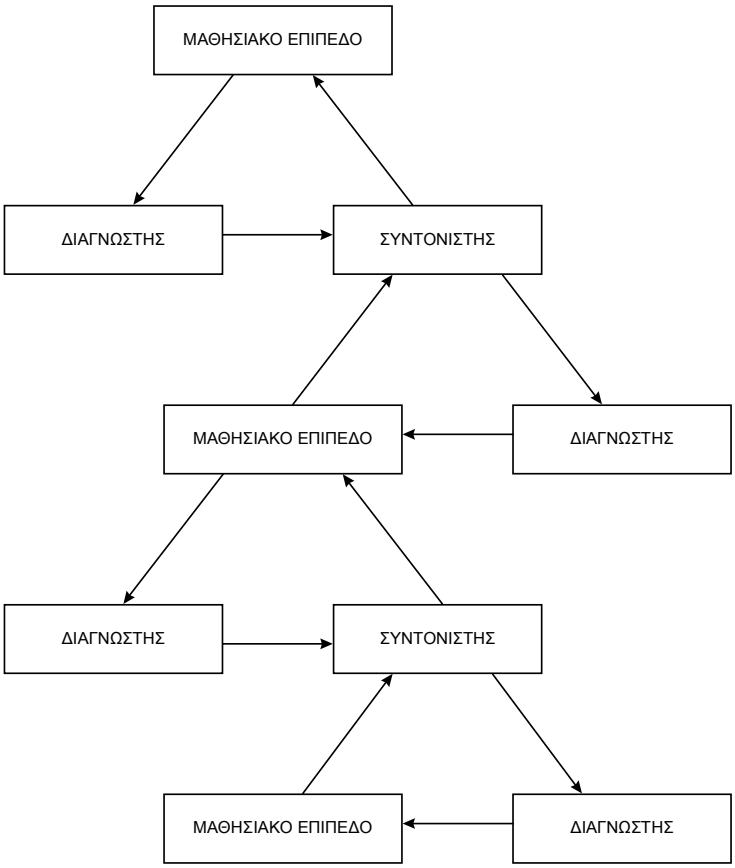
Δεύτερο επίπεδο σχεδίασης

Η ιεραρχική δομή του λογισμικού μπορεί να περιγραφεί κατ' αρχή με ένα σταθμισμένο προσανατολισμένο γράφημα. Οι κορυφές του γραφήματος είναι τα μαθησιακά επίπεδα, οι διαγνώστες και οι συντονιστές. Κάθε μία τέτοια τριάδα αποτελεί ένα πλήρες προσανατολισμένο K3 γράφημα (Kuratowski) που είναι υπογράφημα του αρχικού. Το σύνολο των υπογραφημάτων αυτών, συνδέονται μεταξύ τους έτσι ώστε το γράφημα να παρουσιάζει τη μορφή ενός τριγωνικού πλέγματος, όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.

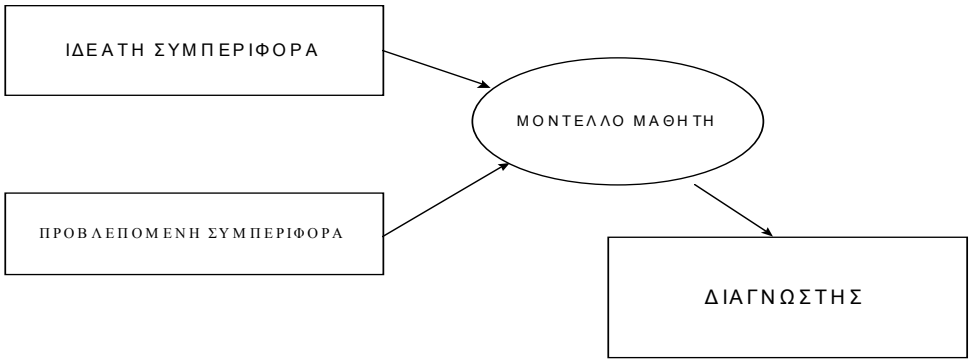
Ο διαγνώστης αξιοποιεί δεδομένα που λαμβάνει σχετικά με τα θέματα που έχει καλύψει ο χρήστης, τη γνώση που δεν κατέχει καλά (όπως αυτό πιστοποιείται από τη μέχρι εκείνη χρονική στιγμή απόκρισή του), τις λεγόμενες «αφελείς» απόψεις σχετικά με το αντικείμενό του, καθώς και το μαθησιακό στυλ του χρήστη. Τα δεδομένα αυτά αποτελούν την «τρέχουσα συμπεριφορά» που αποτελεί την έξοδο του μαθησιακού επιπέδου.

