

Προσαρμοστικά Εκπαιδευτικά Συστήματα Υπερμέσων

Κυπαρισία Α. Παπανικολάου και Μαρία Γρηγοριάδου

spap@di.uoa.gr, gregor@di.uoa.gr

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών
Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζουμε την ερευνητική περιοχή των Προσαρμοστικών Εκπαιδευτικών Συστημάτων Υπερμέσων (ΠΕΣΥ) η οποία ασχολείται με τη σχεδίαση και ανάπτυξη εκπαιδευτικών συστημάτων υπερμέσων που παρέχουν εξατομικευμένη υποστήριξη στους εκπαιδευόμενους λαμβάνοντας υπόψη τις ανάγκες, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά αλλά και την εξέλιξή τους στη διάρκεια της μελέτης τους. Η περιοχή των ΠΕΣΥ βρίσκεται στο σταυροδρόμι του υπερκειμένου και της μοντελοποίησης εκπαιδευόμενου. Δομικό στοιχείο των συστημάτων αυτών αποτελεί το μοντέλο εκπαιδευόμενου στο οποίο απεικονίζουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του εκπαιδευόμενου και το οποίο διατηρούν, ανανεώνουν και χρησιμοποιούν σε όλη τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης για να προσαρμόσουν διάφορα ορατά στοιχεία του συστήματος. Σημαντικό θέμα στη σχεδίαση ενός ΠΕΣΥ αποτελεί και ο διαμοιρασμός του ελέγχου μεταξύ συστήματος και εκπαιδευόμενου και η εμπλοκή του εκπαιδευόμενου στις αποφάσεις που λαμβάνονται κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης. Η παρουσίαση των ΠΕΣΥ επικεντρώνεται σε τρεις άξονες, οι οποίοι και διαμορφώνουν ένα γενικό πλαίσιο περιγραφής προσαρμοστικών συστημάτων: (i) τα χαρακτηριστικά του εκπαιδευόμενου στα οποία το σύστημα προσαρμόζει τη συμπεριφορά του, (ii) τα χαρακτηριστικά του συστήματος τα οποία διαφοροποιούνται ανάλογα με το προφίλ του εκπαιδευόμενου και οι συγκεκριμένες τεχνολογίες προσαρμογής που εφαρμόζονται, και (iii) οι δυνατότητες παρέμβασης και ελέγχου του συστήματος οι οποίες προσφέρονται στον εκπαιδευόμενο (διάσταση προσαρμοσιμότητας). Τέλος, παρουσιάζονται, μία πρότυπη αρχιτεκτονική ΠΕΣΥ η οποία περιλαμβάνει τις δομικές μονάδες ενός τέτοιου συστήματος, θέματα αξιολόγησης των ΠΕΣΥ καθώς και ανοιχτά ερευνητικά θέματα της περιοχής.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Διαδίκτυο και ιδιαίτερα ο Παγκόσμιος Ιστός (World Wide Web) προσφέρουν νέες δυνατότητες για την ανάπτυξη ενός καινοτόμου συστήματος παροχής μαθημάτων διευκολύνοντας τόσο τη διακίνηση εκπαιδευτικού περιεχομένου όσο και τη δημιουργία μιας εικονικής τάξης με δυνατότητες αλληλεπίδρασης και συνεργασίας. Οι νέες αυτές δυνατότητες συνέβαλλαν σημαντικά στην ανάπτυξη της εκπαιδευτικής πρακτικής της Διαδικτυακής Εκπαίδευσης από Απόσταση - ΔΕαΑ (Web-based education) (EDEN 2003; Aggarwal 2000; Mc Cormack and Jones 1997).

Ωστόσο, τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα της αξιοποίησης του Διαδικτύου ως εκπαιδευτικού μέσου στο πλαίσιο της ΔΕαΑ προκύπτουν από μια παιδαγωγική προσέγγιση η οποία αξιοποιεί την τεχνολογία για να ενισχύσει τη μαθησιακή εμπειρία (βλέπε κεφάλαια 2, 4, 7, 8 του βιβλίου). Ιδιαίτερα, σε ένα διαδικτυακό εκπαιδευτικό σύστημα υπερμέσων, η υπερμεσική μορφή παρουσίασης του εκπαιδευτικού περιεχομένου ανάγει τη μάθηση σε μια ενεργητική διεργασία, όπου οι εκπαιδευόμενοι κινητοποιούνται να διερευνήσουν εναλλακτικά μονοπάτια μέσα στο πεδίο γνώσης του συστήματος καθώς και σε διαφορετικές πηγές ανά τον κόσμο. Σε ένα τέτοιο όμως περιβάλλον, το εκπαιδευτικό περιεχόμενο παρουσιάζεται πάντα με τον ίδιο τρόπο σε όλους τους εκπαιδευόμενους ανεξάρτητα από την πρότερη γνώση τους, τους στόχους της πλοήγησής τους, την εμπειρία τους, την πρόδοδό τους στη διάρκεια της αλληλεπίδρασης με το σύστημα, κλπ. Ένα θέμα επομένως που προκύπτει και θα πρέπει περαιτέρω να διερευνηθεί είναι η δυνατότητα παροχής εξατομικευμένης υποστήριξης στους εκπαιδευόμενους από το ίδιο το εκπαιδευτικό σύστημα. Το ερευνητικό αυτό ερώτημα είναι ιδιαίτερα σημαντικό στο πλαίσιο της ΔΕαΑ, όπου οι εκπαιδευόμενοι καλούνται να αναλάβουν τη βασική ευθύνη της μάθησής τους και πολύ συχνά αποτελούν ένα ανομοιογενές κοινό.

Μια νέα γενιά Εκπαιδευτικών Συστημάτων Υπερμέσων (Educational Hypermedia Systems), η οποία έχει τη δυνατότητα να παίρνει νοήμονες αποφάσεις σχετικά με τις αλληλεπιδράσεις που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια της μάθησης και να υποστηρίζει τροποποιήσεις από τον τελικό χρήστη (end-learner modifiability), απαιτεί νέες μορφές συνεργασίας και επικοινωνίας μεταξύ εκπαιδευτών, εκπαιδευόμενων, προγραμματιστών και υπολογιστών και τη διερεύνηση των τεχνικών δυνατοτήτων υλοποίησής τους. Προς αυτή την κατεύθυνση αναπτύχθηκαν τα Προσαρμοστικά Εκπαιδευτικά Συστήματα Υπερμέσων – ΠΕΣΥ (Adaptive Educational Hypermedia systems) (Brusilovsky, 1996; 1999; 2001) τα οποία προσαρμόζουν το περιεχόμενο ή την εμφάνιση των υπερμέσων σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του εκπαιδευόμενου.

Τα ΠΕΣΥ απεικονίζουν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του εκπαιδευόμενου στο μοντέλο εκπαιδευόμενου το οποίο διατηρούν, ανανεώνουν και χρησιμοποιούν σε όλη τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης για να

προσαρμόσουν διάφορα ορατά στοιχεία του συστήματος σε αυτόν (Brusilovsky, 1996; Kobsa, 2001). Για παράδειγμα, ένα ΠΕΣΥ μπορεί να παρέχει εξατομικευμένο εκπαιδευτικό υλικό το οποίο ανταποκρίνεται στο επίπεδο γνώσεων ή/και στις προτιμήσεις του εκπαιδευόμενου, ή να προτείνει στον εκπαιδευόμενο τους πιο σχετικούς γι αυτόν συνδέσμους στο διαθέσιμο εκπαιδευτικό υλικό. Σημαντικό θέμα στην ανάπτυξη ενός τέτοιου συστήματος αποτελεί και η σχεδίαση της εμπλοκής του εκπαιδευόμενου στην εκπαιδευτική διαδικασία ώστε να μπορεί, εφόσον το επιθυμεί, να ελέγξει ή/και να συμμετέχει στις αποφάσεις που λαμβάνει το σύστημα κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης.

Τα ΠΕΣΥ αποτελούν μια σχετικά νέα ερευνητική περιοχή που στοχεύει στον αποτελεσματικό συνδυασμό δύο αντίθετων προσεγγίσεων στο χώρο της υποστηριζόμενης από υπολογιστή μάθησης (computer assisted learning) (Eklund and Zeilinger, 1996):

- την ευέλικτη *μαθητο-κεντρική* προσέγγιση της ελεύθερης πλοήγησης των Συστημάτων Υπερμέσων, και
- την κατευθυνόμενη *δασκαλο-κεντρική* προσέγγιση των Νοημόνων Εκπαιδευτικών Συστημάτων (Intelligent Tutoring Systems).

Στα Νοήμονα Εκπαιδευτικά Συστήματα η έρευνα επικεντρώθηκε κύρια στην υποστήριξη επίλυσης προβλημάτων ενώ η οργάνωση και παροχή του εκπαιδευτικού υλικού γινόταν συχνά εκτός του συστήματος από τον εκπαιδευτή-σχεδιαστή του εκπαιδευτικού περιεχομένου (Brusilovsky, 1999). Η κατάσταση στα διαδικτυακά ΠΕΣΥ είναι διαφορετική. Στο χώρο της διαδικτυακής εκπαίδευσης, το εκπαιδευτικό περιεχόμενο, που συχνά δομείται ως ένας χώρος πληροφοριών (information space), αποτελεί το επίκεντρο του ενδιαφέροντος (Brusilovsky, 1999). Επομένως νέους ερευνητικούς στόχους στην ανάπτυξη εκπαιδευτικών συστημάτων σε αυτό το πλαίσιο αποτελούν, η εξατομικευμένη υποστήριξη του εκπαιδευόμενου στην πλοήγησή του και γενικότερα στη μελέτη του εκπαιδευτικού περιεχομένου.

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η ερευνητική περιοχή των Προσαρμοστικών Εκπαιδευτικών Συστημάτων Υπερμέσων. Πιο συγκεκριμένα, τα ΠΕΣΥ προσεγγίζονται μέσα από τρεις άξονες, οι οποίοι και διαμορφώνουν ένα γενικό πλαίσιο περιγραφής προσαρμοστικών συστημάτων: (i) τα χαρακτηριστικά του εκπαιδευόμενου στα οποία το σύστημα προσαρμόζει τη συμπεριφορά του, (ii) τα χαρακτηριστικά του συστήματος τα οποία διαφοροποιούνται ανάλογα με το προφίλ του εκπαιδευόμενου και οι συγκεκριμένες τεχνολογίες προσαρμογής που εφαρμόζονται, και (iii) οι δυνατότητες παρέμβασης που προσφέρονται στον εκπαιδευόμενο και ελέγχου του συστήματος (διάσταση της προσαρμοσιμότητας). Τέλος, παρουσιάζονται, μία πρότυπη αρχιτεκτονική ΠΕΣΥ η οποία περιλαμβάνει τις δομικές μονάδες ενός τέτοιου συστήματος, θέματα αξιολόγησης των ΠΕΣΥ καθώς και ανοιχτά ερευνητικά θέματα της περιοχής.

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΕΡΜΕΣΩΝ ΚΑΙ Η ΑΝΑΓΚΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ

Η πρόκληση των υπερμέσων για την εκπαίδευση αφορά στη δυνατότητά τους να εμπλέκουν ενεργά τον εκπαιδευόμενο στην απόκτηση και εφαρμογή της γνώσης, να υποστηρίζουν ποικίλες εκπαιδευτικές χρήσεις (διδασκαλία, διερεύνηση, έρευνα, κλπ.) και διαφορετικά μαθησιακά στυλ, και να προωθούν την απόκτηση πολλαπλών αναπαραστάσεων που αποτελούν εναλλακτικές όψεις της ίδιας πληροφορίας και τη βάση της συλλογιστικής ειδικών σε σύνθετα, ημι-δομημένα πεδία (Spiro et.al., 1987).

Η εκπαιδευτική δυναμική των υπερμέσων συνίσταται σε τρεις σημαντικές μεταφορικές τους αξίες (Kommers, 1996a). Η πιο γνωστή είναι αυτή της πηγής σύμφωνα με την οποία πληροφοριακό υλικό προσφέρεται στον εκπαιδευόμενο ως ένα αποκεντρωμένο δίκτυο πληροφοριών / κόμβων. Λιγότερο προφανείς είναι η επικοινωνιακή και διερευνητική τους αξία.

Τα υπερμέσα ως πληροφοριακές πηγές παρέχουν στον εκπαιδευόμενο τον έλεγχο της πρόσβασης σε μια ποικιλία μορφών πληροφορίας, γεγονός που παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα (Kommers, 1996b). Τα υπερμέσα παρέχουν δύο μορφές πληροφορίας για το συγκεκριμένο πεδίο που αναπαριστούν. Καταρχήν, το περιεχόμενο του κάθε κόμβου παρέχει ένα μέρος της συνολικής διαθέσιμης πληροφορίας για το πεδίο. Στη συνέχεια, οι σύνδεσμοι που διαμορφώνουν τη δομή του υπερχώρου (hyperpace) παρέχουν επιπλέον πληροφορία σχετικά με το πως ο κάθε κόμβος ενσωματώνεται στο υπόλοιπο πεδίο. Αναδεικνύεται επομένως η αυτονομία του μέρους και ταυτόχρονα η σχέση του με το όλο. Σχετικά με την επικοινωνιακή διάσταση των υπερμέσων, οι σύγχρονες επικοινωνιακές δυνατότητες που προσφέρει το Διαδίκτυο όπως ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, συνδιάλεξη, προωθούν την πραγματική διαπροσωπική επικοινωνία μεταξύ εκπαιδευόμενων αλλά και εκπαιδευόμενων και εκπαιδευτών. Ολοκληρώνοντας, ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα της διερευνητικής διάστασης των υπερμέσων αποτελούν οι προσομοιώσεις που βασίζονται σε υπολογιστή οι οποίες επιτρέπουν δραστηριότητες, και ευέλικτους χειρισμούς από τον εκπαιδευόμενο (Wilson et al., 1993; Grigoriadou et al., 2000).

