



**Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου  
Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας  
Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Υπολογιστών**

**Μεταπτυχιακή Εργασία**

**Προσαρμοστικότητα  
στην Ηλεκτρονική Εκπαίδευση**

**Όνοματεπώνυμο Φοιτητή: Παπαδόπουλος Δημήτρης**

**ΑΜ: 2009022**

**Επιβλέπων Καθηγητής: Βασιλάκης Κωνσταντίνος**

**Τρίπολη, Μάιος 2012**



Copyright © Παπαδόπουλος Δημήτρης, 2012  
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της μεταπτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας  
Υπολογιστών της Σχολής Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας του Πανεπιστημίου  
Πελοποννήσου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα  
εκ μέρους του Τμήματος.

*.....στις κόρες μου, σε αυτήν που με στερήθηκε και σε αυτήν που πρόσφατα ήρθε στη ζωή*

# Ευχαριστίες

*Οφείλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Βασιλάκη Κωνσταντίνο για την πολύτιμη και απολύτως απαραίτητη καθοδήγησή του, καθώς και για την ευκαιρία που μου έδωσε ώστε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον, διαχρονικό και συνάμα σύγχρονο θέμα. Τέλος, ευχαριστώ την σύζυγό μου Βασιλική, για την συμπαράστασή της στη διάρκεια αυτής της προσπάθειάς μου.*

*Δημήτρης Β. Παπαδόπουλος*

## Περίληψη

Η εξέλιξη των -ήδη αρκετά διαδεδομένων- συστημάτων ηλεκτρονικής εκπαίδευσης (ή συστημάτων διαχείρισης εκπαίδευσης – learning management systems – LMS) είναι η ενσωμάτωση της δυνατότητας για ευέλικτη προσαρμογή της παρεχόμενης εκπαίδευσης στα χαρακτηριστικά του κάθε εκπαιδευομένου, ακόμα και σε αυτά που μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης. Η παροχή εξατομικευμένης, αλληλεπιδραστικής και μαθητοκεντρικής εκπαίδευσης είναι το δύσκολο πραγματοποιήσιμο ζητούμενο, ακόμα και στην κλασσική μορφή εκπαίδευσης. Η ανάπτυξη προσαρμοστικών συστημάτων ηλεκτρονικής εκπαίδευσης (ΠΣΗΕ) μεταφέρει το βάρος της παροχής εξατομικευμένης εκπαίδευσης στα υπολογιστικά συστήματα. Τα ΠΣΗΕ αναγνωρίζουν και παρακολουθούν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κάθε εκπαιδευόμενου και ανάλογα προσαρμόζουν τη συμπεριφορά τους. Στην παρούσα εργασία γίνεται μία επισκόπηση των σημαντικών θεμάτων τα οποία αφορούν τη λειτουργικότητα και τον σχεδιασμό των ΠΣΗΕ, όπως, η σκοπιμότητά τους, τα χαρακτηριστικά του χρήστη στα οποία το σύστημα προσαρμόζει τη συμπεριφορά του, τα χαρακτηριστικά του συστήματος τα οποία διαφοροποιούνται ανάλογα με τον χρήστη καθώς και οι συγκεκριμένες τεχνολογίες και μέθοδοι οι οποίες υλοποιούν την προσαρμοστικότητα του συστήματος. Στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας παρατίθενται μερικά στοιχεία της εξέλιξης της προσαρμοστικής εκπαίδευσης, όπως αυτά σταχυολογήθηκαν από διάφορες σχετικές με το αντικείμενο ερευνητικές εργασίες. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται η εμπλοκή του μαθησιακού στυλ του εκπαιδευομένου στην προσαρμοστική εκπαίδευση, ενώ στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται εκτενής αναφορά στη μοντελοποίηση του εκπαιδευομένου, δηλαδή στα είδη μοντέλων που χρησιμοποιούνται στα προσαρμοστικά συστήματα ηλεκτρονικής εκπαίδευσης καθώς και στη διαδικασία συγκέντρωσης πληροφοριών και κατασκευής – ενημέρωσης – σύνθεσης του μοντέλου εκπαιδευομένου. Στο τέταρτο κεφάλαιο τέλος, παρουσιάζονται μέθοδοι και τεχνικές που εφαρμόζονται ή ενδέχεται να εφαρμοστούν, αυτόνομα ή σε συνδυασμό μεταξύ τους με σκοπό την δημιουργία ΠΣΗΕ που θα διακρίνονται από αποδοτικότητα, ευφυΐα, ευελιξία, διαλειτουργικότητα, και χαμηλό κόστος ανάπτυξης και λειτουργίας.