[9] Πλήρης έκθεση μαθησιακών στυλ-τύπων κατά Kolb στο: Δ. Μακρή, *Μαθαίνοντας με στυλ,* Εκπαιδευτικοί προβληματισμοί, Ιανουάριος 1999.

[10] R. Danielson, *Work in progress: learning styles and adaptive education,* from the proceedings of the workshop "adaptive systems and the user modeling of the www", Chia Laguna, Sardinia, June 1997.



Ο διαγνώστης συγκρίνει την τρέχουσα συμπεριφορά με βάση το «μοντέλο μαθητή» που διαμορφώνεται από την «ιδεατή συμπεριφορά» καθώς και την «προβλεπόμενη συμπεριφορά» όπως φαίνεται από το σχήμα που ακολουθεί



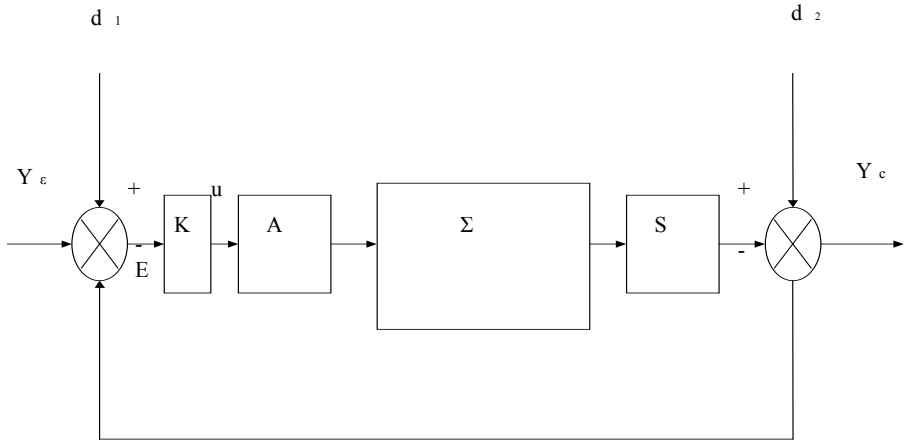
1. Εσωτερική δομή μαθησιακού επιπέδου

Κάθε μαθησιακό επίπεδο αναφέρεται σε συγκεκριμένη διδακτική ενότητα και περιλαμβάνει έναν αριθμό υποπρογραμμάτων που όλα αναφέρονται σε αυτήν. Τα υποπρογράμματα αυτά διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τον τρόπο παρουσίασης της διδακτικής ενότητας, δεδομένου ότι απευθύνονται σε διαφορετικούς μαθησιακούς τύπους. Επίσης, διακρίνονται σε βασικά και δευτερεύοντα. Τα βασικά παρουσιάζουν τη διδακτική ενότητα σε πρώτη παρουσίαση K_i, (i = 1,2, ...,ν), ενώ τα δευτερεύοντα περιέχουν την ενισχυτική διδασκαλία A_i (i = 1,2, ...,ν) για τη

συμπλήρωση των γνώσεων σε περίπτωση όπου απαιτείται αυτή. Εκτός από την παρουσίαση της διδακτικής ενότητας, τα υποπρογράμματα αυτά περιλαμβάνουν τα τεστ αξιολόγησης και τα τεστ διάγνωσης των μαθησιακών χαρακτηριστικών του χρήστη.

