

Εξατομικευμένη Μάθηση στο Διαδίκτυο: Προσαρμοστικά Εκπαιδευτικά Συστήματα

Γρηγοριάδου Μ., Επίκουρη Καθηγήτρια, gregor@di.uoa.gr

Παπανικολάου Κ., Υπ. Διδάκτορας, spap@di.uoa.gr

Κορνιλάκης Χ., Νέος Ερευνητής, Πληροφορικός, harryk@di.uoa.gr

Τμήμα Πληροφορικής, Παν. Αθηνών

Πανεπιστημιούπολη, Ιλίσσια

157 84 ΑΘΗΝΑ

Περίληψη. Στη συγκεκριμένη εργασία παρουσιάζεται μια νέα ερευνητική περιοχή, τα Προσαρμοστικά Εκπαιδευτικά Συστήματα για το Διαδίκτυο, τα οποία υποστηρίζουν δυνατότητες εξατομικευμένης διδασκαλίας ή/και υποστήριξης των εκπαιδευόμενων. Τα συστήματα αυτά παρουσιάζονται μέσα στο πλαίσιο της αξιοποίησης του Διαδικτύου στην Εκπαίδευση από Απόσταση σαν δείγμα της εκπαιδευτικής του δυναμικής. Τα συστήματα αυτά αναγνωρίζουν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κάθε εκπαιδευόμενου και ανάλογα προσαρμόζουν τη συμπεριφορά τους. Σημαντικά θέματα τα οποία αφορούν τη λειτουργικότητα και το σχεδιασμό τους παρουσιάζονται όπως, η σκοπιμότητά τους, τα χαρακτηριστικά του χρήστη στα οποία το σύστημα προσαρμόζει τη συμπεριφορά του, τα χαρακτηριστικά του συστήματος τα οποία διαφοροποιούνται ανάλογα με το χρήστη καθώς και οι συγκεκριμένες τεχνολογίες οι οποίες υλοποιούν την προσαρμοστικότητα του συστήματος. Τέλος, παρουσιάζεται συνοπτικά ένα πρωτότυπο προσαρμοστικό εκπαιδευτικό σύστημα για το Διαδίκτυο, το οποίο σχεδιάστηκε και αναπτύσσεται στο Εργαστήριο Εκπαιδευτικής και Γλωσσικής τεχνολογίας του τμήματος Πληροφορικής, ΕΚΠΑ, στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος ΠΕΝΕΔ99 της Γενικής Γραμματείας Έρευνας και Τεχνολογίας με τίτλο "Μελέτη, σχεδίαση και ανάπτυξη νοήμονος συστήματος για τηλε-εκπαίδευση". Το συγκεκριμένο σύστημα, σε όλη τη διάρκεια της αλληλεπίδρασής του με τον εκπαιδευόμενο, δημιουργεί μαθήματα με δυναμικό τρόπο, τα οποία σταδιακά καλύπτουν το γνωστικό στόχο που έχει επιλέξει ο εκπαιδευόμενος, ακολουθώντας το γνωστικό του επίπεδο, το στυλ μάθησής του, αλλά και την εξέλιξή του.

Abstract. In this paper we present a new research field, that of Web-based Adaptive Educational Systems, which are capable of personalizing their teaching and/or their support to the learner. These systems are presented within the framework of using the Internet for Distance Learning, as an example of its educational power. Such systems are able to recognize the individual characteristics of each learner and accordingly adapt their behavior. We present important issues regarding their functionality and design, such as their purpose, the user's characteristics based on which the system's behavior is adapted, the system's characteristics that are differentiated depending on the user, as well as the specific technologies used to implement adaptation. Finally, we briefly present the functionality of a prototype adaptive educational system for the Internet, designed and implemented in the framework of the research program PENED99 of the General Secretariat for Research & Development, entitled "Study, design and development of an Intelligent System for Tele-education". This particular system, throughout its interaction with the learner, dynamically generates lessons that gradually lead to the accomplishment of the knowledge goals set by the learner, by following his/her knowledge background, his preferences and his progress.

Εξατομικευμένη Μάθηση στο Διαδίκτυο: Προσαρμοστικά Εκπαιδευτικά Συστήματα

1. Εισαγωγή

Η Εκπαίδευση από Απόσταση (ΕαΑ) αποτελεί μια αναγνωρισμένη εκπαιδευτική πρακτική που υποστηρίζει ένα ευέλικτο μοντέλο πρόσβασης στη γνώση, παρέχοντας τη δυνατότητα εκπαίδευσης και κατάρτισης σε αριθμητικά μεγαλύτερο κοινό από αυτό που αντίστοιχα παραδοσιακά μοντέλα εκπαίδευσης μπορούν αποτελεσματικά να υποστηρίξουν. Ωστόσο, η ραγδαία τεχνολογική ανάπτυξη και η δυνατότητα πρόσβασης σε υψηλής ποιότητας τηλεπικοινωνιακούς συνδέσμους δημιουργούν τις προϋποθέσεις για επερχόμενες σημαντικές αλλαγές στο χώρο της ΕαΑ διαμορφώνοντας μια νέα πλέον εκπαιδευτική πρακτική, την ΕαΑ μέσω του Διαδικτύου. Το Διαδίκτυο και ιδιαίτερα ο Παγκόσμιος Ιστός (World Wide Web ή WWW ή Web) προσφέρει ένα καινοτόμο σύστημα παροχής μαθημάτων, το οποίο συνδέει άμεσα εκπαιδευόμενους με πηγές εκπαιδευτικού υλικού αλλά και ανθρώπινο δυναμικό. Επιπρόσθετα, παρέχει δυνατότητες συνεργασίας αλλά και σύγχρονης / ασύγχρονης αλληλεπίδρασης, οι οποίες προωθούν την ανθρώπινη επικοινωνία. Η ανάπτυξη εκπαιδευτικών συστημάτων για το Διαδίκτυο, που να προσφέρουν εξατομικευμένη μάθηση ή/και υποστήριξη στους εκπαιδευόμενους, αξιοποιώντας με αυτόν τον τρόπο την εκπαιδευτική του δυναμική, βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο.

Στη συγκεκριμένη εργασία παρουσιάζεται η νέα ερευνητική περιοχή των Προσαρμοστικών Εκπαιδευτικών Συστημάτων, όπου γίνεται μια συντονισμένη προσπάθεια αξιοποίησης του Διαδικτύου με στόχο την ευχρηστία αλλά και την εξατομικευμένη υποστήριξη των εκπαιδευόμενων κατά τη διάρκεια της μελέτης τους. Η εργασία ολοκληρώνεται με την παρουσίαση του γενικού πλαισίου λειτουργίας του Προσαρμοστικού Εκπαιδευτικού Συστήματος INSPIRE το οποίο αναπτύσσεται στο Εργαστήριο Εκπαιδευτικής και Γλωσσικής τεχνολογίας του τμήματος Πληροφορικής, ΕΚΠΑ.