Οι δυνατότητες πειραματισμού και διερεύνησης εναλλακτικών υποθέσεων από τον εκπαιδευόμενο συμβάλλουν στη δημιουργία των προσωπικών του νοητικών μοντέλων.

Η επικρατούσα τάση στα Εκπαιδευτικά Συστήματα Υπερμέσων (*Educational Hypermedia Systems*) ή ΕΣΥ είναι μαθητο-κεντρική, αντιμετωπίζει τον εκπαιδευόμενο ως ενεργό και αυτο-ελεγχόμενο μέτοχο στη μαθησιακή διαδικασία και όχι παθητικό δέκτη της πληροφορίας. Η σχεδίασή τους βασίζεται στην ιδέα ότι η ενεργητική μάθηση είναι μια διαδικασία οικοδόμησης της γνώσης από τον ίδιο τον εκπαιδευόμενο παρά μια υποβολή γνώσης μέσω της διδασκαλίας (Kommers, 1996a). Στα ΕΣΥ, ο εκπαιδευόμενος έχει συνήθως τη δυνατότητα ελεύθερης πλοήγησης μέσα σε ένα εκτεταμένο και αποκεντρωμένο δίκτυο πληροφορίας και γνώσης (Conklin, 1987). Η ανοιχτή και ελεύθερης πλοήγησης φύση ενός τέτοιου περιβάλλοντος, μπορεί να υποστηρίξει σύγχρονα μοντέλα μάθησης, σύμφωνα με τα οποία ο εκπαιδευόμενος αναλαμβάνει τον κεντρικό ρόλο στην εκπαιδευτική διαδικασία (Jonassen, 1991).

Λόγω όμως των σύμφυτων προβλημάτων του αποπροσανατολισμού και της γνωστικής υπερφόρτωσης που συχνά αντιμετωπίζουν οι χρήστες σε ένα τέτοιο περιβάλλον, είναι αμφίβολο εάν η ελεύθερη πλοήγηση και αναζήτηση αρκεί για να οδηγήσει στη μάθηση (Hammond and Allison, 1989; Jonassen, 1991), και στην επίτευξη των διδακτικών στόχων ενός μαθήματος (Romiszowski, 1990). Πιο συγκεκριμένα υποστηρίζεται ότι οι εκπαιδευόμενοι τείνουν να χαθούν σε κατάσταση ελεύθερης πλοήγησης, 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) (Conklin, 1987; McDonald & Stevenson, 1996),

Τα θέματα αυτά έχουν τεθεί εδώ και αρκετά χρόνια και διάφορες προσεγγίσεις έχουν προταθεί στη βιβλιογραφία (Nielsen, 1990) όπως, χάρτες επισκόπησης (*overview maps*), καταγραφή ιστορικού αλληλεπίδρασης (*interaction histories*) και κατευθυνόμενες περιηγήσεις (*guided tours*), οι οποίες όμως προσφέρουν παθητική βοήθεια χωρίς να λαμβάνουν υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του εκπαιδευόμενου (Conklin, 1987). Ανοιχτά παραμένουν επομένως ερωτήματα σχετικά με την εξατομικευμένη υποστήριξη που μπορεί να προσφερθεί σε ένα τέτοιο περιβάλλον ελεύθερης πλοήγησης και αναζήτησης τόσο σε έναν αρχάριο όσο και έναν έμπειρο εκπαιδευόμενο. Πιο συγκεκριμένα, ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον έχει η μελέτη των απαιτήσεων σχεδιασμού και ανάπτυξης συνιστωσών σε ένα εκπαιδευτικό σύστημα υπερμέσων, οι οποίες να παρέχουν εξατομικευμένη υποστήριξη στους εκπαιδευόμενους λαμβάνοντας υπόψη τις ανάγκες, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους αλλά και την εξέλιξή τους στη διάρκεια της μελέτης τους.

Μια νέα προσέγγιση αποτελεί η νέα ερευνητική περιοχή των Προσαρμοστικών Συστημάτων Υπερμέσων, η οποία βρίσκεται στο σταυροδρόμι του υπερκειμένου και της μοντελοποίησης χρήστη. Ένας από τους στόχους της περιοχής είναι η βελτίωση της λειτουργικότητας και της ευχρηστίας των υπερμέσων (De Bra, 2000) εξατομικεύοντας την αλληλεπίδραση του κάθε χρήστη με αυτά. Ιδιαίτερα τα Προσαρμοστικά Εκπαιδευτικά Συστήματα Υπερμέσων αποτελούν μια κατηγορία Προσαρμοστικών Συστημάτων Υπερμέσων, που πρωταρχικό στόχο έχει τη συμβουλευτική υποστήριξη του εκπαιδευόμενου στη διάρκεια της μελέτης του.

Η ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΑ ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΕΡΜΕΣΩΝ

Τα Προσαρμοστικά Συστήματα Υπερμέσων (ΠΣΥ) αλλάζουν το περιεχόμενο ή την εμφάνιση των υπερμέσων ώστε να προσαρμόζονται σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του χρήστη (Eklund and Brusilovsky, 1999). Σε αυτό το πλαίσιο, τα ΠΣΥ στοχεύουν στην ιδέα της εξατομικευμένης υποστήριξης των εκπαιδευόμενων παρέχοντάς τους επιπλέον τη δυνατότητα εμπλοκής στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Ιδιαίτερα στο χώρο της ΔΕαΑ, η απεικόνιση των χαρακτηριστικών και των αναγκών του κάθε εκπαιδευόμενου στη σχεδίαση του εκπαιδευτικού συστήματος, το οποίο αποτελεί κοινό τόπο συνάντησης της ιδεατής τάξης (Grigoriadou and Papanikolaou, 2000), αποτελεί ένα σημαντικό και ενδιαφέρον ερευνητικό στόχο. Αυτό ισχύει μια και το κοινό στο χώρο της ΔΕαΑ είναι συνήθως ενήλικες, οι οποίοι συχνά χαρακτηρίζονται από έντονη ανομοιογένεια όσον αφορά στην πρότερη γνώση, στις εμπειρίες, στο πολιτισμικό υπόβαθρο, στα επαγγέλματα και στους στόχους τους (McCormack and Jones, 1998). Επιπλέον, οι εκπαιδευόμενοι σε αυτό το πλαίσιο αναλαμβάνουν την κύρια ευθύνη της μάθησής τους, μελετώντας μόνοι τους σε χώρο και χρόνο της επιλογής τους.

Επίσης, είναι πλέον αποδεκτό από πολλούς επιστήμονες ότι οι εκπαιδευόμενοι συχνά ωφελούνται όταν αναλαμβάνουν τον έλεγχο της μαθησιακής διαδικασίας κατά την αλληλεπίδραση τους με το σύστημα (Jonassen, Mayes, and McAleese, 1993; Shyu and Brown, 1995), όπως όταν επιλέγουν το μαθησιακό στόχο με τον οποίο θα ασχοληθούν, το υλικό που θα μελετήσουν, τη δραστηριότητα που θα εκπονήσουν, όταν αναλαμβάνουν την επίλυση προβλημάτων. Βέβαια, εδώ επισημαίνουμε ότι διάφοροι παράγοντες όπως τα

ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του εκπαιδευόμενου, το γνωστικό αντικείμενο, το γενικότερο πλαίσιο, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και να μελετηθούν στη σχεδίαση του διαμοιρασμού του ελέγχου μεταξύ συστήματος και εκπαιδευόμενου (Hannafin and Sullivan, 1996; Shyu and Brown, 1995). Ιδιαίτερα όμως στο πλαίσιο ενός μαθήματος που παρέχεται με τη μέθοδο της ΔΕΑΑ, η εμπλοκή των εκπαιδευόμενων στην εκπαιδευτική διαδικασία έχει ιδιαίτερη βαρύτητα μια και υποστηρίζει το αυτο-κατευθυνόμενο μοντέλο μάθησης (self-directed learning mode) το οποίο συχνά συναντάται στην εκπαίδευση ενηλίκων (Tennant, 1999).

Τα ΠΕΣΥ μπορούν να υποστηρίξουν όλο το φάσμα μοντέλων μάθησης, από πλήρως ελεγχόμενη από το σύστημα (προσαρμοστικότητα) έως πλήρως ελεγχόμενη από τον εκπαιδευόμενο (προσαρμοσιμότητα) (Brusilovsky, 1995). Συγκεκριμένα, στο πλαίσιο των ΠΕΣΥ η *προσαρμογή (adaptation)* ορίζεται ως η υλοποίηση ρυθμίσεων σε ένα εκπαιδευτικό περιβάλλον με βάση τη διαφορετικότητα των εκπαιδευτικών αναγκών και δυνατοτήτων των εκπαιδευόμενων. Διακρίνονται διάφορα επίπεδα προσαρμογής ανάλογα με το ποιος αναλαμβάνει την πρωτοβουλία της προσαρμογής: ο εκπαιδευόμενος ή το σύστημα (Kay, 2001; Murray, 1991). Ένα επομένως σημαντικό θέμα στη σχεδίαση ΠΕΣΥ είναι ο τρόπος με τον οποίο αξιοποιούνται και εξισορροπούνται οι δύο διαφορετικές μορφές προσαρμογής:

- η *προσαρμοστικότητα (adaptivity)* όπου το σύστημα προσαρμόζεται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του εκπαιδευόμενου με έναν τρόπο ελεγχόμενο από το σύστημα (system-controlled) και
- η *προσαρμοσιμότητα (adaptability)* όπου το σύστημα υποστηρίζει παρεμβάσεις από τον τελικό-χρήστη, δηλαδή τον εκπαιδευόμενο, προσφέροντάς του ακόμα και τον έλεγχο της εκπαιδευτικής διαδικασίας (learner-controlled).

Πιο αναλυτικά, η προσαρμοστικότητα σε ένα Εκπαιδευτικό Σύστημα Υπερμέσων στοχεύει να υποστηρίξει τον εκπαιδευόμενο στη διάρκεια της μελέτης του, προσδίδοντας στο σύστημα τη δυνατότητα να προσαρμόζεται δυναμικά στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κάθε εκπαιδευόμενου και στην εξέλιξή του. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η λειτουργικότητα των υπερμέσων συνδυάζοντας την ελεύθερη πλοήγηση με την εξατομίκευση. Ιδιαίτερα η προσαρμοστικότητα, η οποία αποτελεί γενικά ένα κοινό λειτουργικό στόχο των νοημόνων συστημάτων, είναι ελεγχόμενη από το σύστημα και συχνά στην περίπτωση των ΠΕΣΥ, επικεντρώνεται: (i) στην παρουσίαση του εκπαιδευτικού περιεχομένου, (ii) στην υποστήριξη της πλοήγησης στο πεδίο γνώσης, (iii) στη δημιουργία ομάδων εργασίας εκπαιδευόμενων, (iv) στη διαδικασία επιλογής εκπαιδευτικού περιεχομένου, (v) στην υποστήριξη της επίλυσης προβλημάτων.

Αντίστοιχα η διάσταση της προσαρμοσιμότητας ενός ΠΕΣΥ στοχεύει στο διαμοιρασμό του ελέγχου μεταξύ συστήματος και εκπαιδευόμενου παρέχοντας στον εκπαιδευόμενο δυνατότητες: (i) ελέγχου συγκεκριμένων στοιχείων/λειτουργιών του συστήματος, όπως την προσαρμοστικότητά του π.χ. επιλογή τεχνολογιών προσαρμογής, ενεργοποίηση-απενεργοποίηση προσαρμοστικότητας, (ii) παρέμβασης και συμμετοχής στις εκπαιδευτικές αποφάσεις του συστήματος όπως στην επιλογή του κατάλληλου υλικού για το επίπεδο γνώσης του εκπαιδευόμενου.

Στη συνέχεια θα προσεγγίσουμε τα ΠΕΣΥ μέσα από τρεις άξονες που διαμορφώνουν το γενικό πλαίσιο αλληλεπίδρασης εκπαιδευόμενου και συστήματος:

- τα χαρακτηριστικά του χρήστη τα οποία κατευθύνουν τη προσαρμοστικότητα του συστήματος, δηλαδή τα χαρακτηριστικά του χρήστη στα οποία το σύστημα προσαρμόζει τη συμπεριφορά του,
- τα χαρακτηριστικά του συστήματος τα οποία διαφοροποιούνται ανάλογα με το προφίλ του χρήστη και οι συγκεκριμένες τεχνολογίες προσαρμογής που υιοθετούνται για την υλοποίηση της προσαρμοστικότητας του συστήματος,
- η διάσταση της προσαρμοσιμότητας των ΠΕΣΥ.

Χαρακτηριστικά του Εκπαιδευόμενου στα οποία Προσαρμόζεται το Σύστημα

Ένα σημαντικό θέμα στη σχεδίαση της προσαρμοστικότητας ενός ΠΕΣΥ είναι ο εντοπισμός και η αξιοποίηση των διακριτικών χαρακτηριστικών του εκπαιδευόμενου τα οποία υποστηρίζεται ότι είναι σημαντικά για τη μάθηση αλλά και την προσαρμογή του συστήματος.

Στην περιοχή των ΠΕΣΥ, χαρακτηριστικά των εκπαιδευόμενων που έχουν αξιοποιηθεί ως πηγή προσαρμοστικότητας είναι: στόχοι (goals), επίπεδο γνώσεων, υπόβαθρο (background), εμπειρία πλοήγησης στον υπερχώρο, προτιμήσεις (preferences), πρότερη γνώση, μαθησιακό / γνωσιακό στυλ. Επιπρόσθετα, στοιχεία της συμπεριφοράς του εκπαιδευόμενου όπως, το ιστορικό της πλοήγησής του στο σύστημα και οι επιδόσεις του σε τεστ αξιολόγησης, παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες για το επίπεδο και τις προτιμήσεις των εκπαιδευόμενων.