Στη διάρθρωση κάθε μαθησιακού επιπέδου διακρίνεται εκτός της παρουσίασης K_i(i = 1,2, ...,ν), η απόδοση Σ του μαθητή είναι διακριτή χρονική συνάρτηση που δίνεται, είτε με ανεξάρτητη μεταβλητή το χρόνο, είτε ως σύνθετη συνάρτηση που εκφράζεται με τις χρονικά εξαρτώμενες διδακτικές ενότητες. Η Σ εξαρτάται επίσης από παραμέτρους που εκφράζουν τις κατά περίπτωση ακολουθούμενες διδακτικές τεχνικές K_i (i = 1,2, ...,ν).

Κάθε κορυφή του γραφήματος που περιγράφει το σύνολο της διδακτικής διαδικασίας σε μία διδακτική ενότητα αντιστοιχεί σε σύστημα της μορφής:



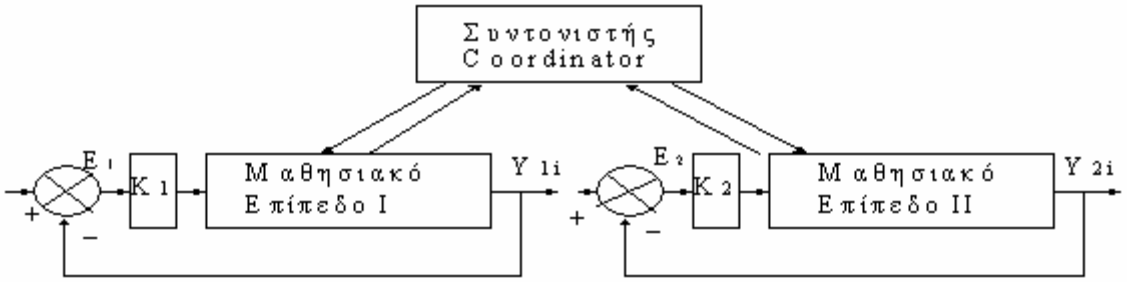
Όπου $Y_ε$ η είσοδος εκφράζει το επιθυμητό επίπεδο κατάρτισης, όπως αυτό προκύπτει από το μοντέλο μαθητή και Y_c η έξοδος μετά την τελική αξιολόγηση της συγκεκριμένης ενότητας. Ο actuator A αποτελεί τον παράγοντα ενισχυτικής διδασκαλίας που ενεργοποιείται διαφορετικά ανάλογα με την ανάδραση του συστήματος. Ο αισθητήρας S (sensor) εφαρμόζει επιλεγμένα tests για την αξιολόγηση της κατανόησης της διδακτικής ενότητας. Τέλος, οι εξωτερικές διαταράξεις d_1, d_2 λαμβάνονται υπόψη. Εξωτερικές διαταράξεις θεωρούνται οι ξένοι προς την εκπαιδευτική διαδικασία παράγοντες που επιδρούν όμως σε αυτή. Τέτοιοι παράγοντες μπορεί να είναι παροδική συναισθηματική αστάθεια, ασθένεια, κόπωση κ.λ.π. Το σφάλμα

E = Yε - Yc

εκφράζει τη μεταβολή του βαθμού εμπέδωσης και κατανόησης που σημειώνεται στο συγκεκριμένο επίπεδο της διδακτικής διαδικασίας.

2. Σχεδίαση της σύνδεσης διαδοχικών μαθησιακών επιπέδων και ο ρόλος "συντονιστή" (coordinator)

Κάθε κορυφή του προσανατολισμένου γραφήματος συνδέεται με τις ν προσκείμενες κορυφές (ν=1,2,…, κ). Η σύνδεση δύο διαδικασιών, που τοποθετούνται σε δύο προσκείμενες κορυφές του γραφήματος, γίνεται μέσω του Τοπικού Συντονιστή (Local Coordinator) σύμφωνα με το ακόλουθο διάγραμμα.



Σχήμα 4

Ο συντονιστής επιτρέπει ή απαγορεύει τη μετάβαση του χρήστη σε επόμενο επίπεδο ανάλογα με την προκαθορισμένη λογική την οποία εκφράζει (μοντέλο μαθητή). Συνεπώς, κατά την υλοποίηση της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής λογισμικού θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η δομή αυτή. Ειδικότερα, η δομή του λογισμικού θα πρέπει να περιλαμβάνει μία μονάδα σε ανώτερο επίπεδο. Η μονάδα αυτή είναι ο συντονιστής ο οποίος δέχεται πληροφορίες από τα επιμέρους μαθησιακά επίπεδα και αποφασίζει για το επόμενο τμήμα της διαδρομής (εμπρός, στάσιμο ή πίσω μέχρι δύο μαθησιακά επίπεδα).