2. ΕαΑ βασισμένη στον Παγκόσμιο Ιστό

Στην ΕαΑ μέσω του Διαδικτύου, οι νέες υπολογιστικές και δικτυακές τεχνολογίες αξιοποιούνται διευκολύνοντας τόσο την παροχή του

εκπαιδευτικού υλικού των μαθημάτων όσο και τη δημιουργία μιας εικονικής τάξης με δυνατότητες αλληλεπίδρασης και συνεργασίας. Ο Παγκόσμιος Ιστός αποτελεί το μέσο, το οποίο προσφέρει νέα εργαλεία που στο πλαίσιο της ΕαΑ θα πρέπει να αξιοποιηθούν με άξονα και στόχο τη μάθηση. Μια εικονική τάξη αποτελεί ένα εκπαιδευτικό περιβάλλον το οποίο προσομοιώνει δραστηριότητες που πραγματοποιούνται σε μια παραδοσιακή τάξη: ο Παγκόσμιος Ιστός φιλοξενεί το *σύστημα παροχής μαθημάτων*, οι εκπαιδευτές αναπτύσσουν το *εκπαιδευτικό υλικό* το οποίο ενσωματώνεται στο σύστημα, αλληλεπιδρούν με τους εκπαιδευόμενους και λειτουργούν συμβουλευτικά στηρίζοντας και ενισχύοντας την προσπάθειά τους, και οι εκπαιδευόμενοι μελετούν το εκπαιδευτικό υλικό, επικοινωνούν και συνεργάζονται με τον εκπαιδευτή και τους υπόλοιπους εκπαιδευόμενους και έχουν την κύρια ευθύνη της μελέτης τους. Σε μια εικονική τάξη επομένως, οι ρόλοι των εκπαιδευτών και εκπαιδευόμενων σε γενικές γραμμές μοιάζουν με αυτούς που αναλαμβάνουν αντίστοιχα σε ένα παραδοσιακό μοντέλο ΕαΑ. Ωστόσο, οι ιδιαιτερότητες της νέας πρακτικής επηρεάζουν τη διαδικασία ανάπτυξης εκπαιδευτικού υλικού και επιβάλλουν μία νέας μορφής επικοινωνία μεταξύ των βασικών συντελεστών της εκπαιδευτικής διαδικασίας, των εκπαιδευόμενων, των εκπαιδευτών αλλά και του εκπαιδευτικού υλικού, η οποία βασίζεται στην τεχνολογία.

Τα υπάρχοντα και ευρέως χρησιμοποιούμενα πακέτα παροχής-διαχείρισης μαθημάτων για το Διαδίκτυο προσφέρουν στον εκπαιδευόμενο ένα μέσο πρόσβασης στο εκπαιδευτικό υλικό και στην εικονική τάξη, ενώ στον εκπαιδευτή αντίστοιχα, ένα περιβάλλον εισαγωγής του εκπαιδευτικού υλικού και διαχείρισης της εικονικής τάξης. Σε ένα τέτοιο περιβάλλον, ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού για το Διαδίκτυο έχει τα πλεονεκτήματα της υπερμεσικής παρουσίασης, της εύκολης αναζήτησης, της ανανεωσιμότητας, κ.λπ. [8]. Η διαδικασία ανάπτυξης εκπαιδευτικού υλικού για το Διαδίκτυο [7] όμως θα πρέπει να ακολουθεί πλέον δύο γενικές αρχές, αυτές της ΕαΑ [24] αλλά και της δημοσίευσης υλικού στο Διαδίκτυο [17], προσθέτοντας έναν επιπλέον βαθμό δυσκολίας.

Σε ένα περιβάλλον υπερ-μέσων, ο εκπαιδευόμενος έχει τη δυνατότητα ελεύθερης πλοήγησης ακολουθώντας συνδέσμους μέσα σε ένα εκτεταμένο και αποκεντρωμένο δίκτυο πληροφορίας και γνώσης [3]. Πως όμως σε ένα

τέτοιο περιβάλλον ελεύθερης πλοήγησης και αναζήτησης υποστηρίζεται ο αρχάριος εκπαιδευόμενος στην επίτευξη των διδακτικών στόχων ενός μαθήματος; Πόσο επιβαρύνεται ο ρόλος των εκπαιδευτών, δεδομένου ότι αναλαμβάνουν την προσωπική υποστήριξη των εκπαιδευόμενων; Πόσο θα διευκόλυνε το ρόλο εκπαιδευόμενων και εκπαιδευτών σε μια εικονική τάξη, η ανάπτυξη συνιστωσών σε ένα σύστημα παροχής μαθημάτων, οι οποίες θα παρέχουν εξατομικευμένη υποστήριξη στους εκπαιδευόμενους, λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαίτερες προτιμήσεις τους αλλά και την εξέλιξη του γνωστικού τους επιπέδου στη διάρκεια της μελέτης τους;

Η απάντηση στο ερώτημα κατά πόσο η τεχνολογία θα μπορούσε να παρέχει τέτοιες δυνατότητες, διευκολύνοντας τους εκπαιδευτές και υποστηρίζοντας τη μάθηση αποτελεί ανοιχτό ερευνητικό θέμα, που απαιτεί τη συνεργασία επιστημόνων από το χώρο της Διδακτικής, της Γνωσιακής Επιστήμης και της Πληροφορικής. Στη συνέχεια της εργασίας θα κάνουμε μια συνοπτική παρουσίαση της τρέχουσας κατάστασης μιας νέας ερευνητικής περιοχής, των Προσαρμοστικών Εκπαιδευτικών Συστημάτων για το Διαδίκτυο, η ανάπτυξη των οποίων έχει σαν απώτερο στόχο την εξατομικευμένη μάθηση ή/και υποστήριξη των εκπαιδευόμενων στην ΕαΑ.

3. Προσαρμοστικά Εκπαιδευτικά Συστήματα για το Διαδίκτυο

Τα Προσαρμοστικά Εκπαιδευτικά Συστήματα (ΠΕΣ) που βασίζονται στον Παγκόσμιο Ιστό (Web-based Adaptive Educational Systems) αποτελούν εξέλιξη δύο προγενέστερων τύπων ΠΕΣ, των Νοημόνων Εκπαιδευτικών Συστημάτων (*Intelligent Tutoring Systems*) [23] και των Προσαρμοστικών Συστημάτων Υπερμέσων (*Adaptive Hyper-media Systems*) [2]. Αποτελούν επομένως συνδυασμό δύο διαφορετικών προσεγγίσεων στην περιοχή της υποστηριζόμενης μάθησης από υπολογιστή (*computer assisted learning*): της κατευθυνόμενης δασκαλο-κεντρικής προσέγγισης των παραδοσιακών συστημάτων Τεχνητής Νοημοσύνης και της ευέλικτης μαθητο-κεντρικής προσέγγισης της ελεύθερης πλοήγησης ενός συστήματος υπερμέσων [6].