## **Abstract**

The next step in the evolution of –the already quite widespread- web-based educational systems (WBES) (or learning management systems –LMS) is the incorporation of the potential for flexible adaptation of the provided education to the individual characteristics of each learner, with special attention being paid to those characteristics which change during the process of education. Providing personalized, interactive and learner-based education is a hard to achieve goal, even in the classical form of education. The development of adaptive web-based educational systems (AWBES) shifts the burden of personalized education to information systems. The web-based educational systems recognize and monitor the individual characteristics of each learner and adjust their behaviour accordingly. In the present master thesis, an overview of important related to the functionality and the design of AWBES is presented. Such issues include the feasibility of AWBES, the characteristics of the user according to which the system adapts its behaviour, the characteristics of the system that vary according to the user, as well as certain technologies and methods that implement the adaptability of the system. In the first chapter of the present master thesis, an overview of the evolution of adaptive education is given. The second chapter focuses on the role of the learning style of the learner in adaptive education, while the third chapter elaborates on the issue of the modeling of the learner, i.e. the types of models used in AWBES, the information gathering process and the population of the profiles, i.e. the construction-updating-composition of the learner model. Finally, the fourth chapter presents methods and techniques that are or may be applied independently or in combination, in order to create efficient, intelligent, flexible and interoperable AWBESs, having also low development and operation cost.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Ευχαριστίες .....	5
Περίληψη .....	6
Abstract .....	7
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ .....	8
Κεφάλαιο 1. Σχετικά με την προσαρμοστική εκπαίδευση .....	11
1.1 Εισαγωγή .....	11
1.2 Ιστορική αναδρομή .....	12
1.2.1 Προσαρμοστική Εκπαίδευση (Adaptive Learning).....	12
1.2.2 Μαθησιακό στυλ (Learning style) .....	14
1.3 Προσαρμοστικά συστήματα εκπαίδευσης.....	16
Κεφάλαιο 2. Διαφορετικά στυλ μάθησης.....	17
2.1 Εισαγωγή .....	17
2.2 Προσαρμοστικότητα σε Συστήματα Διαχείρισης Εκπαίδευσης και Μαθησιακά Στυλ .....	17
2.2.1 Μαθησιακά στυλ .....	17
2.2.2 Κύρια μοντέλα Μαθησιακών Στυλ .....	18
2.2.3 Η εφαρμογή των Μαθησιακών Στυλ στην Εκπαίδευση.....	25
2.2.4 Εκπαιδευτικά Προσαρμοστικά Συστήματα Υπερμέσων .....	25
2.2.5 Η αυτόματη ανίχνευση των μαθησιακών στυλ των εκπαιδευομένων .....	27
2.2.6 Η βελτίωση της ανίχνευσης των μαθησιακών στυλ χρησιμοποιώντας πληροφορίες από τα γνωστικά χαρακτηριστικά (Cognitive traits) των εκπαιδευομένων .....	28
Κεφάλαιο 3. Μοντέλα χρηστών στην ηλεκτρονική εκπαίδευση .....	30
3.1 Εισαγωγή .....	30
3.2 Μοντέλα χρηστών για προσαρμοστικά υπερμέσα και προσαρμοστικά εκπαιδευτικά συστήματα. (User Models for Adaptive Hypermedia and Adaptive Educational Systems) .....	31
3.2.1 Μοντελοποίηση.....	31