3. Τελική διαμόρφωση του συστήματος μεγάλης κλίμακας

Με βάση τα παραπάνω, οδηγούμαστε στη θεώρηση της όλης διαδικασίας με τη μορφή ενός συστήματος μεγάλης κλίμακας με ιεραρχική δομή.

Όπως είναι γνωστό, τα συστήματα αυτά χαρακτηρίζονται από μεγάλο αριθμό παραμέτρων και μεταβλητών. Επίσης, συχνά αποτελούνται από ένα αριθμό υποσυστημάτων, το καθένα από τα οποία επιτελεί μια συγκεκριμένη λειτουργία που αποτελεί μέρος της συγκεκριμένης λειτουργίας του συστήματος.

Σκοπός του ελέγχου στα συστήματα αυτά, είναι η εξασφάλιση της επιθυμητής λειτουργίας, τόσο σε κάθε υποσύστημα χωριστά, (τοπικός έλεγχος) όσο και στο συνολικό σύστημα. Αυτό επιτυγχάνεται με τη σχεδίαση τοπικών ελέγχων σε κάθε υποσύστημα και με τον κατάλληλο συντονισμό ομάδων υποσυστημάτων μέχρι και το συντονισμό του ολικού συστήματος από τον ανώτατο συντονιστή (βλέπε σχήμα 4)[11, 12].

Είναι προφανές ότι μια τέτοια δομή προσομοιώνει τη λειτουργία του δάσκαλου, που λαμβάνει υπόψη του τις ιδιομορφίες των μαθητών είτε αυτές αποτελούν μόνιμα χαρακτηριστικά (μαθησιακός τύπος, αντιληπτική ικανότητα κ.λ.π.), είτε πρόκειται για διαταράξεις αυτών από εξωτερικούς παράγοντες. Στην εξέλιξή του θα καταβληθεί προσπάθεια να ληφθούν υπόψη οι πλέον δόκιμες τεχνικές των επιστημών αγωγής, ώστε το υπό μελέτη σύστημα να γίνει το βέλτιστο δυνατό.

Αναφορές

1. *Α. Κόλλια*, Οι υπολογιστές στη διδασκαλία και τη μάθηση, εκδόσεις "ΕΛΛΗΝ", 1993.
2. *Stanton, Baber*, An investigation of styles and strategies in self directed learning, Journal of Educational Multimedia, 1, 147-167, 1992.
3. *Γεώργιος Φλουρή,* Η αρχιτεκτονική της διδασκαλίας και η διαδικασία της μάθησης, εκδόσεις Γρηγόρη, 1992.
4. *R. Gagne & K. Medsker*, The conditions of learning :training applications, Harcourt Brace College Publishers, 1996.
5. *J. Anderson*, Learning and memory: an integrated approach. New York: Wiley, 1995.
6. *Whyte and all*, Cognitive styles and feedback in computer assisted instruction, Journal of Educational Computing Research, 12 (2), 195-203, 1995.
7. Kolb, D. A. Experiential learning: Experience as a source of learning and development. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1984.
8. *Ainslie E. Ellis*: "Learning styles and hypermedia courseware usage :is there a connection", International Conference of Educational Multimedia and Hypermedia, (1997).
9. *Δ. Μακρή*, Μαθαίνοντας με στυλ, Εκπαιδευτικοί προβληματισμοί, Ιανουάριος 1999.
10. *R. Danielson*, Work in progress : learning styles and adaptive education, from the proceedings of the workshop "adaptive systems and theuser modeling of the www", Chia Laguna, Sardinia, June 1997.
11. *M. Drouin, H Abou-Kandil και M. Mariton*, Control of Complex Systems, Plenum 1991.
12. *M Jamshidi*, Large Scale Systems, North Holland, 1998.