Στη συνέχεια θα προσεγγίσουμε τα ΠΕΣ για το Διαδίκτυο μέσα από τέσσερις άξονες, οι οποίοι είναι τυπικοί στην ταξινόμηση προσαρμοστικών συστημάτων και διαμορφώνουν το γενικό πλαίσιο αλληλεπίδρασης εκπαιδευόμενου και συστήματος [4]:

(i) η χρησιμότητα των ΠΕΣ, ποια προβλήματα στοχεύουν να αντιμετωπίσουν στο πεδίο εφαρμογής τους, (ii) τα χαρακτηριστικά του χρήστη τα οποία καθορίζουν τη προσαρμοστικότητα του συστήματος, δηλ. σε ποια χαρακτηριστικά του χρήστη το σύστημα προσαρμόζει τη συμπεριφορά του, (iii) τα χαρακτηριστικά του συστήματος τα οποία διαφοροποιούνται ανάλογα με το χρήστη και (iv) οι στόχοι της προσαρμοστικότητας όσον αφορά συγκεκριμένες μεθόδους και τεχνικές: ποιες τεχνικές χρησιμοποιούνται και ποια προβλήματα αντιμετωπίζουν.

3.1 Προσαρμοστικότητα σε ένα Εκπαιδευτικό Σύστημα: Που στοχεύει

Η χρήση των υπερμέσων για εκπαιδευτικούς σκοπούς αξιοποιεί τη δυνατότητά τους να ενεργοποιούν τον εκπαιδευόμενο στην απόκτηση και χρήση της πληροφορίας, στη δυνατότητά τους να υποστηρίζουν πολλαπλές διαφορετικές διδακτικές προσεγγίσεις (διδασκαλία, διερεύνηση, ανακάλυψη, κ.λπ.), να υποστηρίζουν διαφορετικά μαθησιακά στυλ και να προωθούν την απόκτηση πολλαπλών αναπαραστάσεων σε πολύπλοκα και ελλειπώς δομημένα πεδία [20].

Στην πράξη όμως και δεδομένου ότι ο σχεδιασμός ενός Εκπαιδευτικού Συστήματος στοχεύει πέρα από την ευχρηστία και στη μάθηση, σε ένα περιβάλλον υπερμέσων προκύπτουν διάφορα προβλήματα, όπως: (i) είναι αμφίβολο εάν όλοι οι εκπαιδευόμενοι καταφέρουν να ακολουθήσουν την προσωπική τους πορεία στο υλικό [13], (ii) το επίπεδο γνώσης των εκπαιδευόμενων σχετικά με το γνωστικό αντικείμενο διαφέρει σημαντικά (γνωστικό υπόβαθρο), ενώ μπορεί να αναπτυχθεί διαφορετικά μέσω της τυχαίας αλληλεπίδρασης με το σύστημα [10], (iii) οι εκπαιδευόμενοι τείνουν να χαθούν σε κατάσταση ελεύθερης πλοήγησης (*lost in hyperspace*) [3], ειδικά όταν το πεδίο είναι μεγάλο και/ή οι εκπαιδευόμενοι είναι αρχάριοι στο γνωστικό αντικείμενο [με αποτέλεσμα οι συνεχόμενες και πολλαπλές επιλογές να οδηγούν σε γνωστική υπερφόρτωση (*cognitive overload*) [9], (iv) οι εκπαιδευόμενοι, κατά την πλοήγησή τους στο υλικό, πιθανά να μην κατορθώσουν να αποκτήσουν μια συνολική εικόνα του παρεχόμενου υλικού και της δομής του [10] και (v) λόγω έλλειψης της κατάλληλης πληροφορίας που να τους βοηθά να διαμορφώσουν στόχους και να βρουν το υλικό που χρειάζονται, οι εκπαιδευόμενοι μπορεί να παγιδευτούν μέσα στο πεδίο που τους παρουσιάζεται και η πλοήγησή τους να είναι χαοτική και εκπαιδευτικά μη αποτελεσματική [10][19].

Η προσαρμοστικότητα σε ένα Εκπαιδευτικό Σύστημα στοχεύει να υποστηρίξει τον εκπαιδευόμενο στη διάρκεια της μελέτης του, προσδίδοντας στο σύστημα τη δυνατότητα να προσαρμόζεται δυναμικά ανάλογα με τον εκπαιδευόμενο και την εξέλιξή του. Τα συστήματα αυτά συντηρούν ένα μοντέλο του κάθε εκπαιδευόμενου βάσει του οποίου προσαρμόζονται σε αυτόν, για παράδειγμα, προσαρμόζουν το περιεχόμενο των μαθημάτων στις επιλογές, το επίπεδο γνώσεων και τις προτιμήσεις του εκπαιδευόμενου, ή προτείνουν στον εκπαιδευόμενο τους πιο σχετικούς για το επίπεδο και τις προτιμήσεις του συνδέσμους [14]. Σημαντικό θέμα στο σχεδιασμό ενός τέτοιου συστήματος αποτελούν οι δυνατότητες παρέμβασης του εκπαιδευόμενου, οι οποίες συμβάλλουν στη διαμόρφωση του γενικότερου πλαισίου αλληλεπίδρασης εκπαιδευόμενου και συστήματος.

3.2 Χαρακτηριστικά του Εκπαιδευόμενου στα οποία Προσαρμόζεται το ΕΣ

Στην ΕαΑ, το κοινό μιας τάξης είναι συνήθως πολυάριθμο και ανομοιογενές, όσον αφορά στο επίπεδο γνώσης τους, στο ρυθμό μάθησής τους στο μαθησιακό τους στυλ αλλά και στο βαθμό εξοικείωσής του με τις νέες τεχνολογίες. Παράλληλα, οι εκπαιδευόμενοι είναι συνήθως ενήλικες και μελετούν μόνοι τους σε χώρο και χρόνο της επιλογής τους, αναλαμβάνοντας την κύρια ευθύνη της μάθησής τους.

Σε ένα ΠΕΣ για το Διαδίκτυο, το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό ενός εκπαιδευόμενου βάσει του οποίου διαμορφώνεται η προσαρμοστικότητα του συστήματος είναι το επίπεδό του σχετικά με το γνωστικό αντικείμενο. Εκπαιδευτικό υλικό που για έναν αρχάριο μπορεί να είναι δυσνόητο, είναι πιθανό για έναν έμπειρο να είναι ήδη γνωστό. Παράλληλα, ενώ ένας έμπειρος επιθυμεί να ελέγχει το χώρο πλοήγησής του χωρίς περιορισμούς, ένας αρχάριος είναι πιθανό να χρειάζεται υποστήριξη στην πλοήγηση διαφορετικά μπορεί να 'χαθεί' στο περιβάλλον δυσχεραίνοντας τις συνθήκες μελέτης του.

