ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2000)

2ο Συνέδριο ΕΤΠΕ «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»

Η Αρχιτεκτονική του Προσαρμοστικού Εκπαιδευτικού Συστήματος INSPIRE

Κ. Παπανικολάου, Μ. Γρηγοριάδου, Γ. Μαγουλάς, Χ. Κορνιλάκης

Βιβλιογραφική αναφορά:

Παπανικολάου Κ., Γρηγοριάδου Μ., Μαγουλάς Γ., & Κορνιλάκης Χ. (2025). Η Αρχιτεκτονική του Προσαρμοστικού Εκπαιδευτικού Συστήματος INSPIRE. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 265–274. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/8263

Η Αρχιτεκτονική του Προσαρμοστικού Εκπαιδευτικού Συστήματος INSPIRE[1]

Παπανικολάου Κ.,
Υπ. Διδάκτορας, spap@di.uoa.gr
Γρηγοριάδου Μ.,
Επίκουρη Καθηγήτρια, gregor@di.uoa.gr
Δρ. Μαγουλάς Γ.,
Επιστημονικός Συνεργάτης, magoulas@di.uoa.gr
Κορνιλάκης Χ.,
Νέος Ερευνητής, Πληροφορικός, harryk@di.uoa.gr
Τμήμα Πληροφορικής, Παν. Αθηνών

Περίληψη
Στη συγκεκριμένη εργασία παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική ενός πρωτότυπου εκπαιδευτικού προσαρμοστικού συστήματος για το Διαδίκτυο, το οποίο σχεδιάστηκε 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 υιοθετεί τη μέθοδο της προσαρμοστικής παρουσίασης μαθημάτων σύμφωνα με την οποία το περιεχόμενο κάθε μαθήματος δημιουργείται δυναμικά κατά την αλληλεπίδρασή του εκπαιδευόμενου με το σύστημα και ακολουθεί το γνωστικό υπόβαθρο, τις προτιμήσεις του αλλά και την εξέλιξή του. Συνοπτικά περιγράφονται τα διάφορα τμήματα του συστήματος και ο τρόπος που αυτά αλληλεπιδρούν.
Λέξεις κλειδιά: Εκπαίδευση από Απόσταση, Προσαρμοστικά Εκπαιδευτικά Συστήματα στο Διαδίκτυο, Προσαρμοστικότητα, Εξατομικευμένη Μάθηση

Abstract
In this paper we describe the architecture for a prototype adaptive educational system for the Internet, designed 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 adopts the adaptive lesson presentation method, according to which the content of each lesson is generated dynamically during the interaction of the learner with the system, and follows his/her knowledge background, his preferences and his progress. We briefly describe the various modules of the system and the way they interact with each other.

1. Εισαγωγή

Η μελέτη και σχεδίαση προσαρμοστικών περιβαλλόντων μάθησης συνδυάζει θεωρίες από το χώρο της Διδακτικής, της Γνωσιακής επιστήμης και της Τεχνητής Νοημοσύνης. Ο απώτερος στόχος που δικαιολογεί και επιβάλλει αυτή τη συνεργασία είναι η ανάπτυξη νοημ[2]όνων υπολογιστικών συστημάτων ικανών να παρέχουν ή να υποστηρίζουν μαθησιακές εμπειρίες αναφερόμενες σε ένα ευρύ φάσμα γνωστικών πεδίων και προσανατολισμένες στις ιδιαίτερες ανάγκες και απαιτήσεις του κάθε εκπαιδευόμενου [9].

Ο όρος προσαρμογή (*adaptation*) αναφέρεται στη δυνατότητα ενός συστήματος να αλλάζει δυναμικά κατά την αλληλεπίδρασή του με τον εκπαιδευόμενο [23]. Πιο συγκεκριμένα, σε ένα προσαρμοστικό περιβάλλον μάθησης, το περιεχόμενο του μαθήματος δεν παρουσιάζεται με βάση μια προκαθορισμένη και στατική σειρά, αλλά προκύπτει δυναμικά από την αλληλεπίδραση συστήματος και εκπαιδευόμενου, με βάση συγκεκριμένους παιδαγωγικούς και

[1] INtelligent System for Personalised Instruction in a Remote Environment

γνωστικούς στόχους καθώς και τη γνώση του συστήματος σχετικά με το γνωστικό αντικείμενο και τα χαρακτηριστικά του εκπαιδευόμενου[12].
Στη συγκεκριμένη εργασία παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική ενός πρωτότυπου προσαρμοστικού εκπαιδευτικού συστήματος για το Διαδίκτυο. Συνοπτικά περιγράφονται οι διαφορετικές μονάδες του και ο τρόπος που αλληλεπιδρούν για τη δυναμική δημιουργία μαθημάτων προσαρμοσμένων στον εκπαιδευόμενο.