Όσον αφορά στους *στόχους* του εκπαιδευόμενου, αυτοί συνήθως αναφέρονται σε στόχους του εκπαιδευόμενου κατά την αλληλεπίδρασή του με το εκπαιδευτικό σύστημα και όχι γενικά σε προσωπικούς του στόχους. Στα ΠΕΣΥ οι στόχοι του εκπαιδευόμενου αναφέρονται συνήθως: (i) σε στόχους επίλυσης προβλημάτων (problem

solving), οι οποίοι είναι χαμηλού επιπέδου δηλαδή αλλάζουν ανάλογα με το εκάστοτε πρόβλημα που καλείται να επιλύσει ο εκπαιδευόμενος, και (ii) μαθησιακούς στόχους (learning goals), οι οποίοι χαρακτηρίζονται ως υψηλού επιπέδου και παραμένουν σταθεροί στη διάρκεια της μελέτης του. Το σύστημα χρησιμοποιεί τους στόχους ως πηγή προσαρμοστικότητας ώστε να υποστηρίξει τους εκπαιδευόμενους στην επίτευξή τους. Ιδιαίτερα στη ΔΕαΑ, 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 τη μάθηση (Βεργίδης, Λιοναράκης, Λικουργιώτης, and Μακράκης, 1998).

Ιδιαίτερα το *επίπεδο γνώσεων* του εκπαιδευόμενου χρησιμοποιείται ως η πιο σημαντική πηγή προσαρμοστικότητας. 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.

Το *υπόβαθρο* του εκπαιδευόμενου, αφορά γενικά χαρακτηριστικά του όπως επάγγελμα, εμπειρία σε συναφείς περιοχές, πρότερη γνώση. Οι *προτιμήσεις* του εκπαιδευόμενου αφορούν: (i) στις μαθησιακές του προτιμήσεις σε σχέση με το είδος του εκπαιδευτικού υλικού, τον τρόπο και την αλληλουχία παρουσίασής του, κ.λπ., και (ii) στη γενικότερη αλληλεπίδρασή του με το σύστημα όπως στις τεχνολογίες προσαρμογής και στον τρόπο πλοήγησής του στο εκπαιδευτικό περιεχόμενο.

Σχετικά με την *πρότερη γνώση* των εκπαιδευόμενων, έχει πειραματικά διαπιστωθεί ότι επηρεάζει την αποτελεσματικότητα της προσαρμογής ενός ΠΕΣΥ. Σε σχετική έρευνα (Specht and Kobsa, 1999) διαπιστώθηκε ότι εκπαιδευόμενοι με υψηλή πρότερη γνώση προτιμούν λιγότερο περιοριστικά προσαρμοστικά περιβάλλοντα και ωφελούνται από μη περιοριστικές προσαρμοστικές τεχνικές όπως ο προσαρμοστικός σχολιασμός υπερσυνδέσμων (βλέπε Ενότητα “Τεχνολογίες Προσαρμογής: Χαρακτηριστικά του Εκπαιδευτικού Συστήματος που Προσαρμόζονται”), ενώ αντίστοιχα εκπαιδευόμενοι με χαμηλή πρότερη γνώση φαίνεται να ωφελούνται περισσότερο από την προσαρμοστικότητα του συστήματος και ειδικότερα από προσαρμοστικές τεχνικές που προσφέρουν πλήρη καθοδήγηση.

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την αξιοποίηση των ιδιαίτερων γνωρισμάτων των εκπαιδευόμενων (individual traits) ως πηγή προσαρμογής (Brusilovsky, 2001; Chen and Paul, 2003). Ως ιδιαίτερα γνωρίσματα θεωρούνται χαρακτηριστικά που προσδιορίζουν τον εκπαιδευόμενο ως ιδιαίτερο άτομο, όπως παράγοντες προσωπικότητας, μοντέλα γνωσιακών (cognitive styles) και μαθησιακών στυλ (learning styles). Στη διεθνή βιβλιογραφία της εκπαιδευτικής ψυχολογίας έχουν καταγραφεί πολλές διαφορετικές κατηγοριοποιήσεις γνωσιακού / μαθησιακού στυλ (Honey and Mumford, 1992; Riding and Rayner, 1998; Schmeck, 1988; Witkin et al, 1977). Εάν και πολλά θέματα παραμένουν ανοιχτά σχετικά με την ψυχολογική διάσταση αυτών των κατηγοριοποιήσεων και την ορθότητά τους, διάφορα συστήματα έχουν αναπτυχθεί που βασίζονται σε αυτές τις ιδέες παρέχοντας “test beds” για τη μελέτη της αξιοπιστίας συγκεκριμένων κατηγοριοποιήσεων και της επίδρασής τους στη μελέτη και επίδοση των εκπαιδευόμενων (Papanikolaou and Grigoriadou, 2004b). Συγκεκριμένα, συστήματα που υιοθετούν συγκεκριμένα μοντέλα/κατηγοριοποιήσεις γνωσιακών και μαθησιακών στυλ είναι τα συστήματα INSPIRE και SMILE που υιοθετούν το μοντέλο των Honey and Mumford (1992) σύμφωνα με την οποία, οι εκπαιδευόμενοι κατατάσσονται σε τέσσερα μαθησιακά στυλ: {Ακτιβιστής, Ανακλαστικός, Θεωρητικός, Πραγματιστής}, το σύστημα CS383 που υιοθετεί το μοντέλο των Felder and Silverman (1988), το AES-CS που υιοθετεί το μοντέλο των Field dependent/independent (Witkin et al., 1997). Επίσης, σε άλλα συστήματα όπως τα ACE, MANIC, Arthur, το μαθησιακό στυλ των εκπαιδευόμενων προσεγγίζεται μέσα από τις προτιμήσεις τους σε συγκεκριμένα μέσα (ήχο, κείμενο, βίντεο) ή σε συγκεκριμένη αλληλουχία διαφορετικών τύπων εκπαιδευτικού υλικού.

Επίσης η δυνατότητα αναγνώρισης και μοντελοποίησης των συναισθημάτων και γενικότερα του θυμικού (Hudlicka, 2003; Carberry et al., 2002) αποτελεί πρόσφατο πεδίο έρευνας, τα αποτελέσματα του οποίου θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για τη σχεδίαση της προσαρμογής εκπαιδευτικών συστημάτων.

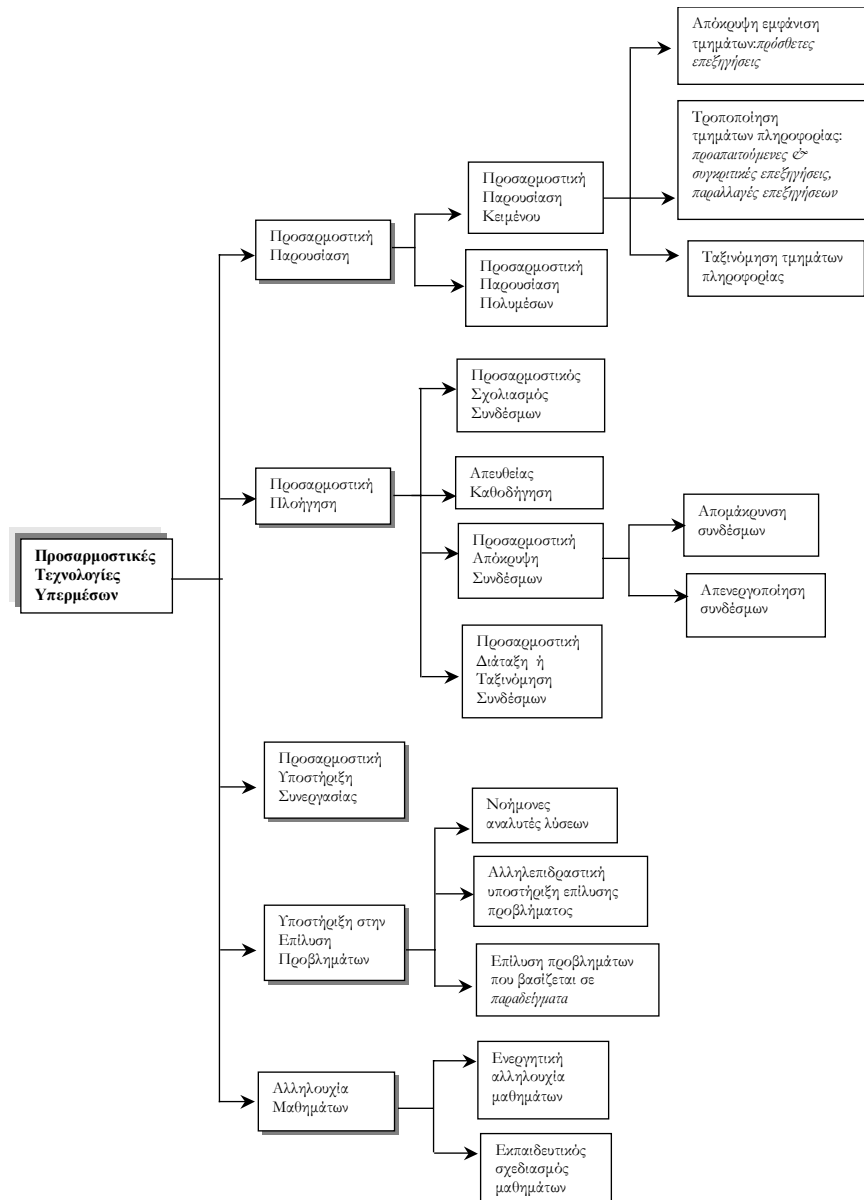
Χαρακτηριστικά του Εκπαιδευτικού Συστήματος που Προσαρμόζονται και Τεχνολογίες Προσαρμογής

Ένα σημαντικό θέμα στη σχεδίαση ενός ΠΕΣΥ αποτελεί το είδος της προσαρμοστικότητας που θα εφαρμόσει, και πιο συγκεκριμένα τα χαρακτηριστικά του συστήματος τα οποία διαφοροποιούνται ανάλογα με τον εκπαιδευόμενο.

Γενικά στα Προσαρμοστικά Συστήματα Υπερμέσων, η προσαρμοστικότητα στοχεύει στο επίπεδο του περιεχομένου (content level adaptivity) ή των συνδέσμων (link level adaptivity). Συγκεκριμένα, σε ένα ΠΕΣΥ, η προσαρμοστικότητα στο επίπεδο του περιεχομένου αφορά στη δυναμική δημιουργία εκπαιδευτικού υλικού με βάση το μοντέλο εκπαιδευόμενου. Αντίστοιχα, η προσαρμοστικότητα στο επίπεδο των συνδέσμων (link level

adaptivity) προϋποθέτει ένα στατικό περιεχόμενο και αλλάζει την εμφάνιση ή/και τη σημασία των συνδέσμων στα περιεχόμενα των μαθημάτων (τα οποία εμφανίζονται στον εκπαιδευόμενο με τη μορφή υπερχώρου) απεικονίζοντας συγκεκριμένου τύπου σχέσεις (Eklund and Brusilovsky, 1999).

Ιδιαίτερα, στην περιοχή των ΠΕΣΥ έχουν εφαρμοστεί διάφορες τεχνολογίες προσαρμογής (Brusilovsky, 1996;1998;1999). Αυτές υποστηρίζουν την εξατομικευμένη μάθηση/διδασκαλία διαμορφώνοντας το ίδιο το περιεχόμενο της αλληλεπίδρασης εκπαιδευόμενου και συστήματος ή απλά υποστηρίζοντας τον εκπαιδευόμενο κατά τη διάρκεια της μελέτης του λειτουργώντας συμβουλευτικά. Έτσι, τεχνολογίες που έχουν υιοθετηθεί και προέρχονται από την περιοχή των Νοημόνων Εκπαιδευτικών Συστημάτων, είναι η *αλληλουχία μαθημάτων* και η *υποστήριξη στην επίλυση προβλημάτων* και αντίστοιχα τεχνολογίες από την περιοχή των Προσαρμοστικών Συστημάτων Υπερμέσων, είναι η *προσαρμοστική παρουσίαση* και η *προσαρμοστική υποστήριξη πλοήγησης*. Τελευταία, στο πλαίσιο των διαδικτυακών εκπαιδευτικών συστημάτων αναπτύχθηκε και η τεχνολογία της *προσαρμοστικής υποστήριξης συνεργασίας* (Brusilovsky, 1998).



Σχήμα 1. Κατηγοριοποίηση Τεχνολογιών Προσαρμογής: Μέθοδοι και τεχνικές που τις υλοποιούν.

Πιο αναλυτικά, οι τεχνολογίες προσαρμογής που σύμφωνα με τη βιβλιογραφία έχουν εφαρμοστεί στα ΠΕΣΥ είναι (Brusilovsky, 1996; 1998; 1999):

- *Αλληλουχία μαθημάτων στο πλαίσιο του αναλυτικού προγράμματος* (curriculum sequencing), σύμφωνα με την οποία το σύστημα παρέχει στον εκπαιδευόμενο την πιο κατάλληλη, ατομικά σχεδιασμένη, αλληλουχία εκπαιδευτικού περιεχομένου.

- *Υποστήριξη στην επίλυση προβλημάτων* (problem-solving support), όπου η βασική ιδέα είναι η υποστήριξη των εκπαιδευόμενων στην επίλυση εκπαιδευτικών προβλημάτων.
- *Προσαρμοστική υποστήριξη συνεργασίας* (adaptive collaboration support) όπου η γνώση του συστήματος για τους εκπαιδευόμενους αξιοποιείται για τη διαμόρφωση ομάδων εργασίας δηλαδή για την επιλογή των μελών της κάθε ομάδας.
- *Προσαρμοστική παρουσίαση* (adaptive presentation) σύμφωνα με την οποία το περιεχόμενο μιας σελίδας εκπαιδευτικού υλικού προσαρμόζεται στον εκπαιδευόμενο, δηλ. σελίδες εκπαιδευτικού υλικού δημιουργούνται ή συντίθενται από διαφορετικά τμήματα εκπαιδευτικού υλικού για τον κάθε εκπαιδευόμενο.
- *Προσαρμοστική υποστήριξη πλοήγησης* (adaptive navigation support), σύμφωνα με την οποία το σύστημα υποστηρίζει τον εκπαιδευόμενο να εντοπίσει το πιο σχετικό μονοπάτι στον υπερχώρο, δηλ. υποστηρίζει την πλοήγηση και τον προσανατολισμό των εκπαιδευόμενων, προσαρμόζοντας την εμφάνιση των ορατών συνδέσμων στο ιδιαίτερο προφίλ τους.