3.2.2	Μοντέλο βασισμένο σε χαρακτηριστικά έναντι Μοντέλου Στερεότυπων .....	31
3.2.3	Μοντελοποίηση χρηστών με τη μέθοδο επικάλυψης .....	33
3.2.4	Μοντελοποίηση χρηστών βασισμένη στην αβεβαιότητα για συστήματα προσαρμοστικών υπερμέσων και συστήματα προσαρμοστικής εκπαίδευσης.....	35
3.3	Μοντέλα εκπαιδευομένων στην προσαρμοστική εκπαίδευση. (Learner Model in Adaptive Learning) .....	36
3.3.1	Πληροφορίες για το μοντέλο του εκπαιδευμένου .....	36
3.3.2	Κατηγοριοποίηση των μοντέλων των εκπαιδευομένων.....	39
3.3.3	Δόμηση μοντέλου εκπαιδευομένου .....	42
Κεφάλαιο 4.	Τεχνικές και εφαρμογές που αφορούν την προσαρμοστικότητα στην ηλεκτρονική εκπαίδευση .....	43
4.1	Εξόρυξη δεδομένων μέσα από συστήματα διαχείρισης μαθήματος.....	43
4.1.1	Διαδικασία της εξόρυξης δεδομένων στην ηλεκτρονική εκπαίδευση .....	44
4.1.2	Η εφαρμογή των τεχνικών εξόρυξης δεδομένων .....	45
4.1.3	Συμπεράσματα .....	50
4.2	Πρόβλεψη αποτυχίας σε μαθήματα ηλεκτρονικής εκπαίδευσης, μέσω συνδυασμού τεχνικών μηχανικής μάθησης.....	50
4.2.1	Εισαγωγή.....	50
4.2.2	Μέθοδοι πρόβλεψης.....	51
4.2.3	Τεχνικές μηχανικής μάθησης στην πρόβλεψη αποτυχίας.....	53
4.2.4	Συνδυάζοντας τα αποτελέσματα των τεχνικών μηχανικής μάθησης χρησιμοποιώντας σχήματα λήψης αποφάσεων.....	54
4.2.5	Εφαρμογή μεθόδου και Συμπεράσματα.....	55
4.2.6	Συζήτηση σχετικά με την πρόβλεψη αποτυχίας στην προσαρμοστική εκπαίδευση .....	55
4.3	Ανάπτυξη προσαρμοστικού εκπαιδευτικού συστήματος με εξατομίκευση μέσω δύο πηγών πληροφοριών .....	56
4.3.1	Εισαγωγή.....	56
4.3.2	Υλοποίηση του TSAL.....	57

4.3.3	Η προσέγγιση της προσαρμοστικής εκπαίδευσης της μεθόδου των «δύο πηγών» .....	58
4.3.4	Οι παράμετροι που αξιολογούνται από το TSAL .....	58
4.1.1	Ανάλυση των Στυλ Παρουσίασης.....	60
4.3.5	Καθορισμός επιπέδου δυσκολίας εκπαιδευτικού υλικού .....	60
4.3.6	Πειραματική αξιολόγηση και συμπεράσματα .....	61
4.4	Η χρήση ενός συστήματος αποικίας μυρμηγκιών βασισμένο σε μαθησιακά στυλ για την προσαρμοστική εκπαίδευση .....	62
4.4.1	Δυναμικά περιβάλλοντα εκπαίδευσης και διαδρομές εκπαίδευσης .....	62
4.4.2	Η βελτιστοποίηση του συστήματος αποικίας μυρμηγκιών (Ant colony optimization - ACO) για την εύρεση βέλτιστων διαδρομών εκπαίδευσης. ....	63
4.4.3	Σύστημα αποικίας μυρμηγκιών βασισμένο σε μαθησιακά στυλ .....	63
4.5	Προσαρμοστική εκπαίδευση με το σύστημα LS-Plan .....	65
4.5.1	Το σύστημα LS-PLAN .....	65
4.5.2	Το προσαρμοστικό σύστημα.....	67
4.5.3	Συμπεράσματα .....	69
4.6	Ένα υπολογιστικό μοντέλο για την ανάπτυξη σημασιολογικών διαδικτυακών εκπαιδευτικών συστημάτων.....	70
4.6.1	Εισαγωγή .....	70
4.6.2	Ανασκόπηση εκπαιδευτικών συστημάτων και πεδίο έρευνας.....	71
4.6.3	Μοντέλο αναφοράς.....	72
4.6.4	Συζήτηση πάνω σε προβλήματα .....	75
4.6.5	Το υπολογιστικό μοντέλο .....	77
4.6.6	Συμπεράσματα .....	80
Κεφάλαιο 5.	Συμπεράσματα - Προβληματισμοί .....	82
Βιβλιογραφία	.....	86

# Κεφάλαιο 1. Σχετικά με την προσαρμοστική εκπαίδευση

## 1.1 Εισαγωγή

Η τεχνολογική εξέλιξη ανάγκασε το μοντέλο της παραδοσιακής εκπαίδευσης να εκσυγχρονιστεί. Η εκπαίδευση παγκοσμίως, σε μία σχετικά μικρή χρονική περίοδο, σταμάτησε να βασίζεται αποκλειστικά στη χρήση πίνακα, κιμωλίας, χαρτιού και μολυβιού και εμπλουτίστηκε δραστικά με διάφορα οπτικοακουστικά τεχνολογικά μέσα. Παρόλα αυτά, τις μεγάλες αλλαγές στις μεθόδους και στην οργάνωση των εκπαιδευτικών διεργασιών δεν τις δημιούργησε η χρήση των οπτικοακουστικών μέσων αλλά η χρήση της νέας τεχνολογίας.