2. Προσαρμοστικά Εκπαιδευτικά Συστήματα Υπερ-μέσων

Σε ένα Εκπαιδευτικό Σύστημα Υπερ-μέσων (*Educational Hypermedia Systems*) ή ΕΣΥ [4], ο εκπαιδευόμενος έχει τη δυνατότητα ελεύθερης πλοήγησης μέσα σε ένα εκτεταμένο και αποκεντρωμένο δίκτυο πληροφορίας και γνώσης. Η ανοιχτή και ελεύθερης πλοήγησης φύση ενός περιβάλλοντος υπερ-μέσων, όπως το Διαδίκτυο, μπορεί να υποστηρίξει σύγχρονα μοντέλα μάθησης, σύμφωνα με τα οποία ο εκπαιδευόμενος αναλαμβάνει τον κεντρικό ρόλο στην εκπαιδευτική διαδικασία [8][6]. 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 [7][8] και στην επίτευξη των διδακτικών στόχων ενός μαθήματος [19]. Οι προτεινόμενες μέθοδοι αντιμετώπισης αυτών των προβλημάτων[14] όπως χάρτες επισκόπησης (*overview maps*), καταγραφή ιστορικού αλληλεπίδρασης (*interaction histories*) και κατευθυνόμενες περιηγήσεις (*guided tours*), προσφέρουν παθητική βοήθεια χωρίς να λαμβάνουν υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του εκπαιδευόμενου [5]. Αντίστοιχα, η έννοια της προσαρμοστικότητας (*adaptivity*) σε ένα ΕΣΥ στοχεύει στην ανάπτυξη συνιστωσών στο σύστημα οι οποίες να υλοποιούν το ρόλο ενός προσωπικού εκπαιδευτή, ικανού να υποστηρίζει τον εκπαιδευόμενο στη διάρκεια της μελέτης του αναγνωρίζοντας τις ανάγκες του, σεβόμενος τις προτιμήσεις του και ακολουθώντας την πρόοδό του.
Ο σχεδιασμός και η υλοποίηση ενός προσαρμοστικού ΕΣΥ συνδυάζει τεχνολογίες και πρότυπα που αναπτύχθηκαν στα Νοήμονα Εκπαιδευτικά Συστήματα (*Intelligent Tutoring Systems*) [23] και στα Προσαρμοστικά Συστήματα Υπερμέσων (*Adaptive Hyper-media Systems*) [4] [2]. Η αναπαράσταση του πεδίου γνώσης αλλά και η αναπαράσταση της διδακτικής (*instructional*) γνώσης στο σύστημα, η μοντελοποίηση του εκπαιδευόμενου, η παρακολούθηση και αξιολόγησή του στη διάρκεια της αλληλεπίδρασής του με το σύστημα αποτελούν σημαντικά ερευνητικά θέματα στον παραδοσιακό χώρο των Νοημόνων Εκπαιδευτικών Συστημάτων αλλά και κομβικά θέματα προς επίλυση κατά το σχεδιασμό των δομικών μονάδων της αρχιτεκτονικής ενός προσαρμοστικού ΕΣΥ. Από το χώρο των προσαρμοστικών συστημάτων υπερ-μέσων δύο τεχνολογίες προσαρμοστικότητας έχουν εφαρμοστεί σε προσαρμοστικά ΕΣΥ [4]: η *προσαρμοστική παρουσίαση* (*adaptive presentation or content sequencing*) και η *προσαρμοστική πλοήγηση* (*adaptive navigation or link-level adaptation*). Σύμφωνα με την πρώτη μέθοδο 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 [15]. Στη δεύτερη μέθοδο, στόχος είναι η υποστήριξη των εκπαιδευομένων στην πλοήγησή τους μέσα στο πεδίο γνώσης του συστήματος, προσαρμόζοντας τους εμφανείς συνδέσμους (*visible links*) στους στόχους, στο επίπεδο και σε άλλα χαρακτηριστικά του εκπαιδευόμενου [21][22].
Στη συνέχεια της εργασίας θα παρουσιάσουμε την αρχιτεκτονική ενός εκπαιδευτικού προσαρμοστικού συστήματος το οποίο υιοθετεί τη μέθοδο της προσαρμοστικής παρουσίασης για την παροχή μαθημάτων μέσω του Διαδικτύου.

3. Αρχιτεκτονική του Προσαρμοστικού Εκπαιδευτικού Συστήματος

Βασικός στόχος του εκπαιδευτικού προσαρμοστικού συστήματος INSPIRE είναι η δυναμική δημιουργία μαθημάτων, τα οποία ανταποκρίνονται στο γνωστικό επίπεδο, τις ανάγκες και προτιμήσεις του κάθε εκπαιδευόμενου. Πεδίο εφαρμογής του συστήματος είναι η εκπαίδευση από απόσταση μέσω του Διαδικτύου. Σε αυτή τη μορφή εκπαίδευσης, το κοινό μιας τάξης είναι συνήθως ανομοιογενές, όσον αφορά στο επίπεδο γνώσης, αλλά και στο βαθμό

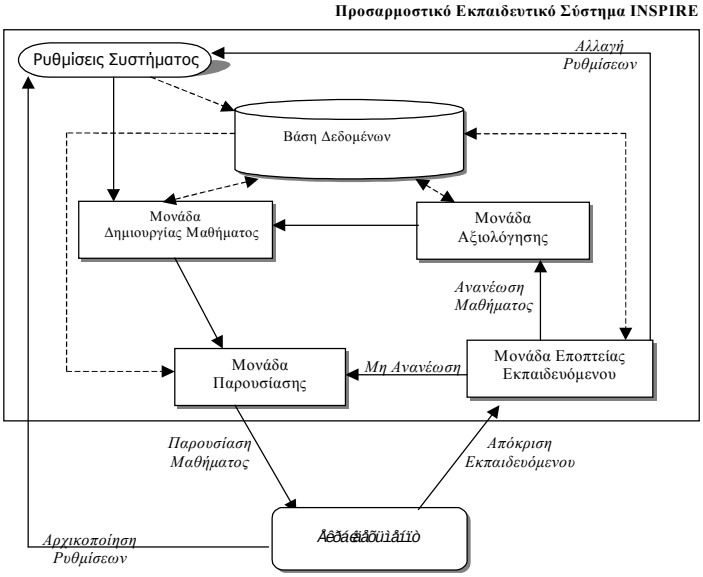
εξοικείωσής του με τις νέες τεχνολογίες. Παράλληλα, οι εκπαιδευόμενοι είναι συνήθως ενήλικες και μελετούν μόνοι τους σε χώρο και χρόνο της επιλογής τους, αναλαμβάνοντας την κύρια ευθύνη της μάθησής τους. Το προτεινόμενο σύστημα παρακολουθεί τις κινήσεις και τις αποκρίσεις του εκπαιδευόμενου σε όλη τη διάρκεια της μελέτης του, τις αξιολογεί και ανάλογα αναπροσαρμόζει το παρεχόμενο εκπαιδευτικό υλικό των μαθημάτων. Στοχεύει αρχικά να περιορίσει το πεδίο γνώσης που εμφανίζεται στον εκπαιδευόμενο (στα πρώτα του βήματα), ενώ σταδιακά το εμπλουτίζει ακολουθώντας την πρόοδό του.

Η βασική γνώση του συστήματος σχετικά με το γνωστικό αντικείμενο (πεδίο γνώσης) αλλά και τον εκπαιδευόμενο (μοντέλο εκπαιδευόμενου) αποθηκεύεται σε μια βάση δεδομένων (ΒΔ).

Η αρχιτεκτονική του συστήματος δομείται από τις παρακάτω μονάδες: Μονάδα Δημιουργίας Μαθήματος (*Lesson Generation Module*), Μονάδα Αξιολόγησης (*Evaluation Module*), Μονάδα Παρουσίασης (*Presentation Module*), Μονάδα Εποπτείας Εκπαιδευόμενου (*Learner's Monitor Module*). Ο τρόπος με τον οποίο οι μονάδες αυτές αλληλεπιδρούν εμφανίζεται στο Σχήμα 1, όπου οι διακεκομμένες γραμμές δηλώνουν την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των μονάδων και της ΒΔ, ενώ οι συνεχόμενες γραμμές δηλώνουν τη ροή του προγράμματος.