Προσαρμοσιμότητα στα ΠΕΣΥ

Η εμπλοκή του εκπαιδευόμενου στη διαδικασία της προσαρμογής και γενικότερα στις λειτουργίες και αποφάσεις του συστήματος, απαιτεί μία σχεδίαση η οποία να καθιστά τις εσωτερικές λειτουργίες των συστημάτων διαφανείς στους εκπαιδευόμενους ή τις ενέργειες των συστημάτων προβλέψιμες από αυτούς (Höök et al., 1996). Στην περιοχή των ΠΕΣΥ διάφορες προσεγγίσεις έχουν υιοθετηθεί σχετικά με τη διάσταση της προσαρμοσιμότητας των συστημάτων. Τα επίπεδα προσαρμοσιμότητας που έχουν υιοθετηθεί ως προς τις δυνατότητες παρέμβασης που παρέχονται στον εκπαιδευόμενο, ποικίλουν από τη δυνατότητα επιλογής μαθησιακού στόχου/ενότητας ή συμμετοχής στις εκπαιδευτικές αποφάσεις του συστήματος μέχρι την πλήρη απενεργοποίηση της προσαρμοστικότητας.

Για παράδειγμα, στα συστήματα AST, ACE και Hypadapter, ο εκπαιδευόμενος με την είσοδό του στο σύστημα καταθέτει ένα εισαγωγικό ερωτηματολόγιο με βάση το οποίο το σύστημα αρχικοποιεί το μοντέλο του/της. Τα ερωτηματολόγια προσφέρουν στον εκπαιδευόμενο ένα μέσο ελέγχου διαφόρων στοιχείων του συστήματος κατά την εισαγωγή του σε αυτό. Στη διάρκεια της αλληλεπίδρασης, οι εκπαιδευόμενοι έχουν συχνά τη δυνατότητα να παρέμβουν στην προσαρμογή του συστήματος διαφοροποιώντας τις προτιμήσεις τους (συχνά οι ανάγκες των εκπαιδευόμενων αλλάζουν κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασής τους με το σύστημα) αλλάζοντας τις εισόδους των σχετικών ερωτηματολογίων (Hypadapter).

Στο σύστημα DCG, οι εκπαιδευόμενοι αναλαμβάνουν τον έλεγχο του συστήματος εφόσον το σύστημα θεωρήσει ότι διαθέτουν τις απαραίτητες ικανότητες. Για παράδειγμα, εάν ο εκπαιδευόμενος θεωρηθεί ότι “έχει ενδιαφέρον” (motivated) και “κινείται με επιτυχία” (success-driven) τότε το σύστημα του επιτρέπει να επιλέξει τι θα μελετήσει και πώς. Αντίστοιχα στην περίπτωση που θεωρηθεί “επισφαλής” (unsure) και “χωρίς αυτοπεποίθηση” (not confident), τότε το σύστημα αναλαμβάνει την πρωτοβουλία της επιλογής της επόμενης έννοιας που θα “διδάξει” και του τρόπου με τον οποίο θα τη “διδάξει” (επιλογή αλληλουχίας εκπαιδευτικού υλικού).

Σε μία άλλη προσέγγιση, το σύστημα παρέχει στους εκπαιδευόμενους πρόσβαση στο μοντέλο τους ώστε να ενημερωθούν και να ορίσουν οι ίδιοι τα χαρακτηριστικά τους. Για παράδειγμα, στο σύστημα ELM-ART II ο εκπαιδευόμενος μπορεί να δει και να αλλάξει τις προτιμήσεις του σχετικά με θέματα σχεδιασμού της οθόνης, της προσαρμοστικής συμπεριφοράς του συστήματος και του επιπέδου γνώσης του στις ενότητες που μελετά. Το συγκεκριμένο σύστημα συνεκτιμά πολλές διαφορετικές πηγές πληροφορίας σχετικά με το επίπεδο γνώσης του εκπαιδευόμενου (όπως την εκτίμηση του εκπαιδευόμενου σχετικά με το επίπεδό του, αποτελέσματα αξιολόγησης του εκπαιδευόμενου από την επίλυση ασκήσεων, την κατάθεση τεστ, την ανάπτυξη προγραμμάτων) ώστε να προσαρμοστεί ανάλογα και να συμπεράνει ότι ο εκπαιδευόμενος έχει μάθει μία έννοια. Επίσης, το σύστημα INSPIRE επιτρέπει παρεμβάσεις του εκπαιδευόμενου στη διαδικασία δημιουργίας μαθημάτων, είτε άμεσα δινοντάς του τη δυνατότητα να απενεργοποιήσει την προσαρμοστικότητα του συστήματος και να επιλέξει τα περιεχόμενα των μαθημάτων, είτε έμμεσα παρέχοντάς του πρόσβαση στο μοντέλο που διατηρεί το σύστημα γι αυτόν. Στο INSPIRE, οι εκπαιδευόμενοι, σε όλη τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης, έχουν πρόσβαση στο μοντέλο τους και αλλάζοντας τα περιεχόμενά του μπορούν να κατευθύνουν τις εκπαιδευτικές αποφάσεις του συστήματος. Το σύστημα υποστηρίζει τους εκπαιδευόμενους στην ανανέωση του μοντέλου τους παρέχοντάς τους πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο που υπολογίζει τα διάφορα χαρακτηριστικά τους. Επιπλέον, μέσω του μοντέλου εκπαιδευόμενου, το σύστημα παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις διαφορετικές δυνατότητες / επιλογές του εκπαιδευόμενου και τις συνέπειές τους στη λειτουργία του συστήματος.

Μία ακόμα ενδιαφέρουσα προσέγγιση παρουσιάστηκε στο (Oppermann, 1994) όπου το σύστημα, σε όλη τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης και πριν προβεί σε κάποια ενέργεια, παρέχει στον εκπαιδευόμενο χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με την προσαρμογή που προτείνει, οι οποίες επεξηγούν τη χρησιμότητα / λειτουργικότητά της και τον υποστηρίζουν ώστε να κατευθύνει εκείνος την προσαρμογή σύμφωνα με τις ανάγκες / επιθυμίες του.

Ολοκληρώνοντας θα πρέπει να επισημάνουμε ότι τα τελευταία χρόνια σημαντική έρευνα διεξάγεται στην περιοχή της ανοιχτής μοντελοποίησης εκπαιδευόμενου όπου στόχος είναι η εμπλοκή του εκπαιδευόμενου στη διαδικασία της διάγνωσης των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του. Στόχος είναι να ενθαρρυνθεί ο εκπαιδευόμενος ώστε να εμπλακεί σε μία διαπραγματεύση με το σύστημα για την από κοινού δημιουργία μιας εικόνας για τη γνωστική του κατάσταση (Dimitrova, 2001; McCalla et al., 2000; Bull and Brna 1999; Kay, 1997). Η μοντελοποίηση εκπαιδευόμενου από κλειστή διεργασία, κρυφή και απρόσιτη από τους εκπαιδευόμενους, μετατρέπεται σε ανοικτή.

ΠΡΟΤΥΠΟ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΠΕΣΥ

Στην περιοχή των υπερμέσων διάφορα πρότυπα μοντελοποίησης συστημάτων υπερμέσων έχουν αναπτυχθεί όπως Dexter (Halasz and Schwartz, 1994), HDM (Garzotto et al., 1993) και OOHDM (Schwabe and Rosi, 1995). Ωστόσο αυτά τα μοντέλα αναφέρονται σε στατικά συστήματα υπερμέσων και δεν περιλαμβάνουν τη διάσταση της προσαρμογής ενός ΠΕΣΥ. Η πρώτη προσπάθεια να μοντελοποιηθούν τα Προσαρμοστικά Συστήματα Υπερμέσων (ΠΣΥ) έγινε από τους Paul De Bra et al. (1999), οι οποίοι πρότειναν ένα γενικό πλαίσιο περιγραφής των βασικών μονάδων ενός ΠΕΣΥ το οποίο ονόμασε “AHAM: A Dexter-based Reference Model for Adaptive Hypermedia”. Το μοντέλο αυτό, το οποίο έχει μια εκπαιδευτική διάσταση αν και στόχος του είναι να μοντελοποιήσει συνολικά τα ΠΣΥ, επεκτείνει ουσιαστικά το Dexter μοντέλο προσθέτοντας σε αυτό χαρακτηριστικά που αφορούν την προσαρμογή του συστήματος. Μία σχετική προσέγγιση προτείνεται και στο (Papasalouros and Retalis, 2000).

Οι δομικές μονάδες ενός προσαρμοστικού εκπαιδευτικού συστήματος υπερμέσων παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Το *μοντέλο πεδίου (domain model)* περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο δομούνται οι πληροφορίες που περιλαμβάνει το πεδίο γνώσης του συστήματος σχετικά με το γνωστικό αντικείμενο. Συχνά αποτελεί και τη βάση για την αναπαράσταση της γνώσης του εκπαιδευόμενου στο μοντέλο εκπαιδευόμενου (μοντέλο επικάλυψης – overlay model). Σε ένα ΠΕΣΥ η δόμηση και η αναπαράσταση του πεδίου γνώσης έχουν ιδιαίτερη βαρύτητα μια και θα πρέπει να υποστηρίζουν τη δυνατότητα του συστήματος να επιλέγει και να επαναχρησιμοποιεί το εκπαιδευτικό περιεχόμενο σε εναλλακτικές εκπαιδευτικές προσεγγίσεις ανάλογα με το προφίλ του εκπαιδευόμενου. Το μοντέλο του πεδίου γνώσης εμπεριέχει μια υπονοούμενη αλληλουχία των εννοιών που το οικοδομούν, η οποία ουσιαστικά αναπαριστά ένα βέλτιστο μονοπάτι πλοήγησης μέσα στον εννοιολογικό χώρο (conceptual space) που διαμορφώνεται.

Σχετικά με τη δομή του πεδίου γνώσης, στην πιο απλοποιημένη μορφή του αποτελείται από ένα σύνολο εννοιών (συστήματα MetaDoc, SHIVA). Ωστόσο, η πλειοψηφία των ΠΕΣΥ υιοθετεί πιο προωθημένα μοντέλα πεδίου που περιλαμβάνουν διάφορους τύπους εννοιών που συνδέονται μεταξύ τους με διάφορα είδη σχέσεων (Hypadapter, PUSH, Anatom-Tutor, KN-AHS, ELM-ART, SHIVA, HyperTutor) (Brusilovsky, 1996). Εδώ θα πρέπει να επισημάνουμε ότι ο όρος “έννοια” χρησιμοποιείται ευρύτατα στην περιοχή και υποδηλώνει ένα στοιχειώδες τμήμα της γνώσης που διαθέτει το σύστημα για το γνωστικό αντικείμενο. Διάφοροι εναλλακτικοί όροι που έχουν χρησιμοποιηθεί σχεδόν ταυτόσημα σε διάφορα συστήματα είναι θέματα (topic), στοιχεία γνώσης (knowledge elements), αντικείμενα (objects).

Η αναπαράσταση των μονάδων που απαρτίζουν το πεδίο γνώσης ενδείκνυται να ακολουθεί συγκεκριμένα πρότυπα περιγραφής εκπαιδευτικού υλικού για το Διαδίκτυο. Τα εκπαιδευτικά μεταδεδομένα ορίζουν ένα πλαίσιο περιγραφής των χαρακτηριστικών (attributes) του εκπαιδευτικού υλικού τα οποία πλήρως και επαρκώς περιγράφουν κάθε μαθησιακό του αντικείμενο διευκολύνοντας την αναπαράστασή του στο σύστημα αλλά και γενικότερα την επαναχρησιμοποίησή του σε διαφορετικές συνθήκες μάθησης (Wiley, 2001; E-book: *The instructional use of learning objects*, On-line edition, URL: <http://reusability.org/read/>). Γενικότερα, η αξιοποίηση της έρευνας που διεξάγεται για την ανάπτυξη προτύπων περιγραφής εκπαιδευτικού περιεχομένου για το Διαδίκτυο (LOM, SCORM, IMS, ARIADNE) μπορεί σημαντικά να συνεισφέρει στη σχεδίαση του πεδίου γνώσης και της προσαρμοστικής συμπεριφοράς ενός ΠΕΣΥ αλλά και της διαλειτουργικότητας των συστημάτων σε επίπεδο Διαδικτύου.

Το *μοντέλο εκπαιδευόμενου (learner model)* αναπαριστά την πληροφορία που διατηρεί το σύστημα για τον κάθε εκπαιδευόμενο. Κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης, το ΠΕΣΥ οικοδομεί το μοντέλο του κάθε εκπαιδευόμενου και διαρκώς το ενημερώνει ώστε μόνιμα να διατηρεί την “τρέχουσα κατάσταση” του

εκπαιδευόμενου και να προσαρμόζεται σε αυτήν. Το μοντέλο εκπαιδευόμενου αποτελεί πηγή της προσαρμογής του συστήματος. Επομένως τα περιεχόμενα καθώς και η δομή του θα πρέπει να υποστηρίζουν τη λήψη αποφάσεων από το σύστημα. Κρίσιμα σημεία κατά τη μοντελοποίηση εκπαιδευόμενου (Greer and McCalla, 1993) αποτελούν η επιλογή των χαρακτηριστικών του εκπαιδευόμενου που θα διατηρεί το μοντέλο, ο τρόπος αναπαράστασής τους στο σύστημα καθώς και η διαδικασία της διάγνωσής τους, η οποία αφορά στην εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με εσωτερικά χαρακτηριστικά του εκπαιδευόμενου με βάση την παρατηρήσιμη συμπεριφορά του (VanLehn, 1988).