Οι νέες τεχνολογίες επηρέασαν τη λειτουργία σχολείων και πανεπιστημίων σε όλα τα επίπεδα παγκοσμίως. Στην εποχή μας, οι βασικές λειτουργίες όπως η εγγραφή για παρακολούθηση μαθημάτων, η σύνθεση επιθυμητού εβδομαδιαίου ωρολογίου προγράμματος παρακολούθησης και η ανακοίνωση αποτελεσμάτων αξιολογήσεων γίνονται με χρήση των ιστοσελίδων των ιδρυμάτων. Επίσης, οι φοιτητές μπορούν να έχουν πρόσβαση σε εκπαιδευτικό υλικό και σε άλλες πληροφορίες και να επικοινωνούν μεταξύ τους αλλά και με τους εκπαιδευτές, μέσα από τον ίδιο ιστότοπο, όπως επίσης και να αυτοεκπαιδεύονται.

Η εξάπλωση του διαδικτύου διευκόλυνε την αύξηση του αριθμού εγκατεστημένων πλατφορμών ηλεκτρονικής εκπαίδευσης οι οποίες εξελίχθηκαν από απλά αποθετήρια διδακτικών πηγών σε πλήρη εκπαιδευτικά συστήματα. Οι εκπαιδευόμενοι χρησιμοποιώντας συστήματα ηλεκτρονικής εκπαίδευσης, θέλοντας να εκπαιδευτούν, αλληλεπιδρούν με το σύστημα. Αυτή η αλληλεπίδραση δεν συμβαίνει πάντα στην παραδοσιακή εκπαίδευση, η οποία βασίζεται κατά κύριο λόγο σε διάλεξη που διεξάγεται σε αίθουσα εκπαίδευσης, όπου λόγω του υπερπληθυσμού και των χρονικών περιορισμών, οι εκπαιδευόμενοι τείνουν να υιοθετούν παθητική στάση αφήνοντας στον εκπαιδευτή τον ενεργητικό ρόλο στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Στα συστήματα ηλεκτρονικής εκπαίδευσης, είναι πολύ σημαντική η οργάνωση των πληροφοριών σύμφωνα με τις ανάγκες των εκπαιδευομένων, καθώς τα συστήματα αυτά παρέχουν μεγάλο όγκο πληροφοριών στους εκπαιδευόμενους. Ο εκπαιδευόμενος καλείται να επιλέξει τι είναι πιο σημαντικό να μελετήσει. Η επιλογή αυτή μπορεί να έχει μεγαλύτερες απαιτήσεις από τις (γνωσιακές) δυνατότητες που διαθέτει εκείνη τη χρονική στιγμή ο εκπαιδευόμενος, συνεπώς η έλλειψη κατάλληλης οργάνωσης της πληροφορίας αυξάνει την πιθανότητα να οδηγηθεί ο εκπαιδευόμενος σε ατυχείς επιλογές και συνακόλουθα σε αποτυχία.

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό τα συστήματα ηλεκτρονικής εκπαίδευσης να μπορούν να ενσωματώνουν διαφορετικές εκδόσεις περιεχομένου και δυνατότητες πλοήγησης με σκοπό να μπορούν να ανταποκριθούν στις αποκλίνουσες (διαφορετικές) ανάγκες των εκπαιδευομένων αλλά και να μην δημιουργούν γνωστική - νοητική υπερφόρτωση. Τα προσαρμοστικά υπερμέσα ήταν μία προσπάθεια να ξεπεραστεί το παραπάνω πρόβλημα.