Ο σχεδιασμός του συστήματος παρέχει στον εκπαιδευόμενο τις εξής δυνατότητες παρέμβασης (*end-user modifiability*) (βλέπε Σχήμα 1 - *Ρυθμίσεις Συστήματος*):

(*i*) επιλογή γνωστικού στόχου (*ii*) ενεργοποίηση / απενεργοποίηση της αυτοματοποιημένης διαδικασίας δημιουργίας μαθημάτων, (*iii*) επιλογή περιεχομένου μαθήματος καθώς και των χαρακτηριστικών του παρεχόμενου εκπαιδευτικού υλικού (βλέπε Ενότητα 3.1.1), (*iv*) επιλογή ενέργειας που εκκινεί την ανανέωση μαθήματος (βλέπε Ενότητα 3.2 – Μονάδα Εποπτείας).



Σχήμα 1: Η αρχιτεκτονική του προσαρμοστικού εκπαιδευτικού συστήματος INSPIRE. Κατά την εκκίνηση της λειτουργίας του συστήματος ο εκπαιδευόμενος έχει τη δυνατότητα να επιλέξει γνωστικό στόχο και να αρχικοποιήσει τις *Ρυθμίσεις Συστήματος*, οι τιμές των οποίων αποθηκεύονται στη ΒΔ. Στη συνέχεια, η Μονάδα Δημιουργίας Μαθήματος επιλέγει το εκπαιδευτικό υλικό του μαθήματος με βάση τον επιλεγμένο γνωστικό στόχο, οικοδομεί το μοντέλο του εκπαιδευόμενου και το αποθηκεύει στη ΒΔ του συστήματος. Η Μονάδα Παρουσίασης με βάση τα περιεχόμενα του μαθήματος συνθέτει και παρουσιάζει την αντίστοιχη HTML σελίδα. Στη συνέχεια το σύστημα αναμένει την απόκριση του εκπαιδευόμενου. Η μονάδα Εποπτείας σε όλη τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης, ελέγχει τις κινήσεις του εκπαιδευόμενου, κάνει τους απαραίτητους υπολογισμούς και ανανεώνει το μοντέλο του με τα τρέχοντα δεδομένα. Όταν καταγράψει μία κίνηση του εκπαιδευόμενου, η οποία σύμφωνα με τις Ρυθμίσεις Συστήματος εκκινεί τη διαδικασία Ανανέωσης Μαθήματος, τότε δίνει τον έλεγχο στη Μονάδα Αξιολόγησης. Ακόμα, στην περίπτωση που ο εκπαιδευόμενος θελήσει να αλλάξει τις Ρυθμίσεις του Συστήματος τότε η μονάδα Εποπτείας μεταφέρει τη ροή της λειτουργίας στην αρχή. Η Μονάδα Αξιολόγησης, όταν της δοθεί ο έλεγχος, συνεκτιμά τις

πληροφορίες που διαθέτει για τον εκπαιδευόμενο και αναγνωρίζει το γνωστικό του επίπεδο. Ακολουθεί η δημιουργία ενός νέου μαθήματος από τη μονάδα Δημιουργίας Μαθήματος με βάση την αξιολόγηση του εκπαιδευόμενου και η λειτουργία συνεχίζει επαναληπτικά.

Η βάση δεδομένων και οι μονάδες που αποτελούν το σύστημα καθώς και ο τρόπος που αυτές αλληλεπιδρούν μεταξύ τους περιγράφονται στη συνέχεια. Στη συγκεκριμένη παρουσίαση η περιγραφή είναι γενική και δεν υπεισέρχεται στις μεθόδους που εφαρμόζουν οι διάφορες μονάδες.

3.1 Βάση Δεδομένων Προσαρμοστικού Εκπαιδευτικού Συστήματος

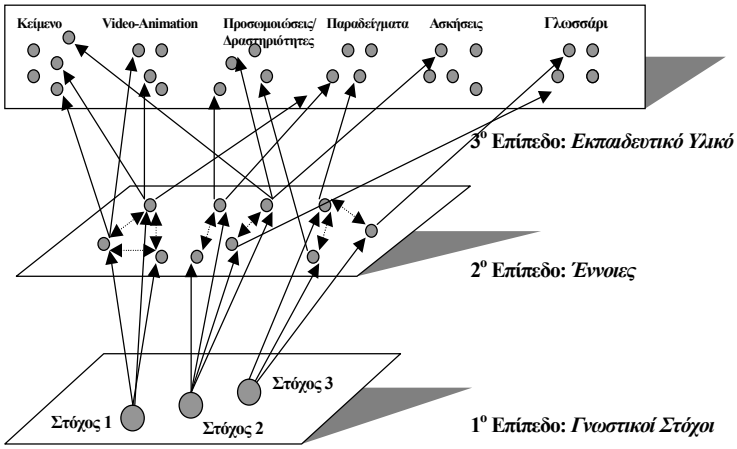
Η ΒΔ είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό τμήμα του συστήματος. Αποτελείται από δύο διακριτά μέρη, το πεδίο γνώσης (*domain knowledge*) του συστήματος και το μοντέλο εκπαιδευόμενου (*learner's model*).

3.1.1 Αναπαράσταση Πεδίου Γνώσης

Δομικό στοιχείο ενός προσαρμοστικού εκπαιδευτικού συστήματος αποτελεί η αναπαράσταση του πεδίου γνώσης. Το πεδίο γνώσης θα πρέπει να δομείται με ένα τρόπο που να υποστηρίζει τη δυνατότητα του συστήματος να επιλέγει και να επαναχρησιμοποιεί εκπαιδευτικό υλικό ανάλογα με τις απαιτήσεις και την τρέχουσα κατάσταση του εκπαιδευομένου. Η αναπαράσταση του πεδίου γνώσης καθώς και η ποιότητα του εκπαιδευτικού υλικού που αυτό περιλαμβάνει, επηρεάζουν σημαντικά την ποιότητα του εκπαιδευτικού αποτελέσματος.