Το *διδασκτικό μοντέλο (teaching model)* αποτελείται από ένα σύνολο παιδαγωγικών κανόνων που ορίζουν πως το πεδίο γνώσης και το μοντέλο εκπαιδευόμενου θα συνδυαστούν ώστε να υλοποιηθεί η προσαρμογή του συστήματος. Η προσαρμογή του συστήματος θα πρέπει να ακολουθεί ένα εκπαιδευτικό πλαίσιο βάσει του οποίου το σύστημα να αναπροσαρμόζει το περιεχόμενο των μαθημάτων που προσφέρει στους εκπαιδευόμενους και να υποστηρίζει την πλοήγησή τους σε αυτό. Η εκπαιδευτική επομένως διάσταση ενός ΠΕΣΥ ενισχύεται όταν η σχεδίαση της προσαρμογής γίνεται στη βάση ενός ολοκληρωμένου εκπαιδευτικού σχεδιασμού ο οποίος επιπλέον κατευθύνει τις διαδικασίες μοντελοποίησης του πεδίου γνώσης και του εκπαιδευόμενου.

Η *προσαρμοστική μηχανή (adaptive engine)* υλοποιεί ουσιαστικά την προσαρμογή του συστήματος υιοθετώντας συγκεκριμένες μεθόδους και τεχνικές που στοχεύουν στη δυναμική δημιουργία του περιεχομένου των κόμβων του υπερχώρου του πεδίου γνώσης και του προορισμού των συνδέσμων που τους αναπαριστούν. Επιπρόσθετα ένα σημαντικό θέμα αποτελεί και η προσέγγιση που θα υιοθετηθεί για την υλοποίηση του διαμοιρασμού του ελέγχου μεταξύ εκπαιδευόμενου και συστήματος.

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΠΕΡΜΕΣΩΝ

Για την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας, της αποδοτικότητας και της ευχρηστίας ενός συστήματος το οποίο χρησιμοποιεί τεχνικές ΑΙ σε πραγματικές καταστάσεις, η εμπειρική έρευνα είναι απαραίτητη. Ιδιαίτερα η αξιολόγηση των ΠΕΣΥ αποτελεί ανοιχτό ερευνητικό θέμα τόσο ως προς τη χρησιμότητα (usefulness) όσο και την ευχρηστία (usability) των συστημάτων. Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας μπορούν σημαντικά να συμβάλλουν και προς την κατεύθυνση της αξιοποίησης των ΠΕΣΥ σε πραγματικές συνθήκες στο χώρο της εκπαίδευσης.

Τα περισσότερα πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί με στόχο την αξιολόγηση των ΠΕΣΥ αποτελούν συγκριτικές μελέτες μεταξύ προσαρμοστικών και μη προσαρμοστικών εκδόσεων των σχετικών συστημάτων (Boyle and Encarnacion, 1994; Weber and Specht, 1997; Brusilovsky and Pesin, 1998; Brusilovsky and Eklund, 1998; Eklund and Sinclair, 2000; Höök, 1998). Συνήθως, αρχικά αναπτύσσεται η προσαρμοστική έκδοση του συστήματος και στη συνέχεια δημιουργείται μια δεύτερη έκδοση όπου απλά απενεργοποιούνται όλα ή κάποια από τα προσαρμοστικά χαρακτηριστικά της πρώτης ανάλογα με το αντικείμενο της έρευνας. Στη συνέχεια οι δύο εκδόσεις συγκρίνονται μέσω πειραματικής αξιολόγησης με πραγματικούς χρήστες. Ωστόσο η συγκεκριμένη μέθοδος δε θεωρείται “δίκαιη” για τα αντίστοιχα συστήματα αλλά ούτε και αποτελεσματική. Η πιο σημαντική κριτική που έχει δεχθεί η συγκεκριμένη προσέγγιση, υποστηρίζει ότι η μη προσαρμοστική έκδοση σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να είναι σωστά σχεδιασμένη, επομένως και κατάλληλη για να συγκριθεί με την προσαρμοστική έκδοση του συστήματος, εφόσον η προσαρμογή είναι ενσωματωμένη στο σύστημα και αποτελεί εγγενές χαρακτηριστικό του (Höök, 2000). Ένα επίσης σημαντικό πρόβλημα είναι ότι η αξιολόγηση αυτής της μορφής, είναι δύσκολο να οδηγήσει σε συμπεράσματα σχετικά με τα αίτια της επιτυχίας ή της αποτυχίας της προσαρμογής.

Μια νέα τάση που αναπτύσσεται τελευταία υποστηρίζει ότι η αξιολόγηση των προσαρμοστικών συστημάτων δεν θα πρέπει να αντιμετωπίζει την προσαρμογή ως μία “μονολιθική” / ιδιότυπη διαδικασία, αλλά θα πρέπει να την αποσυνθέτει στα συστατικά της στοιχεία, και κάθε ένα από αυτά να αξιολογείται ξεχωριστά όπου αυτό θεωρείται απαραίτητο και εφικτό (Karagiannidis and Sampson, 2000; Paramythis et al., 2001; Weibelzahl and Lauer, 2001).

Επίσης η πρόταση των (Magoulas et al., 2003) σχετικά με το θέμα της ευχρηστίας των ΠΕΣΥ περιλαμβάνει συγκεκριμένους άξονες που βασίζονται στις αρχές του Nielsen (1994), βάσει των οποίων προτείνεται να γίνει η μελέτη της ευχρηστίας τέτοιων συστημάτων.

ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΩΝ ΠΕΣΥ ΚΑΙ ΑΝΟΙΧΤΑ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ

Στη ενότητα αυτή επιχειρείται μια επισκόπηση της περιοχής των ΠΕΣΥ και συγκεκριμένα συστημάτων που έχουν αναπτυχθεί και καταγραφεί στη διεθνή βιβλιογραφία. Στον Πίνακα Ι συγκρίνονται διάφορα ΠΕΣΥ με βάση τα προσαρμοστικά και προσαρμοσμένα χαρακτηριστικά τους, ξεκινώντας από τα πρώτα ΠΕΣΥ που αναπτύχθηκαν στα μέσα περίπου της προηγούμενης δεκαετίας και συνεχίζοντας με τα πιο πρόσφατα. Πιο συγκεκριμένα, στον Πίνακα Ι συνοψίζονται η τεχνολογική (πλατφόρμα, τεχνολογία προσαρμογής) καθώς και η εκπαιδευτική τους διάσταση (πεδίο εφαρμογής, χαρακτηριστικά εκπαιδευόμενων που χρησιμοποιούνται ως πηγή προσαρμογής, παιδαγωγικό πλαίσιο που κατευθύνει τη σχεδίαση του συστήματος, προσαρμοσιμότητα).

Στη συνέχεια θα σχολιάσουμε συγκεκριμένες συνιστώσες συστημάτων τα οποία είναι αντιπροσωπευτικά του χώρου όσον αφορά στη σχεδίαση των δομικών τους μονάδων (πεδίο γνώσης, μοντέλο εκπαιδευόμενου, εκπαιδευτικό σχεδιασμό) και στο πλαίσιο προσαρμογής που υιοθετούν ή/και διαθέτουν πρωτοτυπίες που σηματοδοτούν νέες τάσεις στο χώρο. Συγκεκριμένα, ο σχολιασμός των συστημάτων θα γίνει ως προς το πλαίσιο προσαρμογής (προσαρμοστικότητα και προσαρμοσιμότητα), τον εκπαιδευτικό σχεδιασμό και τη μοντελοποίηση εκπαιδευόμενου που υιοθετούν. Στόχος είναι να αναδείξουμε τα θετικά στοιχεία πραγματικών ΠΕΣΥ και να εντοπίσουμε πιθανές ελλείψεις και προβλήματα ώστε να καταλήξουμε σε συγκεκριμένες κατευθύνσεις έρευνας.

Τα περισσότερα ΠΕΣΥ που έχουν καταγραφεί στη διεθνή βιβλιογραφία (βλέπε Πίνακα Ι) εφαρμόζουν ένα συνδυασμό τεχνολογιών προσαρμογής που στοχεύει να ενισχύσει την *προσαρμοστικότητά* τους και την υποστήριξη που προσφέρουν στους εκπαιδευόμενους. Η εφαρμογή των συγκεκριμένων τεχνολογιών βασίζεται σε ευρετικούς κανόνες που συχνά ορίζονται από ειδικούς-εκπαιδευτικούς με βάση τη διδακτική τους εμπειρία (ELM-ART, AST, MANIC) ή/και σε ένα θεωρητικό υπόβαθρο που αξιοποιεί συγκεκριμένες θεωρίες μάθησης/διδασκαλίας (INSPIRE, AES-CS). Για παράδειγμα, στο σύστημα AES-CS η σχεδίαση της προσαρμογής και των εργαλείων πλοήγησης που προσφέρονται, βασίζεται στη θεωρία των γνωσιακών στυλ Field Dependent/Field Independent (Witkin et al., 1997). Αντίστοιχα στο σύστημα INSPIRE η σχεδίαση του πεδίου γνώσης, των μαθημάτων και της υποστήριξης της πλοήγησης των εκπαιδευόμενων σε αυτά, βασίζεται σε θεωρίες εκπαιδευτικού σχεδιασμού σχετικά με το εκπαιδευτικό υλικό που αντιστοιχεί σε διαφορετικά επίπεδα επίδοσης εκπαιδευόμενων (Merrill, 1983; Reigeluth and Stein, 1983), ενώ η σχεδίαση της παρουσίας του υλικού στη θεωρία των μαθησιακών στυλ (Honey and Mumford, 1992).

Όσον αφορά στη διάσταση της *προσαρμοσιμότητας* των ΠΕΣΥ, ο εκπαιδευόμενος συχνά εμπλέκεται στη λήψη αποφάσεων είτε μέσω του μοντέλου του (ELM-ART II, INSPIRE) είτε μέσω συγκεκριμένων ερωτηματολογίων (AST, ACE και Hyadapter). Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να επισημανθεί ότι η εξωτερίκευση του μοντέλου του εκπαιδευόμενου καθώς και η δυνατότητα ανανέωσής του από τον εκπαιδευόμενο, ακόμα και κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, αποτελούν ένα θετικό στοιχείο προς μια μαθητο-κεντρική εκπαιδευτική προσέγγιση υποστηρίζοντας τη διαφάνεια στην επικοινωνία συστήματος-εκπαιδευόμενου και στις λειτουργίες του συστήματος. Ωστόσο σπάνια ο εκπαιδευόμενος υποστηρίζεται σε αυτή τη διαδικασία ή/και εμπλέκεται σε ένα διάλογο με το σύστημα ώστε να συνδιαμορφώσουν την προσαρμογή του συστήματος.

Διάφορες προσεγγίσεις έχουν υιοθετηθεί στον *εκπαιδευτικό σχεδιασμό* των ΠΕΣΥ. Διάφορες διδακτικές / μαθησιακές θεωρίες / προσεγγίσεις έχουν υιοθετηθεί σε ΠΕΣΥ παρέχοντας την κεντρική ιδέα των αλληλεπιδράσεων που πραγματοποιούνται μεταξύ συστήματος και εκπαιδευόμενου, και της προσαρμογής του συστήματος (Papanikolaou and Grigoriadou, 2004a). Σε αυτές τις περιπτώσεις το πεδίο γνώσης συνήθως ορίζεται από τον εκπαιδευτή-ειδικό με βάση τη διδακτική του εμπειρία. Για παράδειγμα, στο σύστημα Arthur η θεωρία της *μάθησης που οδηγεί στην επάρκεια* (mastery learning) υιοθετείται για να κατευθύνει την προσαρμογή του συστήματος. Σύμφωνα με τη συγκεκριμένη θεωρία ένα γνωστικό αντικείμενο πρέπει να διδάσκεται τμηματικά και ο κάθε εκπαιδευόμενος μπορεί να επιτύχει οποιοδήποτε στόχο με την κατάλληλη διδασκαλία και έχοντας στη διάθεσή του τον απαραίτητο χρόνο. Οι παραπάνω αρχές οδήγησαν στην ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού για το σύστημα Arthur το οποίο δομείται σε ενότητες και στην ανάπτυξη πολλαπλών διδακτικών στρατηγικών - οπτική-αλληλεπιδραστική, ακουστική-κειμένου, ακουστική-διαλέξεων, στυλ παρουσίασης κειμένου - η εναλλαγή των οποίων καθορίζεται από τις επιδόσεις του εκπαιδευόμενου. Επίσης, στο σύστημα AST διάφορες διδακτικές στρατηγικές έχουν υιοθετηθεί οι οποίες προέρχονται από την εμπειρία ειδικών-καθηγητών στη διδασκαλία εννοιών της στατιστικής όπως, μάθηση μέσω παραδειγμάτων (learning by example), μάθηση μέσω ανάγνωσης κειμένων (learning by reading texts), μάθηση μέσω δράσης (learning by doing). Μια ενδιαφέρουσα παιδαγωγική προσέγγιση έχει υιοθετηθεί στο σύστημα KBS Hyperbook το οποίο αποτελεί ένα μαθησιακό περιβάλλον που βασίζεται στην ανάθεση συνθετικών εργασιών (projects) στους εκπαιδευόμενους. Οι εκπαιδευόμενοι επιλέγουν το έργο το οποίο θα αναλάβουν και το σύστημα τους παρέχει τις κατάλληλες πηγές εκπαιδευτικού υλικού προσαρμοσμένες στο επίπεδο και/ή στους μαθησιακούς τους στόχους. Στο συγκεκριμένο σύστημα η αλληλεπίδραση με τον εκπαιδευόμενο βασίζεται σε δραστηριότητες που έχουν αναπτυχθεί σύμφωνα με τη θεωρία της *μάθησης που βασίζεται σε* συνθετικές εργασίες (project-based learning) και οι παρεχόμενες πηγές διαμορφώνονται από τον εκπαιδευτή-σχεδιαστή του εκπαιδευτικού υλικού. Τέλος, το σύστημα INSPIRE υιοθετεί ένα ολοκληρωμένο εκπαιδευτικό πλαίσιο που συνδυάζει θεωρίες από την

περιοχή του εκπαιδευτικού σχεδιασμού (Instructional Design) και των μαθησιακών στυλ και το οποίο αποτελεί τη βάση του σχεδιασμού της προσαρμογής του συστήματος και των δομικών μονάδων του συστήματος. Συγκεκριμένα, το πλαίσιο αυτό κατευθύνει τη σχεδίαση του πεδίου γνώσης, τις εκπαιδευτικές στρατηγικές που εφαρμόζει το σύστημα, καθώς και το πλαίσιο αξιολόγησης του επιπέδου γνώσης των εκπαιδευόμενων. Επιπλέον, στο σύστημα INSPIRE υιοθετείται η περιγραφή των δομικών στοιχείων του πεδίου γνώσης ακολουθεί το πρότυπο περιγραφής εκπαιδευτικών μεταδεδομένων ARIADNE (ARIADNE, 2000).