Τα προσαρμοστικά συστήματα υπερμέσων (Adaptive Hypermedia Systems - AHS) είναι συστήματα που παρουσιάζουν εξατομικευμένες όψεις ή εκδόσεις υπερκειμένων. Για την μοντελοποίηση της πληροφορίας και την επιλογή των εκδόσεων που θα παρουσιαστούν σε κάθε χρήστη, ένα προσαρμοστικό σύστημα υπερμέσων χρησιμοποιεί ένα μοντέλο χρήστη και ένα μοντέλο εννοιών. Τα μοντέλα αυτά δρουν μέσα στο εκπαιδευτικό περιβάλλον για να καθοριστεί ποιο εκπαιδευτικό υλικό, με τι τύπο πλοήγησης και με τι τρόπο παρουσίασης θα ήταν καλύτερο να παρουσιαστεί (δοθεί) στους εκπαιδευόμενους το εκπαιδευτικό περιεχόμενο. Τα Προσαρμοστικά Εκπαιδευτικά Υπερμεσικά Συστήματα (Adaptive Educational Hypermedia Systems) καλύπτουν τις ανάγκες του κάθε εκπαιδευόμενου προσαρμοζόμενα στους ιδιαίτερους στόχους του, στο επίπεδο μόρφωσής του, στο γνωσιακό υπόβαθρό του, στα ενδιαφέροντα και τις προτιμήσεις του, στο γνωσιακό στερεότυπο στο οποίο συγκαταλέγεται, στις νοητικές ιδιαιτερότητές του και στο μαθησιακό στυλ του. Επίσης, για να διευκολυνθεί η εκπαίδευση μέσα στο μεγάλο όγκο πληροφοριών που διατίθενται μέσα από το πλαίσιο της ηλεκτρονικής εκπαίδευσης, το εκπαιδευτικό υλικό πρέπει να είναι καλά δομημένο και πρέπει να υπάρχει ένα καλό σύστημα καθοδήγησης των εκπαιδευόμενων. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο τα σημερινά συστήματα υπερμέσων εφαρμόζουν την προσαρμοστικότητα στο εκπαιδευτικό περιεχόμενο ή/και στο σύστημα πλοήγησης ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των χρηστών – εκπαιδευομένων.

Ένα ζητούμενο στην ανωτέρω προσέγγιση είναι να βρεθούν οι παράμετροι που προσδιορίζουν το μοντέλο του χρήστη και ο προσδιορισμός των τιμών των παραμέτρων να γίνεται σε πραγματικό χρόνο. Τα περισσότερα συστήματα χρησιμοποιούν καθορισμένες και στατικές παραμέτρους που προσδιορίζονται από τα προφίλ των χρηστών. Για παράδειγμα ο προσδιορισμός γίνεται με βάση τις απαντήσεις των εκπαιδευομένων σε ερωτήσεις που αφορούν στην ηλικία τους ή και το γνωσιακό υπόβαθρό τους. Άλλα συστήματα χρησιμοποιούν και νοητικές έννοιες όπως μαθησιακό στυλ και μαθησιακές στρατηγικές.

Στις επόμενες παραγράφους παρατίθεται μία σύντομη ιστορική αναδρομή της πορείας εξέλιξης της προσαρμοστικής εκπαίδευσης, ενώ σε επόμενα κεφάλαια αναλύονται οι εξελίξεις στα σημαντικότερα ερευνητικά πεδία γύρω από την προσαρμοστική εκπαίδευσης που είναι τα μαθησιακά στυλ, τα μοντέλα χρηστών και οι τεχνικές και εφαρμογές που την αφορούν.

## **1.2 Ιστορική αναδρομή**

### **1.2.1 Προσαρμοστική Εκπαίδευση (Adaptive Learning)**

Οι Snow και Farr (1987) πρώτοι ανέφεραν ότι οι θεωρίες ηχητικής (ακουστικής) μάθησης είναι ημιτελείς και μη ρεαλιστικές αν δεν εκτιμούν και τη συνολική εικόνα του εκπαιδευόμενου, η οποία συμπεριλαμβάνει και τη διανοητική και τη συναισθηματική διάσταση, εννοώντας ότι κανένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα δεν μπορεί να είναι επιτυχημένο αν δεν λαμβάνει υπόψη του τις προσωπικές εκπαιδευτικές ανάγκες του κάθε εκπαιδευομένου. Ο Russel (1997) πρότεινε ότι οι εκπαιδευτές θα πρέπει να διακρίνουν

και να αναγνωρίζουν τις διαφορές στη διαδικασία της μάθησης και να κάνουν την μέγιστη δυνατή προσπάθεια, μέσω της διαθέσιμης τεχνολογίας, να τις χειριστούν ανάλογα.