Επιπρόσθετα, οι στόχοι του εκπαιδευόμενου, το υπόβαθρο, η εμπειρία και οι προτιμήσεις του αποτελούν χαρακτηριστικά που διαφοροποιούν τους χρήστες ενός συστήματος, ενώ παράλληλα θεωρούνται ιδιαίτερα σημαντικά ώστε να επηρεάσουν το μαθησιακό αποτέλεσμα. Ιδιαίτερα στην ΕαΑ, όπου το κοινό είναι συνήθως ενήλικες, οι οποίοι συχνά έχουν διαμορφωμένη άποψη για τις ανάγκες τους, η συμμετοχή τους στη διαμόρφωση του περιεχομένου της εκπαίδευσής τους ενισχύει την απόκτηση της γνώσης. Το

υπόβαθρο του εκπαιδευόμενου, αφορά τα γενικά χαρακτηριστικά του όπως το επάγγελμα, εργασιακή εμπειρία σε συναφείς περιοχές, η άποψη και προοπτική του εκπαιδευόμενου. Τέλος, οι προτιμήσεις ενός εκπαιδευόμενου όσον αφορά το εκπαιδευτικό υλικό αλλά και την αλληλεπίδρασή τους με το σύστημα, π.χ. θέματα της διεπαφής, λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό της προσαρμοστικότητας ενός συστήματος.

3.3 Χαρακτηριστικά του ΕΣ τα οποία Προσαρμόζονται: Τεχνολογίες

Ενα σημαντικό θέμα στο σχεδιασμό ενός ΠΕΣ για το Διαδίκτυο αποτελεί το είδος της προσαρμοστικότητας που θα εφαρμόσει, και πιο συγκεκριμένα τα χαρακτηριστικά του συστήματος τα οποία διαφοροποιούνται ανάλογα με τον εκπαιδευόμενο. Διάφορες τεχνολογίες έχουν αναπτυχθεί, οι οποίες υποστηρίζουν την εξατομικευμένη μάθηση, διδασκαλία διαμορφώνοντας το ίδιο το περιεχόμενο της αλληλεπίδρασης εκπαιδευόμενου και συστήματος ή και απλά υποστήριξη του εκπαιδευόμενου κατά τη διάρκεια της μελέτης του λειτουργώντας συμβουλευτικά.

Συνοψίζοντας τις διαφορετικές τεχνολογίες που έχουν υλοποιηθεί σε διάφορα ΠΕΣ καταγράφουμε τις ακόλουθες [1]:

Διαδοχή Μαθημάτων (Curriculum Sequencing). Σύμφωνα με αυτή την τεχνολογία, το σύστημα αναλαμβάνει τον εκπαιδευτικό προγραμματισμό των μαθημάτων για κάθε εκπαιδευόμενο, επιλέγοντας τη θεματολογία τους (*planning the content*) ή/και το κατάλληλο εκπαιδευτικό υλικό (*planning the delivery*) λαμβάνοντας υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του (γνωστικό επίπεδο, προτιμήσεις, κ.λπ.) [22]. Σε αυτήν την τεχνολογία συχνά συναντάμε την έννοια του γνωστικού στόχου ο οποίος είτε είναι προκαθορισμένος είτε καλείται ο εκπαιδευόμενος να τον επιλέξει. Η επιλογή του στόχου συνοδεύεται από την αυτόματη διαμόρφωση μαθημάτων τα οποία σταδιακά οδηγούν στην επίτευξή του με ένα τρόπο που ταιριάζει στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του εκπαιδευόμενου. Σε ένα Εκπαιδευτικό Σύστημα στο Διαδίκτυο, η ενσωμάτωση του εκπαιδευτικού υλικού σε μορφή υπερκειμενικής παρουσίασης αποτελεί ένα σημαντικό πλεονέκτημα. Σε αυτό το πλαίσιο η συγκεκριμένη τεχνολογία αντιμετωπίζει προβλήματα, όπως αυτό της γνωστικής υπερφόρτωσης, ορίζοντας και ταυτόχρονα περιορίζοντας το γνωστικό πεδίο με ένα τρόπο που εκπαιδευτικά να υποστηρίζει το μαθησιακό αποτέλεσμα.

Τεχνολογίες Υποστήριξης στην Αντιμετώπιση Προβλημάτων (Problem Solving Support Technologies). Σε αυτή την κατηγορία υπάρχουν διάφορες προσεγγίσεις οι οποίες υποστηρίζουν τον εκπαιδευόμενο στην επίλυση ενός εκπαιδευτικού προβλήματος. Σε μία προσέγγιση, το ΕΣ υλοποιεί μια νοήμονα ανάλυση των απαντήσεων του εκπαιδευόμενου στοχεύοντας στην αναγνώριση των πιθανών παρανοήσεών του. Σε μια άλλη προσέγγιση, τον υποστηρίζει κατά τη διάρκεια επίλυσης ενός προβλήματος, ενώ σε μια τρίτη του προτείνει σχετικά παραδείγματα είτε από την πρόσφατη εμπειρία του (ασκήσεις που έλυσε ο ίδιος ή παραδείγματα που του έχουν παρουσιαστεί). Η τεχνολογία αυτή αναπτύχθηκε ιδιαίτερα στην περιοχή των Νοημόνων Εκπαιδευτικών Συστημάτων, όπου το εκπαιδευτικό υλικό δεν ήταν απαραίτητο να είναι ενσωματωμένο μέσα στο περιβάλλον, διαμορφώνοντας ουσιαστικά ένα περιβάλλον πειραματισμού για ένα συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο.

Προσαρμοστική Παρουσίαση (Adaptive Presentation or Content Sequencing), όπου το περιεχόμενο μιας σελίδας υπερ-μέσων δημιουργείται ή συντίθεται από μονάδες εκπαιδευτικού υλικού σύμφωνα με το επίπεδο γνώσης, τους γνωστικούς στόχους και άλλα χαρακτηριστικά του εκπαιδευόμενου [18][22]. Οι σελίδες ενός μαθήματος δημιουργούνται δυναμικά με αποτέλεσμα, η ίδια σελίδα να παρουσιάζεται με διαφορετικό περιεχόμενο ανάλογα με τον εκπαιδευόμενο. Για παράδειγμα, σε έναν έμπειρο εκπαιδευόμενο, γνώση του αντικειμένου εμφανίζεται μια λεπτομερής και σε βάθος ανάλυση, σε σχέση με έναν αρχάριο ο οποίος χρειάζεται μια εισαγωγική και αναλυτική παρουσίαση. Υλοποιήσεις αυτής της τεχνολογίας περιλαμβάνουν, την υπο-συνθήκη εμφάνιση ή απόκρυψη περιοχών του κειμένου ανάλογα με το γνωστικό επίπεδο ή τις προτιμήσεις του εκπαιδευόμενου (*conditional text, frame-based technique*), την επιλεκτική ενσωμάτωση ή μη περιοχών του κειμένου ανάλογα με το επίπεδο, την εμπειρία, κ.λπ. του εκπαιδευόμενου (*stretchtext*), την επιλεκτική επιλογή εκπαιδευτικού υλικού για την παρουσίαση των εννοιών ενός γνωστικού αντικειμένου με μορφή αυτοτελών παρουσιάσεων ή περιοχών μιας σελίδας (*explanation variants*) καθώς και συνδυασμούς τους. *Προσαρμοστική Πλοήγηση (Adaptive Navigation or Link-level Adaptation)*, όπου στόχος είναι η υποστήριξη των εκπαιδευομένων στην πλοήγησή τους μέσα στο πεδίο γνώσης του συστήματος, προσαρμόζοντας κατάλληλα τους