Στο σύστημα INSPIRE υιοθετείται μία ιεραρχική αναπαράσταση του πεδίου γνώσης σε τρία επίπεδα, όπου κάθε επίπεδο περιλαμβάνει ένα διαφορετικό τύπο παιδαγωγικής γνώσης [10] (βλέπε Σχήμα 2). Στο πρώτο επίπεδο ορίζονται οι *γνωστικοί στόχοι* (*knowledge goal*). Κάθε γνωστικός στόχος σχετίζεται με ένα υποσύνολο των εννοιών του πεδίου γνώσης, οι οποίες είναι απαραίτητες για την κατανόησή του. Οι *έννοιες (concepts)* του πεδίου γνώσης αποτελούν το δεύτερο επίπεδο. 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*) [11]. Το *τρίτο επίπεδο* αποτελείται από μονάδες γνώσης (*knowledge modules*) οι οποίες απαρτίζουν το εκπαιδευτικό υλικό του συστήματος. Οι μονάδες γνώσης είναι διαφόρων τύπων δηλ. κείμενα, παραδείγματα, ασκήσεις, προσομοιώσεις / δραστηριότητες, μελέτες περίπτωσης και χαρακτηρίζονται από το επίπεδο δυσκολίας τους, το βαθμό αλληλεπίδρασής τους με τον εκπαιδευόμενο, κ.λπ. Πολλές μονάδες γνώσης διαφόρων τύπων και πολλαπλών επιπέδων δυσκολίας και λοιπών χαρακτηριστικών, συνδέονται με κάθε σημαντική έννοια ενός γνωστικού στόχου. Η ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού αυτής της μορφής υποστηρίζει τη δυνατότητα του συστήματος να εφαρμόζει διαφορετικές εκπαιδευτικές στρατηγικές λαμβάνοντας υπόψη το γνωστικό επίπεδο και τις προτιμήσεις του εκπαιδευομένου. Ταυτόχρονα αποτελεί μια ιδιαίτερα απαιτητική διαδικασία την οποία ενδείκνυται να αναλαμβάνουν εκπαιδευτές με εμπειρία στο γνωστικό αντικείμενο και τη διδασκαλία του.

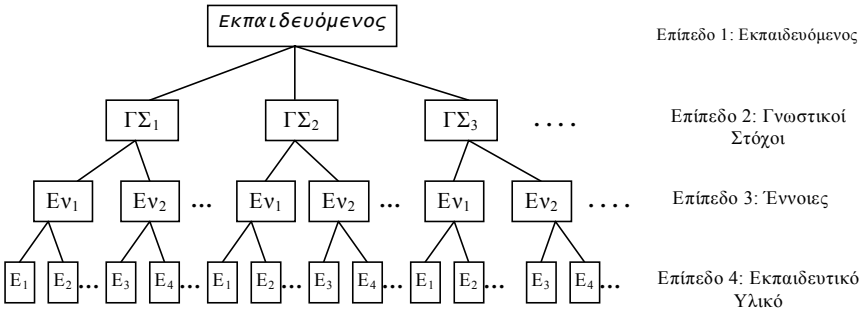
Η αποθήκευση και ανάκτηση των μονάδων γνώσης γίνεται με βάση τα ιδιαίτερα σημασιολογικά (*semantics*), παιδαγωγικά (*pedagogical*), τεχνικά (*technical*) και άλλα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους. Η περιγραφή τους στο σύστημα ακολουθεί το πρότυπο περιγραφής για εκπαιδευτικά μετα-δεδομένα (*educational metadata*) ARIADNE [1], το οποίο είναι αρκετά απλό στη δομή και τη λογική του και καλύπτει τις ανάγκες και τους στόχους του έργου. Παράμετροι των εκπαιδευτικών μετα-δεδομένων των μονάδων γνώσης που σχετίζονται με την προσαρμοστικότητα του συστήματος είναι: (*i*) ο *τύπος τους*: {Κείμενο, Παράδειγμα, Ασκήσεις, Προσομοίωση / Δραστηριότητες, κ.λπ.}, (ii) ο *βαθμός αλληλεπίδρασής τους*: {Χαμηλή, Μεσαία, Υψηλή} και αναφέρεται στο βαθμό συμμετοχής του εκπαιδευόμενου στη μελέτη της μονάδας, (*ii*) ο *βαθμός δυσκολίας τους*: {01, 02, 03}, (*iii*) οι έννοιες που η μονάδα γνώσης παρουσιάζει, εξετάζει, κ.λπ. και (*iv*) ο γνωστικός στόχος στον οποίο η μονάδα γνώσης ανήκει.



Σχήμα 2. Δομή του πεδίου γνώσης του εκπαιδευτικού προσαρμοστικού συστήματος INSPIRE
Στη βάση δεδομένων του συστήματος φυλάσσεται ένας πίνακας για κάθε ένα από τα διαφορετικά επίπεδα του πεδίου γνώσης, δηλαδή τους γνωστικούς στόχους, τις έννοιες, και τις μονάδες γνώσης, καθώς και πίνακες που διατηρούν τις σχέσεις μεταξύ τους. Ο πίνακας του εκπαιδευτικού υλικού περιλαμβάνει τα εκπαιδευτικά μετα-δεδομένα για την κάθε γνωστική μονάδα καθώς και το όνομα του αντίστοιχου HTML αρχείου στο δίσκο του συστήματος.

3.1.2 Μοντέλο Εκπαιδευόμενου

Το μοντέλο εκπαιδευόμενου παρέχει μια ολοκληρωμένη περιγραφή της κατάστασης του εκπαιδευόμενου, δηλ. της συμπεριφοράς του κατά την αλληλεπίδρασή του με το σύστημα, των προτιμήσεών του καθώς και του γνωστικού του επιπέδου. Αποθηκεύει την τρέχουσα κατάσταση του εκπαιδευόμενου, αντιμετωπίζοντας έτσι την αδυναμία διατήρησης κατάστασης του HTTP πρωτοκόλλου[2], που αποτελεί βασικό πρόβλημα ανάπτυξης εφαρμογών στο Διαδίκτυο.
Η συγκεκριμένη δομή δεδομένων είναι ένα δέντρο τεσσάρων επιπέδων, κάθε ένα από τα οποία περιλαμβάνει συγκεκριμένες πληροφορίες για την κατάσταση του εκπαιδευόμενου σε σχέση με τα διαφορετικά επίπεδα του πεδίου γνώσης (βλέπε Σχήμα 3).