Το 1965, ένα εξατομικευμένο πρόγραμμα εκπαίδευσης (individually guided education (IGE) program) προτάθηκε για την οργάνωση και τον διαμοιρασμό εκπαιδευτικών εμπειριών από ερευνητικές ομάδες που μελετούσαν το πώς μαθαίνουν οι άνθρωποι και πώς είναι δυνατό να εξατομικευτεί η διαδικασία της διδασκαλίας. Το 1994 προτάθηκε από τον Keller η ολοκληρωμένη εφαρμογή της ανάλυσης της συμπεριφοράς στο σχολείο (comprehensive application of behavior analysis to schooling (CABAS) program). Τα σχολεία που υιοθέτησαν το CABAS ήταν αυτοδιορθούμενα και αυτοσυντηρούμενα και ενσωμάτωναν την επιστήμη της εκπαίδευσης σε κάθε διάσταση της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Το σχολείο Fred S. Keller, που βρίσκεται στο Yonkers της Νέας Υόρκης, είναι ένα από τα σχολεία που συμμετείχαν στο πρόγραμμα. Το σχολείο λειτουργούσε σαν ένα σύστημα κυβερνητικής εκπαίδευσης (cybernetic system of education) στο οποίο η εξατομικευμένη εκπαίδευση του κάθε μαθητή επηρέαζε τη συμπεριφορά όλης της εκπαιδευτικής κοινότητας.

Ο Brusilovsky (1998) πρότεινε την υποστήριξη της εξατομικευμένης εκπαίδευσης με τη χρήση προσαρμοστικών υπερμέσων. Η ιδέα των προσαρμοστικών υπερμέσων είναι η προσαρμογή του περιεχομένου του μαθήματος στον κάθε εκπαιδευόμενο με βάση τα προσωπικά στοιχεία (πνευματική κατάσταση, γνωστική κατάσταση, προτιμήσεις τρόπου (στυλ) εκπαίδευσης κ.τ.λ.) του εκπαιδευόμενου. Σύμφωνα με τον Brusilovsky (1998), το σύστημα προσαρμοστικών υπερμέσων θα πρέπει να πληροί τρία κριτήρια: 1) πρέπει να είναι ένα σύστημα υπερμέσων, 2) πρέπει να έχει μοντέλο χρήστη, και 3) θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να προσαρμόζει τα υπερμέσα σύμφωνα με το μοντέλο του χρήστη.

Ο Paolucci (1998) αναφέρθηκε στη σημασία της εξατομίκευσης των υπερμέσων τονίζοντας ότι οποιαδήποτε στρατηγική ακολουθείται θα πρέπει να είναι προσαρμοστική και εξατομικευμένη. Για την εξασφάλιση της εξατομίκευσης, τα προσαρμοζόμενα υπερμέσα θα πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να διαγνώσουν και να αναγνωρίσουν τις παρανοήσεις του κάθε εκπαιδευόμενου. Βασισμένοι σε αυτή την ιδέα, οι Lo, Wang, και Yeh (2004) ανέπτυξαν ένα υπερμεσικό σύστημα εκμάθησης των προθέσεων της Αγγλικής γραμματικής (Hypermedia-based English Learning system for Prepositions) με το όνομα HELP το οποίο προσέφερε σε μη αγγλόφωνους εκπαιδευόμενους, διάγνωση αδυναμιών και διορθωτική εκπαίδευση σύμφωνα με αποτελέσματα των εξετάσεων στις οποίες υποβάλλονταν.

Για την εκτέλεση αποδοτικής προσαρμοστικής εκπαίδευσης σε δίκτυα υπολογιστών, είναι σημαντική η κατανόηση των συμπεριφορών των εκπαιδευομένων κατά τη διάρκεια της ηλεκτρονικής (on-line) εκπαίδευσης. Ο Hwang (1998) πρότεινε ένα σύστημα διάγνωσης των on-line συμπεριφορών των εκπαιδευομένων και πολλές παράμετροι καθορίστηκαν και καταγράφηκαν για να περιγράψουν τις on-line συμπεριφορές των εκπαιδευομένων όπως ο χρόνος αδράνειας, ο χρόνος αντίδρασης, ο αποδοτικός (effective) χρόνος εκπαίδευσης, ο μη αποδοτικός (ineffective) χρόνος εκπαίδευσης, και ο χρόνος διατήρησης της σύνδεσης (login time). Βασιζόμενο σε αυτές τις παραμέτρους, το σύστημα μπορεί να διακρίνει πολλά εκπαιδευτικά χαρακτηριστικά του εκπαιδευόμενου, όπως