εμφανείς συνδέσμους (*visible links*) [21]. Οι πιο δημοφιλείς τεχνικές που υλοποιούνται σε ΠΕΣ είναι: (i) η *Απευθείας Καθοδήγηση (Direct Guidance)*, όπου ανάλογα με την τεχνολογία της Διαδοχής Μαθημάτων, το σύστημα προτείνει στον εκπαιδευόμενο το βέλτιστο μονοπάτι που θα τον οδηγήσει στην επίτευξη ενός συγκεκριμένου γνωστικού στόχου, (ii) ο *Προσαρμοστικός Σχολιασμός Συνδέσμων (Adaptive Link Annotation)*, όπου το σύστημα με ένα γραφικό τρόπο επαυξάνει τους υπάρχοντες συνδέσμους περιεχομένων με πληροφορίες όσον αφορά την τρέχουσα κατάσταση τους σε σχέση με τον εκπαιδευόμενο, π.χ. ποια περιεχόμενα έχει μάθει, ποια μπορεί να δει και ποια δεν είναι έτοιμος να επισκεφθεί και (iii) *Προσαρμοστική Απόκρυψη Συνδέσμων (Adaptive Link Hiding)*, όπου οι μη προτεινόμενοι σύνδεσμοι είναι μεν εμφανείς αλλά απενεργοποιημένοι και κατά συνέπεια μη επισκέψιμοι.

4 Προσαρμοστικό Εκπαιδευτικό Σύστημα INSPIRE¹

Το Προσαρμοστικό Εκπαιδευτικό Σύστημα INSPIRE [25] αναπτύσσεται στο Εργαστήριο Εκπαιδευτικής και Γλωσσικής Τεχνολογίας του τμήματος Πληροφορικής, ΕΚΠΑ, στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος ΠΕΝΕΔ99 της Γενικής Γραμματείας Ερευνας και Τεχνολογίας με τίτλο "Μελέτη, σχεδίαση και ανάπτυξη νοήμονος συστήματος για τηλε-εκπαίδευση". Η βασική λειτουργικότητα του συστήματος εστιάζει στη δυναμική δημιουργία μαθημάτων, τα οποία ανταποκρίνονται στο επίπεδο γνώσεων, στις επιλογές και το στυλ μάθησης (*learning style*) του κάθε εκπαιδευόμενου. Ο γενικός εκπαιδευτικός σχεδιασμός του συστήματος επιτρέπει στους εκπαιδευόμενους να επιλέγουν το γνωστικό στόχο που επιθυμούν να μελετήσουν μέσα από ένα σύνολο προκαθορισμένων στόχων. Με βάση το γνωστικό στόχο, το σύστημα δημιουργεί μαθήματα με συγκεκριμένη θεματολογία και εκπαιδευτικό υλικό ώστε σταδιακά να τον οδηγήσουν στην επίτευξη του στόχου.

Το γενικό πλαίσιο του εκπαιδευτικού σχεδιασμού των μαθημάτων βασίζεται σε θεωρίες από το χώρο της Διδακτικής και της εκπαίδευσης ενηλίκων. Πιο συγκεκριμένα, η παρουσίαση των βασικών εννοιών κάθε γνωστικού στόχου ακολουθεί τη θεωρία Component Display Theory (CDT), σύμφωνα με την οποία διαφορετικής μορφής εκπαιδευτικό υλικό πρέπει να

¹ INtelligent System for Personalised Instruction in a Remote Environment

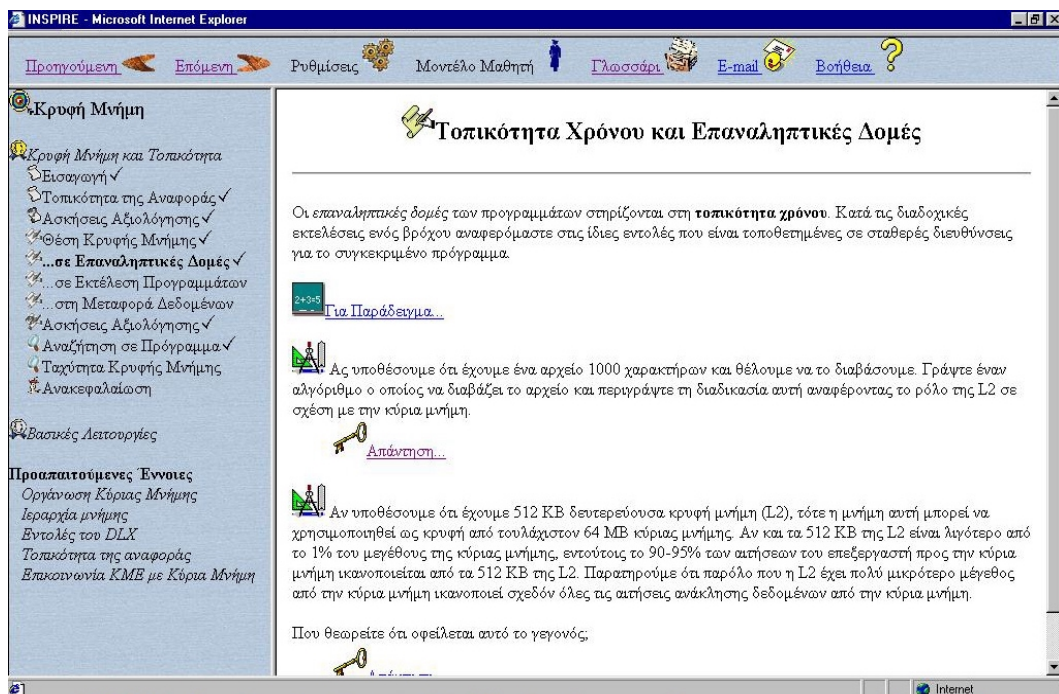
υποστηρίζει τα τρία στάδια επίδοσης, την *Απομνήμονευση* (παρουσίαση της εννοιών), τη *Χρήση* (εφαρμογή των εννοιών) και την *Αναζήτηση* (αξιοποίηση εννοιών σε νέες καταστάσεις). Παράλληλα, η επιλογή του τύπου του εκπαιδευτικού υλικού που συνοδεύει τα τρία στάδια επίδοσης καθορίζεται από το στυλ μάθησης του εκπαιδευόμενου δεδομένου ότι, το προσωπικό στυλ μάθησης επηρεάζει σημαντικά το εκπαιδευτικό αποτέλεσμα. Συγκεκριμένα, υιοθετείται το μοντέλο στυλ μάθησης που προτάθηκε από τους Honey και Mumford [11], σύμφωνα με το οποίο υπάρχουν τέσσερα διαφορετικά στυλ μάθησης, ο *Ακτιβιστής (Activist)*, ο *Ανακλαστικός (Reflector)*, ο *Θεωρητικός (Theorist)* και ο *Πραγματιστής (Pragmatist)*. Με βάση το συγκεκριμένο σχεδιασμό, πολλαπλές προοπτικές και αναπαραστάσεις της κάθε έννοιας αναπτύχθηκαν όπως, θεωρητικές παρουσιάσεις, παραδείγματα, ασκήσεις, δραστηριότητες που χρησιμοποιούν προσομοιώσεις πραγματικών καταστάσεων, δραστηριότητες αναζήτησης υλικού, ομαδικές εργασίες, με στόχο να καλύψουν τα τρία επίπεδα επίδοσης και να αποτελέσουν την πρωταρχική ύλη που θα στηρίξει εναλλακτικές εκπαιδευτικές προσεγγίσεις για διαφορετικά στυλ μάθησης.