Σχήμα 3: Μοντέλο εκπαιδευόμενου

Η δομή του δέντρου αντανακλά τη δομή του πεδίου γνώσης του συστήματος, όπως παρουσιάστηκε στην Ενότητα 3.1.1 και χρησιμοποιείται για την επικοινωνία των διαφορετικών μονάδων του συστήματος.

Επίπεδο Μοντέλου	Περιεχόμενα κόμβου
Επίπεδο 1: Εκπαιδευόμενος	- Όνομα, Ηλικία, Φύλο, Εθνικότητα - Ποσοστό χρόνου που αφιερώνει σε κάθε τύπο εκπαιδευτικού υλικού

	- Αριθμός γνωστικών μονάδων τις οποίες έχει προσπελάσει από κάθε τύπο - Χρόνος τελευταίας αξιολόγησης - Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης στο σύστημα
Επίπεδο 2: Γνωστικοί Στόχοι	- Δείκτης του στόχου στον αντίστοιχο πίνακα της ΒΔ του συστήματος - Το ποσοστό των σημαντικών εννοιών που έχει μάθει[1] - Δίτιμη μεταβλητή που δηλώνει εάν ο γνωστικός στόχος είναι ενεργός - Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης στο γνωστικό στόχο
Επίπεδο 3: Έννοιες	- Δείκτης της έννοιας στον αντίστοιχο πίνακα της ΒΔ του συστήματος. - Αριθμός ασκήσεων που ο εκπαιδευόμενος προσπάθησε να επιλύσει - Ποσοστό των ερωτήσεων που απαντήθηκαν με επιτυχία - Μέσος αριθμός προσπαθειών πριν δοθεί η σωστή απάντηση - Συνολικός αριθμός παρανοήσεων του εκπαιδευόμενου - Συνολικός χρόνος που αφιέρωσε σε κάθε τύπο εκπαιδευτικού υλικού - Συχνότητα αλλαγής σελίδας κατά την πλοήγησή του στο σύστημα - Συνολικός αριθμός εξωτερικών συνδέσμων που ακολούθησε - Συνολικός χρόνος πλοήγησης σε εξωτερικούς συνδέσμους - Εκτίμηση της γνώσης του εκπαιδευόμενου για την έννοια[2]
Επίπεδο 4: Εκπαιδευτικό Υλικό	- Δείκτης της μονάδας γνώσης στον αντίστοιχο πίνακα της ΒΔ - Συνολικός χρόνος που αφιέρωσε στη μελέτη της μονάδας γνώσης

Πίνακας 1: Τα περιεχόμενα των κόμβων του μοντέλου εκπαιδευόμενου

Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει συνοπτικά τα περιεχόμενα του κάθε κόμβου του δέντρου. Η ρίζα του δέντρου περιλαμβάνει γενικές πληροφορίες για τον εκπαιδευόμενο. Πιο συγκεκριμένα, διατηρεί: (*i*) τα προσωπικά του δεδομένα, τα οποία παρέχει ο ίδιος, (*ii*) πληροφορίες σχετικά με τις προτιμήσεις του εκπαιδευόμενου σε εκπαιδευτικό υλικό συγκεκριμένου τύπου (βλέπε Ενότητα 3.1.1), (*iii*) το χρόνο της τελευταίας αξιολόγησης του εκπαιδευόμενου από το σύστημα (βλέπε *Μονάδα Αξιολόγησης*), και (*iv*) την ημερομηνία της τελευταίας πρόσβασής του στο σύστημα ώστε, στην περίπτωση που ο χρόνος που πέρασε από την προηγούμενη «επίσκεψή» του έχει ξεπεράσει ένα όριο, το σύστημα να έχει τη δυνατότητα να το διαπιστώσει και να του επιτρέψει να επιλέξει ο ίδιος το επίπεδό του σε κάθε έννοια του γνωστικού στόχου.

Το δεύτερο επίπεδο του δέντρου διατηρεί πληροφορίες σχετικά με τους γνωστικούς στόχους που ο εκπαιδευόμενος μελετά ή έχει στο παρελθόν μελετήσει (αντιστοιχεί ένας κόμβος σε κάθε γνωστικό στόχο). Το τρίτο επίπεδο του δέντρου περιλαμβάνει τις έννοιες που ο εκπαιδευόμενος μελετά ή έχει μελετήσει στο παρελθόν. Κάθε έννοια είναι «παιδί» του στόχου στον οποίο ανήκει. Το τελευταίο επίπεδο του δέντρου περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με τις γνωστικές μονάδες του εκπαιδευτικού υλικού που ο εκπαιδευόμενος έχει μελετήσει ή μελετά και όχι για όλες τις γνωστικές μονάδες που συνδέονται με την κάθε έννοια. Κάθε μονάδα γνώσης είναι «παιδί» της έννοιας στην οποία ανήκει.

3.2 Μονάδες Προσαρμοστικού Εκπαιδευτικού Συστήματος

Η υλοποίηση των μονάδων του συστήματος είναι ανεξάρτητη της συγκεκριμένης αρχιτεκτονικής και επιτυγχάνεται με μεθόδους τεχνητής νοημοσύνης. Στη συνέχεια θα περιγράψουμε το ρόλο της κάθε μονάδας στη λειτουργία του συστήματος.

Μονάδα Δημιουργίας Μαθήματος. Επιλέγει τη δομή και το περιεχόμενο των μαθημάτων λαμβάνοντας υπόψη το γνωστικό επίπεδο του εκπαιδευόμενου, όπως προκύπτει από τη Μονάδας Αξιολόγησης, καθώς και τους γνωστικούς στόχους και τις προτιμήσεις του. Οι

[1] Ένας γνωστικός στόχος επιτυγχάνεται όταν ο εκπαιδευόμενος μάθει το 100% των σημαντικών εννοιών του.

[2] Η μονάδα αξιολόγησης εκπαιδευόμενου εκτιμά όλα αυτά τα στοιχεία και αποφαίνεται σχετικά με τη γνώσης του εκπαιδευόμενου στη συγκεκριμένη έννοια σαν {EI, I, RI, RS, AS, S}={ΕξαιρετικάΑνεπαρκής, Ανεπαρκής, Μάλλον Ανεπαρκής, Μάλλον Επαρκής, Σχεδόν Επαρκής, Επαρκής}[16].