Κοινό στοιχείο των παραπάνω συστημάτων παραμένει η τμηματοποίηση του πεδίου γνώσης σε δομικές μονάδες, όπως έννοιες, μονάδες εκπαιδευτικού υλικού, κλπ. η οποία διευκολύνει την επαναχρησιμοποίησή τους σε διαφορετικές καταστάσεις και προφίλ εκπαιδευόμενων. Εδώ θα πρέπει να επισημάνουμε το σημαντικό ρόλο του *πεδίου γνώσης* το οποίο στηρίζει την προσαρμοστικότητα των συστημάτων, αποτελεί τη βασική πηγή πληροφορίας για τον εκπαιδευόμενο καθώς και τη βάση της μοντελοποίησης της γνώσης του εκπαιδευόμενου. Επομένως η σχεδίαση της δομής του και των περιεχομένων του θα πρέπει να πραγματοποιείται στη βάση ενός ολοκληρωμένου εκπαιδευτικού σχεδιασμού ο οποίος να κατευθύνει και την προσαρμογή του συστήματος και να αξιοποιεί σύγχρονες θεωρίες μάθησης πέρα από τη διδακτική εμπειρία του σχεδιαστή του εκπαιδευτικού περιεχομένου.

Το *μοντέλο εκπαιδευόμενου* που διατηρούν τα περισσότερα ΠΕΣΥ περιλαμβάνει το επίπεδο γνώσης του εκπαιδευόμενου στις έννοιες του πεδίου και σε ορισμένα από αυτά τα ιδιαίτερα γνωρίσματα και τις προτιμήσεις του. Εάν και η γνώση του εκπαιδευόμενου αποτελεί τη σημαντικότερη πηγή προσαρμογής τους, οι μέθοδοι εκτίμησής της συχνά δεν αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της διάγνωσης σε ένα διαδικτυακό εκπαιδευτικό σύστημα η οποία βασίζεται συνήθως σε ανακριβή ή και ελλιπή στοιχεία. Έτσι, το επίπεδο γνώσης των εκπαιδευόμενων εκτιμάται με βάση την πλοήγησή τους στο πεδίο γνώσης (Interbook όπου μία σελίδα εκπαιδευτικού υλικού θεωρείται γνωστή στον εκπαιδευόμενο όταν αυτός την έχει απλά επισκεφθεί) ή το χρόνο που αφιερώνουν στο εκπαιδευτικό υλικό που επισκέπτονται (MANIC) ή με βάση απλά μοντέλα που λαμβάνουν υπόψη τις σωστές / λάθος απαντήσεις τους σε τεστ αξιολόγησης (DCG, ACE, Arthur). Παραδείγματα τέτοιων μοντέλων είναι η υιοθέτηση απλών μαθηματικών τύπων που συνυπολογίζουν τη δυσκολία της ερώτησης και τη δεδομένη απάντηση του εκπαιδευόμενου (DCG), ενός απλού μοντέλου πιθανοτήτων που βασίζεται στις απαντήσεις των εκπαιδευόμενων (ACE), ο υπολογισμός του ποσοστού των σωστών / λανθασμένων απαντήσεών τους σε τεστ αξιολόγησης (Arthur). Μία πιο σύνθετη προσέγγιση χρησιμοποιείται στο σύστημα INSPIRE όπου η μέθοδος διάγνωσης του επιπέδου γνώσης του εκπαιδευόμενου βασίζεται σε ένα συνδυασμό ασαφούς λογικής και μιας προσέγγισης πολυκριτηριακής λήψης απόφασης (Grigoriadou et al., 2002). Η συγκεκριμένη μέθοδος: (i) παρέχει τη δυνατότητα ορισμού κριτηρίων αξιολόγησης καθώς και διαφορετικών βαρών σε αυτά λαμβάνοντας υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της έννοιας που εξετάζεται, (iii) αναπροσαρμόζει δυναμικά τα βάρη των ερωτήσεων στα τεστ αξιολόγησης ανάλογα με το τρέχον επίπεδο γνώσης του εκπαιδευόμενου. Επίσης ορισμένα από τα παραπάνω συστήματα περιλαμβάνουν στο μοντέλο εκπαιδευόμενου το χαρακτηριστικό του μαθησιακού/γνωσιακού στυλ. Τα ιδιαίτερα γνωρίσματα των εκπαιδευόμενων, ανάμεσά τους και το μαθησιακό στυλ, σε αντίθεση με άλλα χαρακτηριστικά αναγνωρίζονται παραδοσιακά μέσω ειδικά σχεδιασμένων ψυχολογικών τεστ και όχι μιας απλής συνέντευξης (Brusilovsky, 2001). Ωστόσο σε αρκετά συστήματα το μαθησιακό στυλ προσεγγίζεται μέσα από τις προτιμήσεις των εκπαιδευόμενων σε εκπαιδευτικό υλικό όπως αυτές εκτιμώνται από την πλοήγηση και τις επιλογές του εκπαιδευόμενου (ACE, MANIC, Arthur, DCG) ενώ σε άλλα υιοθετείται κάποιο συγκεκριμένο θεωρητικό μοντέλο από αυτά που έχουν προταθεί στο χώρο της εκπαιδευτικής ψυχολογίας (INSPIRE, SMILE, CS383, AES-CS) αξιοποιώντας σχετικά ερευνητικά αποτελέσματα.

Με βάση τα παραπάνω, συνοψίζουμε ανοιχτά ερευνητικά θέματα στην περιοχή των ΠΕΣΥ που σχετίζονται με τη σχεδίαση και ανάπτυξη των δομικών μονάδων τους:

- η μοντελοποίηση του πεδίου γνώσης και η κατάλληλη αναπαράστασή του στο σύστημα με τη μορφή εκπαιδευτικών μεταδεδομένων, ώστε να υποστηρίζει την εκπαιδευτική δυναμική της προσαρμογής του συστήματος και την επαναχρησιμοποίηση του εκπαιδευτικού υλικού με συγκεκριμένους εκπαιδευτικούς στόχους και για διαφορετικά προφίλ εκπαιδευόμενων. Η μοντελοποίηση του πεδίου γνώσης και η σχεδίαση της προσαρμογής με βάση μαθησιακά αντικείμενα (Karampiperis and Sampson, 2004) και η αξιοποίηση προτύπων περιγραφής εκπαιδευτικού περιεχομένου για το Διαδίκτυο (LOM, SCORM, IMS, ARIADNE) παρουσιάζουν ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον.
- η μοντελοποίηση του εκπαιδευόμενου που περιλαμβάνει: (i) τη διερεύνηση των χαρακτηριστικών του εκπαιδευόμενου που είναι σημαντικά για τη μάθηση και την προσαρμογή του συστήματος, όπως πρότερη γνώση, επίπεδο γνώσης, προτιμήσεις, παράγοντες προσωπικότητας, γνωσιακοί παράγοντες, μαθησιακό/γνωσιακό στυλ, συναισθήματα κλπ., (ii) τη διερεύνηση του τρόπου υπολογισμού των χαρακτηριστικών του εκπαιδευόμενου και δυναμικής ανανέωσής τους στη διάρκεια της αλληλεπίδρασης με ένα τρόπο που να εμπλέκει τον εκπαιδευόμενο στην όλη διαδικασία

(μοντελοποίηση εκπαιδευόμενου μετά από διαπραγμάτευση – ανοιχτή μοντελοποίηση εκπαιδευόμενου), και (iii) τη δόμηση και αναπαράστασή του στο σύστημα,

- η σχεδίαση ενός εκπαιδευτικού πλαισίου (Papanikolaou and Grigoriadou, 2004a; Gouli, et al., 2004) που να βασίζεται σε σύγχρονες θεωρίες μάθησης και να κατευθύνει τις εκπαιδευτικές αποφάσεις του συστήματος και τη σχεδίαση του πεδίου γνώσης, να καθορίζει τους στόχους και τη λειτουργικότητα της προσαρμογής του, την αξιολόγηση και την ανατροφοδότηση του εκπαιδευόμενου και να προσδιορίζει το συνδυασμό τεχνολογιών προσαρμογής που την υλοποιούν,
- η αξιοποίηση των ιδιαίτερων γνωρισμάτων των εκπαιδευόμενων, όπως μαθησιακό/γνωσιακό στυλ στη σχεδίαση της προσαρμογής. Βασικά προβλήματα που προκύπτουν στην αξιοποίηση συγκεκριμένων κατηγοριοποιήσεων μαθησιακών στυλ είναι, καταρχήν ο προσδιορισμός ενός μοντέλου κατάλληλου για τη συγκεκριμένη εφαρμογή ανάμεσα στην πληθώρα αυτών που έχουν προταθεί, καθώς και η σχεδίαση της προσαρμογής με βάση αυτή την πληροφορία, δηλαδή τι θα είναι αυτό που θα διαφοροποιείται για εκπαιδευόμενους με διαφορετικά μαθησιακά στυλ (Chen and Paul, 2003; Papanikolaou and Grigoriadou, 2004b),
- η αποτελεσματική σχεδίαση της εμπλοκής του εκπαιδευόμενου στην εκπαιδευτική διαδικασία (learner control) (Kay, 2001) και του διαμοιρασμού του ελέγχου μεταξύ εκπαιδευόμενου και συστήματος με ένα τρόπο διαφανή που να ανταποκρίνεται στις ανάγκες και στην τρέχουσα κατάσταση του εκπαιδευόμενου (Open learner modeling - Lemore, 2004; Bull et al., 2003; Tsganou, et al., 2003).
- η αυτοματοποίηση της διαδικασίας συγγραφής (authoring) ΠΕΣΥ (Brusilovsky, 2003a) και η δημιουργία μετα-προσαρμοστικών συστημάτων (Brusilovsky, 2003b),
- η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας και της ευχρηστίας των ΠΕΣΥ (Magoulas et al., 2003; Karagiannidis and Sampson, 2000; Paramythis et al., 2001; Weibelzahl and Lauer, 2001).

Η περιοχή των ΠΕΣΥ έχει σημειώσει ραγδαία εξέλιξη την τελευταία δεκαετία έχοντας αξιοποιήσει αποτελέσματα από δύο διαφορετικές ερευνητικές περιοχές, τα Νοήμονα Εκπαιδευτικά Συστήματα και τα Προσαρμοστικά Συστήματα Υπερμέσων. Η ταυτόχρονη εξέλιξη του Διαδικτύου και ο κεντρικός του ρόλος στο χώρο της Εκπαίδευσης από Απόσταση έδωσε μια ιδιαίτερη ώθηση στην περιοχή των ΠΕΣΥ θέτοντας νέους ερευνητικούς στόχους και συμβάλλοντας στην καθιέρωσή της ως μιας αυτόνομης ερευνητικής περιοχής. Χαρακτηριστικά το πρώτο συνέδριο της περιοχής “Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-based Systems” πραγματοποιήθηκε μόλις το 2000 στο Trento της Ιταλίας και από τότε πραγματοποιείται κάθε δύο χρόνια. Επίσης, σχετικά διεθνή workshops πραγματοποιούνται στο πλαίσιο άλλων συναφών συνεδρίων όπως “User Modeling”, “Intelligent Tutoring Systems” και “Artificial Intelligence in Education”. Αντιπροσωπευτικά διεθνή περιοδικά της περιοχής θεωρούνται το “User Modeling and User Adapted Interaction” και το “Artificial Intelligence in Education”. Η μελλοντική πορεία είναι πολλά υποσχόμενη τόσο για την τεχνολογική όσο και για την εκπαιδευτική προοπτική των συστημάτων. Η ταυτόχρονη εξέλιξη και των δύο διαστάσεων των ΠΕΣΥ θα πρέπει να αποτελέσει το στίγμα της νέας εποχής όπου τα συστήματα αυτά θα αξιοποιηθούν σε πραγματικές συνθήκες στο χώρο της εκπαίδευσης υιοθετώντας και υποστηρίζοντας σύγχρονα μοντέλα μάθησης και εξασφαλίζοντας ένα καινοτόμο τρόπο εφαρμογής τους ανοιχτό στις τεχνολογικές προκλήσεις των καιρών.