Το σύστημα παρακολουθεί τις κινήσεις και τις αποκρίσεις του εκπαιδευόμενου σε όλη τη διάρκεια της μελέτης του, τις αξιολογεί και ανάλογα αναπροσαρμόζει το παρεχόμενο εκπαιδευτικό υλικό των μαθημάτων. Παράλληλα όμως δίνει και στον εκπαιδευόμενο τη δυνατότητα να παρέμβει στο μοντέλο αυτό, και να ορίσει/αλλάξει ο ίδιος το γνωστικό του επίπεδο στις διαφορετικές έννοιες του στόχου αλλά και το στυλ μάθησής του.

Βασικός στόχος του συστήματος είναι να δώσει σταδιακά στον εκπαιδευόμενο το κατάλληλο εκπαιδευτικό υλικό, ώστε η επίδοση και οι ικανότητές του να εξελιχθούν από την απομνημόνευση εννοιών, γεγονότων και διαδικασιών στην εφαρμογή τους και τελικά στην αξιοποίησή τους σε νέες καταστάσεις. Έτσι, ενώ αρχικά περιορίζει το πεδίο γνώσης που εμφανίζεται στον εκπαιδευόμενο (στα πρώτα του βήματα), σταδιακά το εμπλουτίζει ακολουθώντας την εξέλιξή του προτείνοντας μια πλοήγηση σε αυτό.

Το σύστημα περιλαμβάνει ένα σύνολο προκαθορισμένων γνωστικών στόχων, από το οποίο καλείται να επιλέξει ο κάθε εκπαιδευόμενος. Κάθε γνωστικός στόχος σχετίζεται με ένα υποσύνολο των εννοιών του γνωστικού

αντικειμένου, οι οποίες είναι απαραίτητες για την κατανόησή του. Οι σχέσεις μεταξύ των διαφορετικών εννοιών ενός γνωστικού στόχου δηλώνονται μέσω ποιοτικών χαρακτηρισμών που επιδέχονται οι έννοιες: *σημαντικές έννοιες (outcome concepts)*, *προαπαιτούμενες έννοιες (prerequisite concepts)*, *σχετικές έννοιες (related concepts)* [25].



Εικόνα 1: Οθόνη του Εκπαιδευτικού Συστήματος INSPIRE. Στο πάνω μέρος της οθόνης εμφανίζεται η εργαλειοθήκη, Αριστερά τα περιεχόμενα ενός μαθήματος και δεξιά το περιεχόμενο της επιλεγμένης σελίδας εκπαιδευτικού υλικού

Η προσαρμοστικότητα του συστήματος έχει πολλαπλά επίπεδα υλοποίησης και περιγράφεται στη συνέχεια. Οι σημαντικές έννοιες του γνωστικού στόχου παρουσιάζονται τμηματικά ακολουθώντας την πρόοδο του εκπαιδευόμενου (υιοθετείται η τεχνολογία της Διαδοχής Μαθημάτων). Ανάλογα με το γνωστικό επίπεδο του εκπαιδευόμενου, το σύστημα με γραφικό τρόπο προτείνει μια πλοήγηση στο εκπαιδευτικό υλικό (υιοθετείται η τεχνολογία της Προσαρμοστική Πλοήγηση με Σχολιασμό Συνδέσμων). Σε κάθε επίπεδο επίδοσης το προσωπικό στυλ μάθησης του κάθε εκπαιδευόμενου επηρεάζει την παρουσίαση του εκπαιδευτικού υλικού της έννοιας (υιοθετείται η τεχνολογία της Προσαρμοστικής Παρουσίασης).

4.1 Το Στυλ Μάθησης πηγή Προσαρμοστικότητας για το Σύστημα

Ιδιαίτερα σε ένα Εκπαιδευτικό Σύστημα οι προτιμήσεις του εκπαιδευόμενου θεωρούμε ότι θα ήταν πιο αποτελεσματικό να ληφθούν υπόψη κάτω από το

πρίσμα του στυλ μάθησης των εκπαιδευόμενων ώστε να επηρεάζουν τον τύπο του εκπαιδευτικού υλικού που παρέχεται. Έρευνα σχετικά με τα στυλ μάθησης και τις επιδόσεις έχει αποδείξει ότι διδάσκοντας μαθητές πως να μαθαίνουν και πως να παρακολουθούν το στυλ μάθησής τους είναι κρίσιμο σημείο για την επιτυχία τους σε Πανεπιστημιακό επίπεδο [15].