πληροφορίες αυτές βρίσκονται στο μοντέλο του εκπαιδευόμενου στη ΒΔ του συστήματος. Αντίστοιχα, οι πληροφορίες σχετικά με το περιεχόμενο του κάθε παραγόμενου μαθήματος και τις γνωστικές μονάδες που το αποτελούν, προστίθενται στο μοντέλο του εκπαιδευόμενου στη ΒΔ.

Ο γενικός εκπαιδευτικός σχεδιασμός του συστήματος επιτρέπει στους εκπαιδευόμενους να επιλέγουν το γνωστικό στόχο που επιθυμούν να μελετήσουν μέσα από ένα σύνολο προκαθορισμένων στόχων. Η δυνατότητα επιλογής γνωστικού στόχου αποτελεί κίνητρο μελέτης ιδιαίτερα στους ενήλικες. Μετά την επιλογή γνωστικού στόχου, το σύστημα ακολουθεί ένα εκπαιδευτικό προγραμματισμό (*instructional planning*) που εγγυάται τη συνέπεια, συνοχή και συνέχεια της εκπαιδευτικής διαδικασίας και στοχεύει στην επίτευξη του γνωστικού στόχου που έχει επιλέξει ο εκπαιδευόμενος. Ο εκπαιδευτικός προγραμματισμός των μαθημάτων αποτελεί τη διαδικασία επιλογής της θεματολογίας των μαθημάτων (*planning the content*) και του κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού (*planning the delivery*)[22].

Επιλογή θεματολογίας μαθήματος. Αφορά την επιλογή των εννοιών του γνωστικού στόχου που θα παρουσιαστούν στον εκπαιδευόμενο. Η διαδικασία αυτή καθορίζεται κύρια από το γνωστικό επίπεδο του εκπαιδευόμενου στις διαφορετικές έννοιες του στόχου αλλά και τη σπουδαιότητά τους (σημαντικές, προαπαιτούμενες, σχετικές) στην επίτευξή του. Η σειρά παρουσίασης των ενοιών του μαθήματος ακολουθεί το μοντέλο του «φακού εστίασης», διατηρώντας τη δομή του κεφαλαίου, ενότητας, γνωστικών στόχων. Για κάθε στόχο που επιλέγει ο εκπαιδευόμενος παρουσιάζονται πρώτα οι γενικές έννοιες και στη συνέχεια καθώς το γνωστικό του επίπεδο βελτιώνεται, εμβαθύνουμε σε ειδικές έννοιες περνώντας από το απλό στο σύνθετο [18]. Ένα μάθημα που δημιουργείται με βάση το γνωστικό στόχο που έχει επιλέξει ο εκπαιδευόμενος περιλαμβάνει: *(i)* παρουσίαση των σημαντικών εννοιών που ανταποκρίνεται στο γνωστικό του επίπεδο, *(ii)* συνδέσμους προς συνοπτικές περιγραφές των προαπαιτούμενων εννοιών *(iii)* συνδέσμους προς την περιγραφή των σχετικών εννοιών σε ένα γλωσσάρι. Το εκπαιδευτικό υλικό που παρέχεται σε κάθε μάθημα εμπλουτίζεται από: Συνοπτικές περιγραφές των περιεχομένων, Λέξεις κλειδιά, Ανακεφαλαιώσεις, Βιβλιογραφία – πηγές, Ασκήσεις αυτοαξιολόγησης.

Επιλογή εκπαιδευτικού υλικού μαθήματος. Σε αυτό το στάδιο γίνεται η επιλογή εκπαιδευτικού υλικού για την παρουσίαση των εννοιών του μαθήματος. Η διαδικασία αυτή συνεκτιμά το γνωστικό επίπεδο του εκπαιδευόμενου στις διαφορετικές έννοιες καθώς και το προσωπικό του στυλ μάθησης και επιλέγει την κατάλληλη εκπαιδευτική στρατηγική. Η χρήση πολλαπλών εκπαιδευτικών στρατηγικών αυξάνει τις πιθανότητες να ανταποκριθεί το σύστημα αποτελεσματικά στις ανάγκες και απαιτήσεις του ανομοιογενούς κοινού στο οποίο απευθύνεται. 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. Το εκπαιδευτικό υλικό που παρέχεται σε κάθε μάθημα περιλαμβάνει μονάδες γνώσης που στοχεύουν στις παραπάνω ικανότητες και ακολουθούν το επίπεδο γνώσης (*βαθμός δυσκολίας*) και τις προτιμήσεις του εκπαιδευόμενου (*τύπος εκπαιδευτικού υλικού, βαθμός αλληλεπίδρασης*). Ένα δείγμα του διαθέσιμου εκπαιδευτικού υλικού εμφανίζεται στον Πίνακα 2. Ο σχεδιασμός αυτός βασίζεται στο μοντέλο της Component Display Theory του D.Merill [274]. Οι παρουσιάσεις που παρέχονται και στα τρία στάδια είναι δύο ειδών «Επίδειξης» και «Διερευνητικές». Οι πρώτες απαιτούν παθητική ανάγνωση (*Βαθμός Αλληλεπίδρασης*=Χαμηλή) από τον εκπαιδευόμενο, ενώ στις δεύτερες η παρουσίαση περιέχει ρητορικές ερωτήσεις, οι απαντήσεις των οποίων εμφανίζονται μετά από αίτηση του εκπαιδευόμενου μέσα από «κρυμμένες» περιοχές του κειμένου (*Βαθμός Αλληλεπίδρασης*=Μεσαία). Ακόμα, η αξιολόγηση περιλαμβάνει *ασκήσεις αυτοαξιολόγησης* με λυμένα θέματα (η συμμετοχή του εκπαιδευόμενου στην αξιολόγηση του μαθησιακού αποτελέσματος θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική) καθώς και *τεστ αξιολόγησης* τα οποία ο εκπαιδευόμενος καταθέτει για σχολιασμό και διόρθωση.