«συγκέντρωση», «προθυμία», και «υπομονή», οπότε και τα περιεχόμενα του μαθήματος μπορούν να προσαρμοστούν ώστε να καλύψουν τις απαιτήσεις κάθε ενός. Με την εκλαΐκευση του διαδικτύου, αξίζει να μελετηθεί το πώς μπορούν να αναπτυχθούν αποτελεσματικά συστήματα προσαρμοστικής εκπαίδευσης σε διαδικτυακό περιβάλλον.

### 1.2.2 Μαθησιακό στυλ (Learning style)

Το μαθησιακό στυλ είναι μία έννοια που δημιουργήθηκε μετά από έρευνα σχετικά με τη γνωστική – διανοητική προοπτική τη δεκαετία του '60. Πολλοί ερευνητές έχουν αναφερθεί στην έννοια του Μαθησιακού Στυλ και τους διαφορετικούς τρόπους μέτρησής του (Cavaiani, 1989; Keefe, 1979; Kolb, 1985). Οι Talmadge and Shearer (1969) παρουσίασαν κάποιες αποδείξεις ύπαρξης των Μαθησιακών Στυλ. Η μελέτη τους επίσης απέδειξε ότι τα χαρακτηριστικά του περιεχομένου μιας εκπαιδευτικής διαδικασίας είναι ένας κρίσιμος παράγοντας που επηρεάζει τη σχέση που υπάρχει μεταξύ των χαρακτηριστικών του εκπαιδευόμενου και των εκπαιδευτικών μεθόδων που ακολουθούνται.

Ο Keefe (1991) περιέγραψε το Μαθησιακό Στυλ σαν ένα σύνολο που περιλαμβάνει τόσο τα χαρακτηριστικά του εκπαιδευόμενου όσο και την εκπαιδευτική στρατηγική. Ως χαρακτηριστικό εκπαιδευόμενου, το Μαθησιακό Στυλ, είναι ένας δείκτης του πώς ο εκπαιδευόμενος μαθαίνει και του πώς του αρέσει να μαθαίνει. Ως εκπαιδευτική στρατηγική, το Μαθησιακό Στυλ περιγράφει τη γνωστική λειτουργία (τη γνώση), το πλαίσιο και το περιεχόμενο της μάθησης. Το Μαθησιακό Στυλ είναι ένας συνεπής τρόπος ερμηνείας της μαθησιακής λειτουργίας που απεικονίζει τις βαθύτερες αιτίες της μαθησιακής συμπεριφοράς (Keefe, 1987).

Τα προβλήματα της μάθησης, συχνά, δεν σχετίζονται με τη δυσκολία του εκπαιδευτικού αντικειμένου αλλά σχετίζονται με τον τύπο και το επίπεδο γνωστικής – νοητικής διαδικασίας που απαιτείται για την μάθηση του υλικού (Keefe, 1988). Οι Gregorc and Ward (1977) υποστήριξαν ότι αν οι εκπαιδευτές επιθυμούν να αναφέρονται επιτυχώς στις ατομικές ανάγκες εκπαίδευσης πρέπει να καταλάβουν τι σημαίνει ο όρος *ατομικότητα* και να ρυθμίσουν το εκπαιδευτικό τους στυλ (τρόπο) ώστε να ταυτιστεί με το Μαθησιακό Στυλ (learning style) των εκπαιδευομένων. Ο Reiff (1992) υπέδειξε ότι το Μαθησιακό Στυλ επηρεάζει το πώς μαθαίνουν οι εκπαιδευόμενοι, το πώς διδάσκουν οι εκπαιδευτές και το πώς αυτοί αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Ο Keefe (1987) επιβεβαίωσε ότι το στυλ πρόσληψης γνώσης είναι επιλογή του εκπαιδευόμενου, αλλά η προτίμηση αυτή αναπτύσσεται από την νηπιακή ηλικία με έναν υποσυνείδητο μηχανισμό. Πρόσφατα οι Coffield et al. (2004) ανέφεραν ότι είναι ουσιαστικότερη η επιλογή του Μαθησιακού Στυλ για σχετικά ώριμους εκπαιδευόμενους. Οι Waite, Wheeler, και Bromfield (2007) ανέφεραν τα αποτελέσματα της παρατήρησης προσωπικών διαφορών παιδιών με υψηλή, μέτρια και χαμηλή απόδοση στη μάθηση μέσω τεχνολογιών πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών. Η έρευνά τους ανέδειξε ενδιαφέρουσες και απρόσμενες προσωπικές διαφορές βασισμένες στο φύλλο και την εκπαιδευτική απόδοση. Επίσης, υπέδειξαν την αναγκαιότητα της εξερεύνησης της χρήσης του Μαθησιακού Στυλ και του τύπου της