Σε αυτή τη φάση του έργου γίνεται έρευνα σχετικά με την επίδραση του στυλ μάθησης των εκπαιδευόμενων στην επιλογή συγκεκριμένης μορφής εκπαιδευτικού υλικού. Η μεθοδολογία που ακολουθείται στηρίζεται στη συλλογή ερωτηματολογίων αλλά και πραγματικών δεδομένων κατά την αλληλεπίδραση συστήματος και εκπαιδευόμενων. Τα ερωτηματολόγια που χρησιμοποιούνται στοχεύουν στην αναγνώριση του στυλ μάθησης (ερωτηματολόγιο Honey & Mumford [11]) αλλά και στον εντοπισμό των ιδιαίτερων τύπων εκπαιδευτικού υλικού που προτιμούν κατά την εκπαίδευσή τους. Μία πρώτη επεξεργασία των ερωτηματολογίων αποτέλεσε τη βάση για την ανάπτυξη ενός μοντέλου συσχετισμού στυλ μάθησης και εκπαιδευτικού υλικού, βάση του οποίου υλοποιήθηκε ο εκπαιδευτικός σχεδιασμός του Προσαρμοστικού Συστήματος INSPIRE. Στην τρέχουσα φάση του έργου βρίσκεται σε εξέλιξη η διαμορφωτική αξιολόγηση του συστήματος με βάση ένα πραγματικό πείραμα, κατά το οποίο θα καταγραφούν οι επιλογές σε εκπαιδευτικό υλικό, εκπαιδευόμενων με συγκεκριμένο στυλ μάθησης, κατά τη διάρκεια της μελέτης τους στο σύστημα. Η αναγνώριση του στυλ μάθησης στην τρέχουσα φάση επιτυγχάνεται με την κατάθεση του ερωτηματολογίου των Honey & Mumford ή/και την επιλογή του ίδιου του εκπαιδευόμενου με βάση τα γενικά χαρακτηριστικά των διαφορετικών στυλ.

Τελικός στόχος του σχεδιασμού του συστήματος είναι η ανάπτυξη ενός νοήμονος μηχανισμού αξιολόγησης του στυλ μάθησης του εκπαιδευόμενου, ο οποίος θα αξιοποιεί τα δεδομένα που προέκυψαν από την έρευνα και θα αναγνωρίζει το στυλ μάθησης ενός εκπαιδευόμενου με βάση την παρατήρηση και καταγραφή των επιλογών του σε όλη τη διάρκεια αλληλεπίδρασής του με το σύστημα.

4.2 Αναπαράσταση γνωστικού αντικείμενου στο Προσαρμοστικό ΕΣ INSPIRE

Η αναπαράσταση του γνωστικού αντικείμενου στο προσαρμοστικό ΕΣ θα πρέπει να υποστηρίζει τη δυνατότητα του συστήματος να επιλέγει και να επαναχρησιμοποιεί το εκπαιδευτικό υλικό ανάλογα με τις απαιτήσεις και την τρέχουσα κατάσταση του εκπαιδευόμενου. Επομένως, η δόμησή του καθώς

και η ποιότητα του εκπαιδευτικού υλικού που αυτό περιλαμβάνει, επηρεάζουν σημαντικά την ποιότητα και αποτελεσματικότητα της προσαρμοστικότητας του συστήματος.

Το εκπαιδευτικό υλικό που παρέχεται σε κάθε μάθημα περιλαμβάνει μονάδες γνώσης που: (i) παρουσιάζουν πλήρως τις *σημαντικές έννοιες* ενός στόχου ακολουθώντας τον προτεινόμενο εκπαιδευτικό σχεδιασμό, (ii) παρουσιάζουν συνοπτικά τις *προαπαιτούμενες έννοιες* (iii) που ορίζουν τις *σχετικές έννοιες*. Επιπρόσθετα, το εκπαιδευτικό υλικό εμπλουτίζεται από: Συνοπτικές περιγραφές περιεχομένων, Λέξεις κλειδιά, Ανακεφαλαιώσεις, Βιβλιογραφία – πηγές, Ασκήσεις αυτοαξιολόγησης. Η ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού αυτής της μορφής αποτελεί μια ιδιαίτερα απαιτητική διαδικασία την οποία ενδείκνυται να αναλαμβάνουν εκπαιδευτές με εμπειρία στο γνωστικό αντικείμενο και τη διδασκαλία του.

Συνοπτικά η ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού ακολουθεί τα παρακάτω βήματα:

- Προσδιορισμός των γνωστικών στόχων που υποστηρίζει το σύστημα
- Αποδόμηση του γνωστικού αντικείμενου σε έννοιες τις οποίες ο εκπαιδευόμενος θα πρέπει να γνωρίζει για κάθε γνωστικό στόχο.
- Ιεράρχηση εννοιών που συνδέονται με το στόχο: προσδιορισμός των σημαντικών εννοιών που ο εκπαιδευόμενος θα πρέπει να γνωρίζει για να καλύψει το στόχο, της προαπαιτούμενης γνώσης που απαιτείται για τη μελέτη των σημαντικών εννοιών του στόχου (προαπαιτούμενες έννοιες), αλλά και των λιγότερο σημαντικών εννοιών οι οποίες όμως σχετίζονται με τις σημαντικές έννοιες (σχετικές έννοιες)
- Προσδιορισμός των επιμέρους προσδοκώμενων αποτελεσμάτων για την κάθε σημαντική έννοια του στόχου. Σύμφωνα με τη θεωρία [16] υιοθετείται η ιεράρχηση των προσδοκώμενων αποτελεσμάτων σε τρία επίπεδα επίδοσης: Απομνημόνευση, Χρήση, Αναζήτηση
- Ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού: (i) για τις σημαντικές έννοιες απαιτούνται πολλαπλές αναπαραστάσεις, οι οποίες να καλύπτουν τα τρία επίπεδα επίδοσης αλλά και εναλλακτικούς τρόπους παρουσίασης που να 'καλύπτουν' τις απαιτήσεις εκπαιδευομένων με διαφορετικές προτιμήσεις (*στυλ μάθησης*) όπως, κείμενα, παραδείγματα, ασκήσεις, δραστηριότητες σε προσομοιώσεις πραγματικών καταστάσεων, δραστηριότητες αναζήτησης, κ.λπ., (ii) για τις προαπαιτούμενες έννοιες

απαιτείται μία παρουσίαση η οποία να εστιάζει στη σχέση της με τη σημαντική έννοια και (iii) για τις σχετικές έννοιες ένας ορισμός στο γλωσσάρι.

Η παραπάνω δομημένη διαδικασία οδηγεί στη δημιουργία ποιοτικού εκπαιδευτικού υλικού το οποίο μπορεί να στηρίξει την αξιοποίηση του υπολογιστικών και δικτυακών τεχνολογιών ως εκπαιδευτικό μέσο ικανό να προσφέρει μερικά από τα οφέλη της πρόσωπο με πρόσωπο διδασκαλίας.