ΠΕΣΥ	Διαδικτυακά	Εφαρμογή / Τίτλος	Χαρακτηριστικά εκπαιδευόμενου	Τεχνολογίες Προσαρμογής	Προσαρμοσιμότητα	Διδακτικές/Μαθησιακές Θεωρίες/προσεγγίσεις
MetaDoc (Boyle and Encarnacion, 1994)	Όχι	“Διαχείριση του λειτουργικού συστήματος AIX ”	Επίπεδο γνώσης στο Unix/AIX και σε έννοιες υπολογιστών	ΠΠ	Διαχείριση παρουσίασης εννοιών μέσω μοντέλου εκπαιδευόμενου	N/A
Hypadapter (Hohl, Bocker, Gunzenhauser, 1996)	Όχι	“Common Lisp”	Επίπεδο γνώσης, Προτιμήσεις και Πλοήγηση εκπαιδευόμενου	ΠΠ και ΠΥΠ	Διαχείριση συγκεκριμένων εισόδων του μοντέλου εκπαιδευόμενου μέσω ερωτηματολογίων	Μαθησιακές στρατηγικές: Βασισμένη σε παραδείγματα και Προσανατολισμένη σε πράξεις
Anatom-Tutor (Beaumont, 1994)	Όχι	“Ανατομία για φοιτητές ιατρικής ”	Επίπεδο γνώσης	ΠΠ	N/A	Task Analysis (Gagné, 1977)
Dynamic Course Generation – DCG (Vassileva, 1997; 1998)	Ναι	Ανεξάρτητο πεδίου	Επίπεδο γνώσης, Μαθησιακοί στόχοι, Ιδιαίτερα γνωρίσματα και Προτιμήσεις	AM	Απευθείας διαχείριση μαθησιακού στόχου, ιδιαίτερων γνωρισμάτων και προτιμήσεων	Generic Task Model (Van Marcke, 1992; 1998)
ELM-ART (Weber and Brusilovsky, 2001)	Ναι	“Προγραμματισμός σε Lisp”	Επίπεδο γνώσης and Προτιμήσεις	ΥΕΠ, ΠΥΠ και AM	Απευθείας διαχείριση μοντέλου εκπαιδευόμενου	Προγραμματισμός που βασίζεται σε παραδείγματα
ISIS-Tutor (Brusilovsky and Pesin, 1994)	Όχι	“Γλώσσα διαμόρφωσης εκτύπωσης του συστήματος CDS/ISIS”	Επίπεδο γνώσης και Εκπαιδευτικοί στόχοι	ΠΥΠ και ΠΠ	Απευθείας διαχείριση διδακτικής προσέγγισης, εκπαιδευτικού στόχου	Πολλαπλές διδακτικές προσεγγίσεις: παρουσιάσεις εννοιών, επίλυση προβλημάτων, μελέτη παραδειγμάτων
Interbook (Eklund and Brusilovsky, 1999)	Ναι	Ανεξάρτητο πεδίου	Επίπεδο γνώσης	AM και ΠΥΠ	N/A	N/A
PUSH (Höök, Karlgren, Waern, Dahlbäck, Jansson, Karlgren, Lemaire, 1996)	Όχι	“Ανάπτυξη λογισμικού με τη μέθοδο SDP”	Στόχοι αναζήτησης πληροφορίας	ΠΠ	Απευθείας διαχείριση στερεότυπων εργασιών (task stereotypes), Αναγνώριση σχεδίου από χρήστη	N/A
KBS Hyperbook (Henze, Naceur, Nejd, Wolpers 1999)	Ναι	“Εισαγωγή στον προγραμματισμό (βασισμένο σε Java)”	Επίπεδο γνώσης και Μαθησιακοί στόχοι	ΠΥΠ	Απευθείας διαχείριση μαθησιακού στόχου	Μάθηση που βασίζεται σε συνθετικές εργασίες (project)
AST (Specht, Weber, Heitmeyer, Schöch, 1997)	Ναι	“Εισαγωγή στη Στατιστική”	Επίπεδο γνώσης και Προτιμήσεις μαθησιακού στυλ	AM και ΠΥΠ	Κατάθεση εισαγωγικού ερωτηματολογίου σχετικά με προτιμήσεις σε τύπο υλικού, διδακτική στρατηγική, επίπεδο λεπτομέρειας κειμένων	Πολλαπλές διδακτικές στρατηγικές: Μάθηση μέσω παραδειγμάτων, μέσω ανάγνωσης κειμένων, μέσω πρακτικής

ΠΕΣΥ	Διαδικτυακά Εφαρμογή / Τίτλος	Πηγή Προσαρμογής	Τεχνολογία Προσαρμογής	Προσαρμοσιμότητα	Διδακτικές/Μαθησιακές θεωρίες/προσεγγίσεις	
Adaptive Courseware Environment - ACE (Specht and Oppermann, 1998)	Ναι	Ανεξάρτητο πεδίου	Επίπεδο γνώσης, Ενδιαφέροντα, Προτιμήσεις μαθησιακού στυλ	AM και ΠΥΠ	N/A	Πολλαπλές διδακτικές στρατηγικές: Μάθηση μέσω παραδειγμάτων, μέσω ανάγνωσης κειμένων, μέσω πρακτικής (learning by doing)
CS383 (Carver, Howard, Lavelle, 1996)	Ναι	“Υπολογιστικά Συστήματα”	Μαθησιακό στυλ (Felder and Silverman, 1988)	ΠΠ	Αρχικοποίηση προσαρμογής	Επιλογή μέσων με βάση το μαθησιακό στυλ
Arthur (Gilbert and Han, 1999)	Ναι	“Προγραμματισμός στην Επιστήμη των Υπολογιστών”	Προτιμήσεις μαθησιακού στυλ	AM	N/A	Mastery learning (Bloom, 1968) Πολλαπλές διδακτικά στυλ: οπτικός-αλληλεπιδραστικός, ακουστικός-κειμένου, ακουστικός-διαλέξεων και στυλ παρουσίασης-κειμένου
MANIC (Stern and Woolf, 2000)	Ναι	Ανεξάρτητο πεδίου	Επίπεδο γνώσης, Προτιμήσεις μαθησιακού στυλ	ΠΠ και AM	N/A	N/A
SMILE (Stoyanov, Aroyo, Kommers, 1999)	Όχι	“Γραμμικά και Υπερμέσα”	Μαθησιακό στυλ (Honey and Mumford, 1992)	AM	N/A	Μάθηση μέσω πρακτικής: σχεδιασμός επίλυσης προβλημάτων (Hutchinson and Karsnitz, 1994)
INSPIRE (Papanikolaou, Grigoriadou, Kornilakis, Magoulas, 2003)	Ναι	“Ιεραρχία μνήμης υπολογιστικών συστημάτων”	Μαθησιακό στόχο, Επίπεδο γνώσης, Μαθησιακό στυλ (Honey and Mumford, 1992)	ΠΠ, ΠΥΠ και AM	Απενεργοποίηση προσαρμογής, Απευθείας διαχείριση μοντέλου εκπαιδευόμενου	Elaboration Theory (Reigeluth and Stein, 1983), Component Display Theory (Merrill, 1983)
AES-CS (Triantafyllou, Pomportsis, Demetriadis, 2003)	Ναι	“Συστήματα Πολυμέσων”	Γνωσιακό στυλ (Witkin et al., 1997)	ΠΠ, ΠΥΠ	Απευθείας διαχείριση μοντέλου εκπαιδευόμενου	Εκπαιδευτικές τακτικές (Jonassen and Grabowski, 1993)

Πίνακας Ι. Σύγκριση Προσαρμοστικών Συστημάτων Υπερμέσων, όπου ΠΥΠ: Προσαρμοστική Υποστήριξη Πλοήγησης; ΠΠ: Προσαρμοστική Παρουσίαση, AM: Αλληλουχία Μαθημάτων.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aggarwal, A. (2000) *Web-based Learning and Teaching Technologies: Opportunities and Challenges*. Hershey, London: Idea Group Publishing.
- ARIADNE Foundation. <http://www.ariadne-eu.org/> [7/2004].
- Beaumont, I. (1994) User modelling in the interactive anatomy tutoring system ANATOM-TUTOR. *User Modeling and User-Adapted Interaction* 4 (1), 21-45. Also In: P. Brusilovsky, A. Kobsa, and J. Vassileva (eds.), *Adaptive Hypertext and Hypermedia* (1998). Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 91-115.
- Bloom, B.S. (1968) Learning for mastery. *Evaluation Comment* 1 (2). Los Angeles: Univ. of California at Los Angeles. Center for the Study of Evaluation of Instructional Programs, 1-5.
- Boyle, C. and Encarnacion, A.O. (1994) MetaDoc: an adaptive hypertext reading system. *User Modeling and User-Adapted Interaction* 4 (1), 1-19. Also In: P. Brusilovsky, A. Kobsa, and J. Vassileva (eds.), *Adaptive Hypertext and Hypermedia* (1998). Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 71-89.
- Brusilovsky, P. (1995) Intelligent tutoring systems for World-Wide Web. In R. Holzapfel, Poster proceedings of Third International WWW Conference. Darmstadt, April 10-14, 42-45.
- Brusilovsky, P. (1996) Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia. *User Modeling and User-Adapted Interaction* 6 (2/3), 87-129. Also In: P. Brusilovsky, A. Kobsa, and J. Vassileva (eds.), *Adaptive Hypertext and Hypermedia* (1998). Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1-44.
- Brusilovsky, P. (1998) Adaptive Educational Systems on the World-Wide-Web: A Review of Available Technologies. In *Proceedings of Workshop "WWW-Based Tutoring" at 4th International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS'98)*, San Antonio.
- Brusilovsky, P. (1999) 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.
- Brusilovsky, P. (2001) Adaptive Hypermedia. *User Modeling and User-Adapted Interaction* 11 (1/2), 111-127.
- Brusilovsky, P. (2003a) Developing adaptive educational hypermedia systems: From design models to authoring tools. In: T. Murray, S. Blessing and S. Ainsworth (eds.): *Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environment*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Brusilovsky, P. (2003b) Adaptive navigation support in educational hypermedia: The role of student knowledge level and the case for meta-adaptation. *British Journal of Educational Technology*, 34 (4), 487-497.
- Brusilovsky, P. and Eklund, J. (1998) A Study of User Model Based Link Annotation in Educational Hypermedia. *Journal of Universal Computer Science*, 4, 429-448.
- Brusilovsky, P. and Pesin, L. (1994) An intelligent learning environment for CDS/ISIS users. In: J.J.Levonen and M.T.Tukianinen (eds.): *Proc.of the interdisciplinary workshop on complex learning in computer environments (CLCE94)*, Joensuu, Finland, EIC, 29-33. Available online at http://cs.joensuu.fi/~mtuki/www_clce.270296/Brusilov.html
- Brusilovsky, P. and Pesin, L. (1998) Adaptive navigation support in educational hypermedia: An evaluation of the ISIS-Tutor. *Journal of Computing and Information Technology*, 6, 27-38.
- Bull, S., and Brna, P. Enhancing peer interaction in the Solar system (1999). In: P. Brna, M. Baker and K. Stenning (eds): *Roles of communicative interaction in learning to model in Mathematics and Science: Proceedings of the C-LEMMAS conference*, Ajaccio, Corsica.
- Bull, S., Brna, P. & Dimitrova, V. (eds). (2003). [Proceedings of Workshop on Learner Modelling for Reflection](#), Supplemental Proceedings Volume 5, International Conference on Artificial Intelligence in Education 2003.
- Carberry, S., Conati, C., deRosis, F., Gmytrasiewicz, P., Hudlicka, E., Ishizuka, M., Lisetti, C., Ortony, A., Prendinger, H., Ortony, A. (2002) Panel discussion. *Applied Artificial Intelligence* 16 (7 –8), 643 –670.
- Carver, C.A., Howard, R.A. and Lavelle, E. (1996) Enhancing student learning by incorporating student learning styles into adaptive hypermedia. *ED-MEDIA '96 – World Conference on Educational Multimedia and Hypermedia*, Boston, MA, 118-123.
- Chen, S.Y. and Paul, R.J. (2003) (eds.): Special issue on individual differences in web-based instruction, *British Journal of Educational Technology*, 34 (4), 511-527.
- Conklin, J. (1987) Hypertext: an introduction and survey. *IEEE Computer*, 20, 9, 17-41.
- De Bra, P., Houben, G-J, and Wu, H. (1999) AHAM: A Dexter-based Reference Model for Adaptive Hypermedia. In: *Proceedings of the 10th ACM conference on Hypertext and Hypermedia* Darmstadt, Germany pp. 147-156, February 21-25,