Επίδοση (Performance)	Εκπαιδευτική Στρατηγική	Εκπαιδευτικό Υλικό (Educational Material)
I. ΑΠΟΜΝΗΜΟΝΕΥΣΗ (REMEMBER)	Επίδειξη – Παρουσίαση Θεωρίας	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΟ
	Επίδειξη – Παρουσίαση Περιπτώσεων	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ
	Διερευνητική προσέγγιση Θεωρίας	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΟ
	Διερευνητική προσέγγιση παραδειγμάτων	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ
	Αξιολόγηση	ΤΕΣΤ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ
II. ΕΦΑΡΜΟΓΗ (USE)	Επίδειξη – Παρουσίαση Θεωρίας	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΟ
	Επίδειξη – Παρουσίαση Περιπτώσεων	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ
	Γνωστική μαθητεία – Εξάσκηση με παραδείγματα / δραστηριότητες	ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΑΥΤΟΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ
	Αντιμετώπιση προβλημάτων μέσω δραστηριοτήτων	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ
	Αξιολόγηση	ΤΕΣΤ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ
III. ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ (FIND)	Νέα Διερευνητική Παρουσίαση Θεωρίας	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΟ
	Γνωστική μαθητεία – Εξάσκηση με νέα παραδείγματα / δραστηριότητες	ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΑΥΤΟΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ
	Αντιμετώπιση προβλημάτων μέσω δραστηριοτήτων	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ
	Αξιολόγηση	ΤΕΣΤ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Πίνακας 2. Τα τρία στάδια προόδου, οι εκπαιδευτικές στρατηγικές που υιοθετούνται και το εκπαιδευτικό υλικό που τις υποστηρίζει

Οι εκπαιδευτικές στρατηγικές που υιοθετούνται σε κάθε επίπεδο είναι[8][17]: η *παρουσίαση (demonstration)* (μέσω επίδειξης ή διερεύνησης), και χρησιμοποιείται για την παρουσίαση θεωρίας και παραδειγμάτων, η *γνωστική μαθητεία* και η *αντιμετώπιση προβλημάτων* που χρησιμοποιούνται για την εξάσκηση αλλά και την αξιολόγηση του εκπαιδευόμενου. Οι εκπαιδευτικές αυτές στρατηγικές εναλλάσσονται στα τρία στάδια προόδου ανάλογα με τις προτιμήσεις του εκπαιδευόμενου, το γνωστικό του επίπεδο αλλά και τη φύση του γνωστικού αντικειμένου (βλέπε Πίνακα 2).

Μονάδα Αξιολόγησης Εκπαιδευομένου. Επεξεργάζεται συγκεκριμένα δεδομένα για τον εκπαιδευόμενο, τα οποία καταγράφονται από τη μονάδα Εποπτείας κατά τη διάρκεια της μελέτης του και επομένως αλληλεπίδρασής του με το σύστημα όπως, τον τύπο του εκπαιδευτικού υλικού που μελετά, το χρόνο που αφιερώνει σε κάθε μονάδα γνώσης, τον αριθμό των ερωτήσεων που απαντά σωστά κλ.π. Συνεκτιμώντας τα παραπάνω στοιχεία που συνοδεύουν κάθε κόμβο έννοιας στο μοντέλο εκπαιδευόμενου, παράγει ένα ποιοτικό χαρακτηρισμό σχετικά με το επίπεδο της γνώσης του εκπαιδευόμενου στις διάφορες έννοιες του γνωστικού στόχου [16][20]. Στη συνέχεια ενημερώνει τον κόμβο της έννοιας στο μοντέλο εκπαιδευόμενου στη ΒΔ με το νέο χαρακτηρισμό επίδοσης.

Μονάδα Παρουσίασης. Αναλαμβάνει την παρουσίαση του μαθήματος στον εκπαιδευόμενο, η δομή του οποίου προκύπτει από τη Μονάδα Δημιουργίας Μαθήματος. Τα περιεχόμενα του μαθήματος, τις έννοιες και το εκπαιδευτικό υλικό, τα αναζητά στο μοντέλο εκπαιδευόμενου. Στη συνέχεια διαβάζει από τη ΒΔ του συστήματος τα εκπαιδευτικά μετα-δεδομένα της κάθε γνωστικής μονάδας παίρνοντας πληροφορίες για τον τύπο του υλικού που πρόκειται να εμφανίσει αλλά και τη φυσική του θέση στο δίσκο. Με τις πληροφορίες αυτές δημιουργεί την αρχική HTML σελίδα του μαθήματος, η οποία αποστέλλεται στο φυλλομετρητή (*browser*) του εκπαιδευόμενου. Τα περιεχόμενα του μαθήματος, δηλ. το εκπαιδευτικό υλικό που διατίθεται στον εκπαιδευόμενο για το συγκεκριμένο μάθημα, παρουσιάζονται με τη μορφή υπερ-συνδέσμων. Η παρουσίαση των περιεχομένων του μαθήματος υποδηλώνει με γραφικό τρόπο πληροφορίες σχετικά με το είδος του παρεχόμενου εκπαιδευτικού υλικού, όπως τύπος υλικού, βαθμός δυσκολίας, βαθμός αλληλεπίδρασης, κ.λπ..

Μονάδα Εποπτείας Εκπαιδευόμενου. Ο ρόλος της μονάδας είναι η καταγραφή των δεδομένων / αιτήσεων του εκπαιδευόμενου, τα οποία αποτελούν μέρος της HTTP αίτησης που προκύπτει από κάθε κίνησή του. Η μονάδα Εποπτείας αναλαμβάνει την περαιτέρω επεξεργασία τους, υπολογίζοντας αθροίσματα, μέσους όρους, και ποσοστά, καθώς και την ενημέρωση των σχετικών κόμβων του μοντέλου εκπαιδευόμενου. Για παράδειγμα, ας

υποθέσουμε ότι ο εκπαιδευόμενος μελέτησε για κάποιο χρόνο μια σελίδα υπερκειμένου και ο φυλλομετρητής μεταφέρει στη μονάδα Εποπτείας τη συγκεκριμένη πληροφορία. Η μονάδα Εποπτείας αναλαμβάνει να ενημερώσει τα σχετικά πεδία του μοντέλου εκπαιδευόμενου, όπως, το χρόνο μελέτης υλικού τύπου υπερκειμένου της συγκεκριμένης έννοιας, το ποσοστό του συνολικού χρόνου μελέτης που αφιέρωσε σε αυτές, τη συχνότητα αλλαγής σελίδας κατά την πλοήγησή του στο σύστημα, κ.λπ. Ακόμα, η μονάδα Εποπτείας εκκινεί την ανανέωση μαθήματος στις εξής περιπτώσεις: (*i*) μετά από αίτηση του εκπαιδευόμενου, (*ii*) όταν ο εκπαιδευόμενος επιλέξει ένα νέο γνωστικό στόχο, (*iii*) μετά από ένα τεστ αυτο-αξιολόγησης, ή (*iv*) μετά από ένα μεγάλο χρονικό διάστημα από την τελευταία αξιολόγηση. Τέλος, μεταφέρει τη ροή της λειτουργίας στην αρχή, όταν ο εκπαιδευόμενος ζητήσει αλλαγή των *Ρυθμίσεων Συστήματος*.