5. Συμπεράσματα και Μελλοντική Έρευνα

Τα ΠΕΣ για το Διαδίκτυο αποτελούν μια νέα ερευνητική περιοχή η οποία μελετά τον τρόπο με τον οποίο θα μπορούσε ένα εκπαιδευτικό σύστημα για το Διαδίκτυο να συμβάλλει στην υποστήριξη ενός εκπαιδευόμενου στη διάρκεια της μελέτης του. Το Διαδίκτυο επομένως πέρα από μέσο παροχής εκπαιδευτικού υλικού και διαχείρισης των εικονικών τάξεων μπορεί να αξιοποιηθεί ώστε να διευκολύνει την επικοινωνία αλλά και τη μελέτη, υποστηρίζοντας με αυτόν τον τρόπο εκπαιδευόμενους αλλά και εκπαιδευτές. Ο σχεδιασμός Εκπαιδευτικών Συστημάτων τα οποία θα μπορέσουν να συμβάλλουν και να ενισχύσουν το μαθησιακό αποτέλεσμα στην ΕαΑ απαιτεί τη συνεργασία επιστημόνων από το χώρο της Διδακτικής, της Γνωσιακής Επιστήμης και της Πληροφορικής.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται το γενικό πλαίσιο λειτουργίας του προσαρμοστικού εκπαιδευτικού συστήματος για το Διαδίκτυο, INSPIRE (URL: <http://hermes.di.uoa.gr/inspire>). Το σύστημα εποπτεύει τον εκπαιδευόμενο σε όλη τη διάρκεια της μελέτης του και προσαρμόζει σε αυτόν το εκπαιδευτικό υλικό των παρεχόμενων μαθημάτων. Η γενικότερη εκπαιδευτική προσέγγιση που υιοθετείται δίνει τη δυνατότητα στον εκπαιδευόμενο να επιλέξει ένα γνωστικό στόχο και τον στηρίζει βηματικά στην επίτευξή του, αυξάνοντας το βαθμό δυσκολίας του υλικού και τις απαιτήσεις στην επίδοσή του. Σε αυτή τη φάση του έργου, βρίσκεται σε εξέλιξη η διαμορφωτική αξιολόγηση του συστήματος και ο γενικότερος εκπαιδευτικός του σχεδιασμός, ώστε τα συμπεράσματα να συμβάλλουν στη βελτίωση και την ολοκλήρωση του συστήματος.

6. Αναφορές

1. Brusilovsky, P. Adaptive and Intelligent Technologies for Web-based Education. In C. Rollinger and C. Peylo (eds.), Special Issue on Intelligent Systems and Teleteaching, *Knstliche Intelligenz*, 4, 19-25, 1999
2. Brusilovsky, P. Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia. User Modeling and User-Adapted Interaction 6: 87-129. Kluwer Academic Publishers. Netherlands, 1996
3. Conklin, J. Hypertext: an introduction and survey. *IEEE Computer*, 20, 9, 17-41, 1987
4. Dieterich, H., Malinowski, U., Kuhme, T. and Schneider-Hufschmidt, M. 'State of the Art in Adaptive User Interfaces'. In: M.Schneider-Hufschmidt, T.Kuhme and U.Malinowski (eds.): *Adaptive User Interfaces: Principles and Practice*. North-Holland, Amsterdam, pp. 13-48, 1993.
5. Education in the Internet - Linking Theory to Reality, <http://www.oise.on.ca/~kdauidson/cons.html>
6. Eklund, J. and Zeilenger, R. Navigating the Web: Possibilities and Practicalities for Adaptive Navigation Support. 2nd Australian WWW Conf. (AusWEeb96). Southern Cross University. Lismore. Australia, 1996
7. Grigoriadou M., Papanikolaou K., Cotronis Y., Velentzas Ch. and Filokyrou G. Designing and Implementing a Web-based course, In Proc. of Int. Conf. of Computer Based Learning In Science, Enschede, Netherlands, H5, 1999
8. Grigoriadou, M. and Papanikolaou, K. Learning Environments on the Web: The Pedagogical Role of the Educational Material. *Themes in Education*, 2. Leader Books. Greece, 2000
9. Gygi, K. Recognizing the symptoms of hypertext and what to do about it. In B. Laurel (ed), *The Art of Human Computer Interface Design*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1991.
10. Hammond, N., V. & Allinson, L.J. Extending hypertext for learning: An investigation of access and guidance tools. In A.Sutcliffe & L.Macaulay (eds), *People and computers V*. Cambridge University Press, 1989
11. Honey, P., Mumford, A. The manual of Learning Styles. Peter Honey Maidenhead, 1986, 1992
12. Jonassen, D. Evaluating constructivistic learning. *Educational Technology*, 9, 1991
13. Jonassen, D., Mayes, T. and McAleese, R. : A Manifesto for a Constructivist Approach to Uses of Technology in Higher Education in Designing Environments for Constructive Learning, Duffy, T., Lowyck, J., Jonassen, D. (eds), NATO/ASI SeriesF, Vol.105, Berlin: Springer-Verlag, 1993.
14. Mc Calla, G. The Search for Adaptability, Flexibility and Individualization: Approaches to Curriculum in ITS, Nato ASI SeriesF Vol. 85, 1992
15. McLoughlin, C.: The implications of the research literature on learning styles for the design of instructional material. *Australian J. of Educational Technology* 15:3, 1999
16. Merrill, M.D. Component Display Theory. In C.M.Reigeluth (Ed.), *Instructional design theories and models: An overview of their current status*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1983

17. Nielsen, J.: *Designing Web Usability*. Indianapolis: New Riders Publishing, 2000
18. Papanikolaou, K.A., Magoulas, G.D. and Grigoriadou, M. A Connectionist Approach for Supporting Personalized Learning in a Web-based Learning Environment. In: Brusilovsky, P., Stock, O., Strapparava, C. (eds.): *Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-based Systems. Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 1892. Springer-Verlag, Berlin, 189-201, 2000
19. Romiszowski, A., J. The hypertext/hypermedia solution-But what exactly is the problem? In *designing hypermedia for learning*. Jonassen, D.,H. & Mandl, H. (eds). NATO ASI F-series V.67 Berlin: Springer Verlag. 1990
20. Spiro, R. J., Vispoel, W., W., Scmitz, J., Samarapungavan , A. and Boerger, A. Knowledge acquisition for application: Cognitive flexibility and transfer in complex content domains. In B. C. Britton and S. Glynn (eds.), *Executive control processes in reading*, 177-199. Hillsdale, NJ: Elbaum, 1987
21. Stephanidis C., Paramythis A., Karagiannidis C. and Savidis A. Supporting Interface Adaptation: The AVANTI Web-Browser. In Proc. of the 3rd ERCIM Workshop on User Interfaces for All, Obernai, France, 1997
22. Vassileva J. Dynamic course generation on the WWW. In Proc. of Int. Conf. Artificial Intelligence in Education, 1997
23. Wenger, E. *AI and Tutoring Systems. Computational and Cognitive Approaches to the Communication Knowledge*. M. Kaufmann Publishers, Inc., California , 1987
24. Βεργίδης, Α., Λιοναράκης, Α., Λικουργιώτης, Β. και Μακράκης, Χ., *Ανοικτή και Εξ'Αποστάσεως Εκπαίδευση, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο*, 1998
25. Παπανικολάου Κ., Γρηγοριάδου Μ., Μαγουλάς Γ. και Κορνιλάκης Χ.: *Η Αρχιτεκτονική του Προσαρμοστικού Εκπαιδευτικού Συστήματος INSPIRE*. 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή "Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση", Πάτρα, 2000