- Dimitrova, V. (2001) Interactive Open Learner Modelling, PhD thesis, Computer Based Learning Unit, Leeds University, available on-line from <http://www.comp.leeds.ac.uk/vania/research.html#Publications>
- EDEN: *European Distance and E-Learning Network*, <http://www.eden.bme.hu/>
- Eklund, J. and Brusilovsky, P. (1999) Interbook: an Adaptive Tutoring System. *UniServe Science New* 12, 8-13.
- Eklund, J. and Sinclair, K. (2000) An empirical appraisal of the effectiveness of adaptive interfaces for instructional systems. *Educational Technology and Society* 3 (4). Available online at http://ifets.ieee.org/periodical/vol_4_2000/eklund.html.
- Eklund, J. and Zeilenger, R. (1996) Navigating the Web: Possibilities and Practicalities for Adaptive Navigation Support. *2nd Australian WWW Conference (AusWEeb96)*, Southern Cross University, Lismore, Australia.
- Felder, R.M and Silverman, L.K. (1988) Learning and Teaching Styles in Engineering Education. *Engineering Education* 78 (7), 674-681.
- Gagné, R. (1977) *The Conditions of Learning*. NY: Holt, Rinehart Winston.
- Garzotto, F., Paolini, P. and Schwabe, D. (1993) HDM – A model-based approach to hypermedia application design. *ACM Transactions on Information Systems*, 11 (1), 1–23.
- Gilbert, J.E. and Han, C.Y. (1999) Adapting instruction in search of ‘a significant difference’. *Journal of Network and Computer Applications* 22, 149-160. Available online at <http://www.idealibrary.com>.
- Gouli, E., Gogoulou, A., Papanikolaou, K., Grigoriadou, M. (2004) COMPASS: An Adaptive web-based COncept Map Assessment tool. In the Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping, Pamplona, Spain, September 2004, to appear.
- Greer, J. and McCalla, G. (1993) (eds.): Student Modeling: The Key to Individualized Knowledge-Based Instruction. *NATO ASI Series F*, Vol. 125, Berlin: Springer-Verlag.
- Grigoriadou, M. and Papanikolaou, K. (2000) Learning Environments on the Web: The Pedagogical Role of the Educational Material. *Themes in Education*, 1 (2), 145-161.
- Grigoriadou, M., Cotronis, Y., and Papanikolaou, K. (2000) Simulations as Cognitive Tools in a Hypermedia System. The First Research Workshop of EDEN "Research and Innovation in Open and Distance Learning", Prague, March.
- Grigoriadou, M., Kornilakis, H., Papanikolaou, K., and Magoulas, G. (2002) Fuzzy Inference for Student Diagnosis in Adaptive Educational Systems. In: I.P. Vlahavas and C.D. Spyropoulos (eds.): ‘Methods and Applications of Artificial Intelligence’. *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, Vol. 2308. Springer-Verlag, Berlin.
- Halasz, F. and Schwartz, M. (1994) The Dexter Hypertext Reference Model. *Communications of the ACM* 37 (2), 30-39.
- Hammond, N. and Allison, L. (1989) Extending hypertext for learning: An investigation of access and guidance tools. In: A. Sutcliffe and L. Macaulay (eds.) *People and Computers V*. Cambridge University Press, 293-304.
- Hannafin, R.D and Sullivan, H.J. (1996) Preferences and learner control over amount of instruction. *Journal of Educational Psychology* 88, 162-173.
- Henze, N., Naceur, K., Nejdil, W and Wolpers, M. (1999) Adaptive hyperbooks for constructivist teaching. *Kunstliche Intelligenz*, 26-31.
- Hohl, H., Bocker, H.D and Gunzenhauser, R. (1996) Hypadapter: An Adaptive Hypertext System for Exploratory Learning and Programming. *User Modeling and User-Adapted Interaction* 6 (2-3), 131-156. Also published in: P. Brusilovsky, A. Kobsa, J. Vassileva (eds.): Adaptive Hypertext and Hypermedia. Kluwer Academic Publishers, ISBN 0-7923-4843-5, (1998).
- Honey, P. and Mumford, A. (1992) *The manual of Learning Styles*. Maidenhead: Peter Honey.
- Höök, K. (1998) Evaluating the utility and usability of an adaptive hypermedia system. *Knowledge-Based Systems*, 10 (5), 311-319.
- Höök, K. (2000) Steps to take before intelligent user interfaces become real. *Interacting with Computers*, 12, 409-426.
- Höök, K., Karlgren, J., Waern, A., Dahlbäck, N., Jansson, C-G., Karlgren, K., and Lemaire, B. (1996) A Glass Box Approach to Adaptive Hypermedia. *User Modeling and User-Adapted Interaction* 6 (2-3), 157-184. Also published in: P. Brusilovsky, A. Kobsa, J. Vassileva (eds.): Adaptive Hypertext and Hypermedia. Kluwer Academic Publishers, ISBN 0-7923-4843-5, (1998).
- Hudlicka, E. (2003) To feel or not to feel: The role of affect in human –computer interaction. *Int. J. Human-Computer Studies* 59 1–32.
- Hutchinson, J and Karsnitz, J. (1994) *Design and Problem Solving in Technology*. New York: Delmar.
- Jonassen, D. (1991) Evaluating constructivistic learning. *Educational Technology*, 9.

- Jonassen, D., Mayes, T and McAleese, R. (1993) A Manifesto for a Constructivist Approach to Uses of Technology in Higher Education. In: T. Duffy, J. Lowyck and D. Jonassen (eds.): *Designing Environments for Constructive Learning, NATO ASI Series F*, Vol.105. Berlin: Springer-Verlag.
- Jonassen, D.H. and Grabowski, B.L. (1993) *Handbook of individual differences, learning and Instruction*. Hillsdale, NJ. Lawrence Erlbaum Associates.
- Karagiannidis, C. and Sampson, D. (2000) Layered Evaluation of Adaptive Applications and Services. In: P. Brusilovsky, O. Stock, C. Strapparava (eds.): *Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems, Lecture Notes in Computer Science* Vol.1892.
- Karampiperis, P. and Sampson, D. (2004) Learning Object Selection in Intelligent Learning Systems. *Journal of Interactive Learning Research*, Special Issue on Computational Intelligence in Web-Based Education, accepted for publication.
- Kay, J. (1997) Learner Know Thyself: Student Models to Give Learner Control and Responsibility. In: Z. Halim, T. Ottomann and Z. Razak (eds), *Proceedings of International Conference on Computers in Education*, Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), 17-24.
- Kay, J. (2001) Learner control. *User Modeling and User-Adapted Interaction* 11 (1/2), 111-127.
- Kobsa, A. (2001) Generic User Modeling Systems. *User Modeling and User-Adapted Interaction* 11(1/2) 49-63.
- Kommers, P. (1996a) Multimedia Environments. In: Kommers, P.A.M., Grabinger, S., Dunlap, J.C. (eds.): *Hypermedia Learning Environments. Instructional Design and Integration*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kommers, P. (1996b) Definitions. In: Kommers, P.A.M., Grabinger, S., Dunlap, J.C. (eds.): *Hypermedia Learning Environments. Instructional Design and Integration*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lemore: Learner Modelling for Reflection. URL: <http://www.eee.bham.ac.uk/bull/lemore/>. Last access 12/07/2004.
- LOM (2000) LOM working draft v4.1 [On-line]. Διαθέσιμο : <http://ltsc.ieee.org/doc/wg12/LOMv4.1.htm>
- Magoulas, G.D., Chen, S.Y. and Papanikolaou, K.A. (2003) Integrating Layered and Heuristic Evaluation for Adaptive Learning Environments. In: S. Weibelzahl and A. Paramythis (eds.): *Proceedings of the Second Workshop on Empirical Evaluation of Adaptive Systems*, held at the 9th International Conference on User Modeling UM2003, Pittsburgh, 5-14, 2003. Also available from: <http://art.ph-freiburg.de/um2003/proceedings.html>
- McCalla, G., Vassileva, J., Greer, J., and Bull, S. (2000) Active learner modelling. In G. Gauthier, C. Frasson and K. VanLehn (Eds.), *Intelligent tutoring systems*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 53-62.
- McCormack, C. and Jones, D. (1998) *Building a Web-based Education System*. NY, Toronto: Wiley Computer Publishing.
- McDonald, S. and Stevenson, R. (1996) Disorientation in hypertext: the effects of three text structures on navigation performance. *Applied Ergonomics* 27 (1), 61-8.
- Merrill, M.D. (1983) Component Display Theory. In: C.M.Reigeluth (ed.): *Instructional design theories and models: An overview of their current status*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Murray, D. (1991) Modelling for Adaptivity. In: M.J.Tauber and D.Ackermann (eds.): *Mental Models and Human Computer Interaction* Vol. 2. Netherlands: Elsevier Science Publishers B.V.
- Nielsen, J. (1990) *Hypertext and Hypermedia*. Academic Press.
- Nielsen, J. (1994) *Heuristic Evaluation. Usability Inspection Methods*. New York: Wiley.
- Oppermann, R. (1994) Adaptively supported Adaptability. *International Journal of Human-Computer Studies* 40, 544-472.
- Papanikolaou K.A., and Grigoriadou M. (2004a) Building an instructional framework to support learner control in Adaptive Educational Hypermedia Systems, In: G.D. Magoulas and S. Chen (eds.): *Advances in Web-based Education: Personalized Learning Environments*. Hershey: Idea Group Inc., to appear.
- Papanikolaou, K.A. and Grigoriadou, M. (2004b). Accommodating learning style characteristics in Adaptive Educational Hypermedia. In: G.Magoulas and S.Chen (eds.): *Proceedings of the Workshop on Individual Differences in Adaptive Hypermedia in AH2004*, to appear
- Papanikolaou K.A., Grigoriadou M., Kornilakis H. and Magoulas G.D. (2003) Personalising the Interaction in a Web-based Educational Hypermedia System: the case of INSPIRE, *User-Modeling and User-Adapted Interaction*, 13 (3), 213-267.
- Papasalouros, A., Retalis, S. (2002) Ob-AHEM: A UML-enabled model for Adaptive Educational Hypermedia Applications, *Interactive educational Multimedia*, ISSN 1576-4990, Special Issue on "Adaptive Educational Multimedia", number 4.
- Paramythis, A., Totter, A., and Stephanidis, C., (2001) A Modular Approach to the evaluation of Adaptive User Interfaces. In: S. Weibelzahl, D. Chin, G. Weber (eds.): *Proceedings of the UM2001 Workshop on Empirical Evaluation of Adaptive Systems*, Sonthofen, Germany. Freiburg: Pedagogical University of Freiburg, 9-24.

- Reigeluth, C.M., and Stein, F.S. (1983) The elaboration theory of instruction. In: C.M.Reigeluth (ed.): *Instructional design theories and models: An overview of their current status*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Riding, R. and Rayner, S. (1998) *Cognitive Styles and Learning Strategies*. London: David Fulton Publishers.
- Romiszowski, A.J. (1990) The hypertext/hypermedia solution-But what exactly is the problem? In: D. H. Jonassen, and H. Mandl (eds) *Designing hypermedia for learning.. Nato ASI SeriesF* Vol. 67. Berlin: Springer Verlag.
- Schmeck, R.R. (ed.) (1988) *Learning Strategies and Learning Styles*. New York: Plenum Press.
- Schwabe, D., Rosi, G. (1995) The Object-Oriented Hypermedia Design Model. *Communications of the ACM* 38 (8), 45-46
- Shyu, H.S and Brown, S.W. (1995) Learner Control: The effects on learning a procedural task during computer-based videodisc instruction. *International Journal of Instructional Media* 22 (3), 217-231.
- Specht, M. and Kobsa, A. (1999) Interaction of domain expertise and interface design in adaptive educational hypermedia In: P.Brusilovsky and P.De Bra (eds.): *Proceedings of Second Workshop on Adaptive Systems and User Modeling on the World Wide Web at WWW-8, Toronto, Canada, and UM99, Banff, Canada*, 89-93.
- Specht, M. and Oppermann, R. (1998) ACE - Adaptive Courseware Environment. *The New Review of Hypermedia and Multimedia* 4, 141-161.
- Specht, M., Weber, G., Heitmeyer, S., and Schöch, V. (1997) AST: adaptive WWW-courseware for statistics. In: P. Brusilovsky, J. Fink and J. Kay (eds.): *Proceedings of Workshop "Adaptive Systems and User Modeling on the World Wide Web", 6th International Conference on User Modeling, UM97, Italy*, 91-95. Also available at: http://www.contrib.andrew.cmu.edu/~plb/UM97_workshop/Specht.html
- Spiro, R. J., Vispoel, W., W., Scmitz, J., Samarapungavan, A., and Boerger, A. (1987) 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*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 177-199.
- Stern, M.K., and Woolf, B.P. (2000) Adaptive Content in an Online Lecture System. In: P. Brusilovsky, O. Stock and C. Strapparava, *Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-based Systems*. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1892, 227-238. Berlin: Springer-Verlag.
- Stoyanov., S., Aroyo, L and Kommers, P. (1999) Intelligent Agents Instructional Design Tools for a Hypermedia Design Course. In: S.P.Lajoie and M.Vivet (eds.): *Artificial Intelligence in Education*. IOS Press.
- Tennant, M. (1999) *Psychology and Adult Learning*, 2nd edn. London: Routledge.
- Triantafyllou, E., Pomportsis, A. and Demetriadis, S. (2003) The design and the formative evaluation of an adaptive educational system based on cognitive styles. *Computers and Education* 41: 87-103.
- Tsaganou G., Grigoriadou M., Cavoura Th., Koutra D. (2003) Evaluating an Intelligent Diagnosis System of Historical Text Comprehension. *Expert Systems with Applications*, 25(4), 493-502.
- Van Marcke, K. (1992) A Generic Task Model for Instruction. In: S. Dijkstra, H.P.M. Krammer and J.J.G. van Merriënboer (eds.): 'Instructional models for Computer-based Learning Environments'. *NATO ASI Series F*, Vol. 104. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg. 171-194.
- Van Marcke, K. (1998) GTE: An epistemological approach to instructional modeling. *Instructional Science*, 26(3/4), 147-191.
- VanLehn, K. (1988) Student Modeling. In: Polson, M. C., Richardson, J.J. (eds.): *Foundations of Intelligent Tutoring Systems*. Lawrence Erlbaum Associates Hillsdale, New Jersey 55-78
- Vassileva, J. (1997) Dynamic course generation on the WWW. In: B.D.Boulay and R. Mizoguchi (eds.): *Artificial Intelligence in Education: Knowledge and Media in Learning Systems*. Amsterdam: IOS Press.
- Vassileva J. (1998) DCG + GTE: Dynamic Courseware Generation with Teaching Expertise. *Instructional Science*, 26(3/4), 317-332.
- Weber, G. and Brusilovsky, P. (2001) ELM-ART: An Adaptive Versatile System for Web-based Instruction. *International Journal of Artificial Intelligence in Education* 12.
- Weber, G. and Specht, M. (1997) User modeling and adaptive navigation support in WWW-based tutoring systems. In: A. Jameson, C.Paris and C.Tasso (eds.): *User Modeling*. Wien: Springer Verlag, 289-300.
- Weibelzahl and Lauer (2001) Framework for the evaluation of adaptive CBR-systems. In I. Vollrath, S. et al. (eds.), *Experience Management as Reuse of Knowledge*. Proc. 9th German Workshop on Case Based Reasoning, pp. 254-263. Baden-Baden, Germany.
- Wiley, D.A. (2001) Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor and a taxonomy. In: D. Wiley (Ed.): *The Instructional Use of Learning Objects*. Association for Instructional Technology and Association for Educational Communications and Technology, 2-35.

- Wilson, B., G. Jonassen, D.H. and Cole, P. (1993) Cognitive Approaches to Instructional Design. In: G.M. Piskurich (Ed.): *The ASTD handbo of instructional technology*. NY: McGraw-Hill, 21.1-21.22.
- Witkin, H.A., Moore, C.A., Goodenough, D.R., Cox, P.W. (1977) Field-dependent and field-independent cognitive styles and their educational implications. *Review of Educational Research*, 47 (1), 1-64.
- Βεργίδης, Α., Λιοναράκης, Α., Λικουργιώτης, Β., and Μακράκης, Χ. (1998) *Ανοικτή και Εξ'Αποστάσεως Εκπαίδευση*. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.