4. Συμπεράσματα και Μελλοντική Έρευνα

Στην εκπαίδευση από απόσταση μέσω Διαδικτύου, ένα εκπαιδευτικό σύστημα θα πρέπει να είναι σε θέση να ανταποκριθεί με τον κατάλληλο τρόπο σε διαφορετικές καταστάσεις και απαιτήσεις εφόσον το κοινό που παρακολουθεί αποτελείται συνήθως από ενήλικες, με διαφορετικό γνωστικό υπόβαθρο, επίπεδο, στόχους και προτιμήσεις. Στην εργασία αυτή παρουσιάστηκε η αρχιτεκτονική ενός προσαρμοστικού εκπαιδευτικού συστήματος για το Διαδίκτυο που υιοθετεί τη μέθοδο της προσαρμοστικής παρουσίασης. Το σύστημα εποπτεύει τον εκπαιδευόμενο σε όλη τη διάρκεια της μελέτης του και προσαρμόζει σε αυτόν το εκπαιδευτικό υλικό των παρεχόμενων μαθημάτων. Το εκπαιδευτικό υλικό σε ένα τέτοιο σύστημα θα πρέπει επομένως να περιλαμβάνει διαφορετικούς τύπους πληροφορίας και επίπεδα παρουσίασης. 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. Η συμμετοχή του εκπαιδευόμενου στην εκπαιδευτική διαδικασία είναι ένα κρίσιμο σημείο στο σχεδιασμό του συστήματος και επηρεάζει την επιτυχία της όλης αλληλεπίδρασης.

Σε αυτή τη φάση του έργου βρίσκεται σε εξέλιξη ο σχεδιασμός των διαφορετικών μονάδων της αρχιτεκτονικής του συστήματος με μεθόδους κύρια από το χώρο της Υπολογιστικής Νοημοσύνης. Η αποτελεσματικότητα των μεθόδων εξετάζεται σε περιβάλλοντα προσομοίωσης με ενθαρρυντικά μέχρι τώρα αποτελέσματα. Ακόμα, η συγκριτική μελέτη εναλλακτικών συμβολικών και υπο-συμβολικών μεθόδων αποτελεί μελλοντικό ερευνητικό στόχο του έργου καθώς και η υλοποίηση της βέλτιστης προσέγγισης σε μια εφαρμογή.

5. Αναφορές

1. ARIADNE project. Available at http://ariadne.unil.ch
2. Berners Lee, T., Fielding, R., and Frystyk, H. Hypertext Transfer Protocol - HTTP/1.0. Network Working Group, RFC 1945, 1996
3. 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
4. Brusilovsky, P. Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia. *User Modeling and User-Adapted Interaction* 6: 87-129. Kluwer Academic Publishers. Netherlands, 1996
5. Conklin, J. Hypertext: an introduction and survey. *IEEE Computer*, 20, 9, 17-41, 1987
6. Grigoriadou, M., Papanikolaou, K. Learning Environments on the Web: The Pedagogical Role of the Educational Material. *Themes in Education*, 2. Leader Books. Greece, 2000
7. Hammond, N. and Allison, L. Extending hypertext for learning: An investigation of access and guidance tools. In A. Sutcliffe amd L.Macaulay (eds.) *People and Computers V*. Cambridge University Press, 293-304, 1989
8. Jonassen, D. Evaluating constructivistic learning. *Educational Technology*, 9, 1991

9. Jones, M., Greer, J., Mandinach, E., du Boulay, B., and Goodyear, P. Synthesizing instructional and computational science. In M.Jones, and P.Winne (Eds.) *Adaptive learning environments: Foundations and frontiers.* Springer-Verlag, Berlin, 1992
10. Lesgold, A.M., Bona, J.G., Ivill, J.M., Bowen, A. Toward a theory of curriculum for use in designing intelligent instructional systems. In H. Mandl, A.M.Lesgold (Eds.): Learning Issues for Intelligent Tutoring Systems. Springer-Verlag, New York, 1987
11. Magoulas G. D., Papanikolaou K. and Grigoriadou M. Towards a computationally intelligent lesson adaptation for a distance learning course, In Proc. of the Int. Conf. on Tools with Artificial Intelligence, Chicago, 1999
12. Mc Calla, G. The Search for Adaptability, Flexibility and Individualization: Approaches to Curriculum in ITS, *Nato ASI SeriesF* Vol. 85, 1992
13. Merril, M.D. Component Display Theory. In C.M.Reigeluth (Ed.), *Instructional design theories and models: An overview of their current status*. Hillsdale, NJ: Lawrence Elrbaum Ass., 1983
14. Nielsen, J. *Hypertext and Hypermedia.* Academic Press, 1990
15. Papanikolaou K.A., Magoulas G.D., and Grigoriadou M. A Connectionist Approach for Adaptive Lesson Presentation in a Distance Learning Course. In Proc. of Int. Joint Conf. on Neural Networks, Washington, 1999
16. Papanikolaou, K. A., Magoulas, G. D., Grigoriadou, M. Computational intelligence in adaptive educational hypermedia. In Proc. of Int. Joint Conf. on Neural Nets, Italy, 2000
17. Pedagogy for Web-based Education. Available at http://webclass.cqu.EDU.AU/Resources/Pedagogy/
18. Reigeluth, C.M., and Stein, F.S. The elaboration theory of instruction. In C.M.Reigeluth (Ed.), *Instructional design theories and models: An overview of their current status*. Hillsdale, NJ: Lawrence Elrbaum Associates, 1983
19. Romiszowski, A.J. 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, Springer Verlag, Berlin, 1990
20. Stathacopoulou, R., Magoulas, G.D., and Grigoriadou., M. Neural network-based fuzzy modeling of the student in intelligent tutoring systems. In Proc. of Int. Joint Conf. on Neural Networks, Washington, 1999
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. Weber, G., and Specht, M. User modelling and adaptive navigation support in WWW-based tutoring systems. In A.Jameson, C. Paris, and C. Tasso (Eds). *User Modeling*, pp.289-300, Springer-Verlag, Wien, 1997
24. Wenger, E. AI and Tutoring Systems. Computational and Cognitive Approaches to the Communication Knowledge. M. Kaufmann Publishers, Inc., California , 1987