προσωπικότητας για την εξέταση του ρόλου τους στην (ηλεκτρονική) εκπαίδευση μέσω τεχνολογιών πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών.

Οι Barbe και Swassing (1979) υπέδειξαν ότι η γνώση των χαρακτηριστικών των προτιμήσεων των εκπαιδευομένων βοηθάει στο να αναπτυχθούν πιο ευέλικτα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα. Για παράδειγμα, εκπαιδευόμενοι με οπτικό-ακουστικό Μαθησιακό Στυλ έχουν μεγαλύτερη δυνατότητα επαναφοράς – ανάκτησης από τη μνήμη τους εννοιών που τους έχουν παρουσιαστεί οπτικά. Όλοι οι εκπαιδευόμενοι μπορούν να ωφεληθούν από εκπαιδευτικά περιβάλλοντα με κατάλληλη απόκριση (Keefe, 1991). Η χρήση ενός Εκπαιδευτικού Στυλ ή ενός Μαθησιακού Στυλ αποκλειστικά συνήθως δεν συμβάλλει στην επιτυχία ενός εκπαιδευτικού προγράμματος (Barbe & Swassing, 1979). Επιπροσθέτως, έρευνες έχουν αποδείξει ότι υπάρχει μικρή σχέση μεταξύ των συνολικών επιτευγμάτων σε επίπεδο τριτοβάθμιας εκπαίδευσης και του μαθησιακού στυλ (Witkin et al., 1977), παρόλα αυτά επισημαίνεται η πιθανή σχέση μεταξύ Μαθησιακού Στυλ και απόδοσης σε συγκεκριμένα εκπαιδευτικά αντικείμενα. Για παράδειγμα, έχει αποδειχθεί ότι τα προσωπικά Μαθησιακά Στυλ σχετίζονται με την ικανότητα προγραμματισμού των νέων προγραμματιστών (Cavaiani, 1989; Merrienboer, 1990), ακόμα οι Hein and Budny (2001) υπέδειξαν τον κρίσιμο ρόλο που μπορεί να διαδραματίσει το Μαθησιακό Στυλ στην εκπαίδευση των φυσικών και μηχανικών.

Το Προφίλ Μαθησιακού Στυλ (Learning Style Profile (LSP)) αποτελεί ένα επικυρωμένο και εύκολο εργαλείο για τη διάγνωση των χαρακτηριστικών του προσωπικού μαθησιακού στυλ. Επίσης παρέχει μία επισκόπηση των τάσεων και προτιμήσεων του κάθε εκπαιδευόμενου (Keefe, 1991). Πολλές μελέτες αναφέρουν ότι οι εκπαιδευόμενοι μαθαίνουν με διαφορετικό τρόπο, ανάλογα με πολλούς προσωπικούς παράγοντες και όλοι έχουν ένα ξεχωριστό Μαθησιακό Στυλ (Montgomery, 1995; Mumford & Honey, 1996).

Έχουν προταθεί πολλά μοντέλα για τον ορισμό και τη μέτρηση των Μαθησιακών Στυλ όπως, η Βιωματική – Εμπειρική εκπαίδευση του Kolb (1985), η PEPS (Productivity Environmental Preference Survey) των Dunn, Dunn, και Price (1984), και το τετράπτυχο πλαίσιο του James Keefe (1987). Μεταξύ των υπαρχόντων μοντέλων, ο έλεγχος των Μαθησιακών Στυλ του Keefe, που μπορεί να αναγνωρίσει Δεξιότητες Ακολουθιακής Επεξεργασίας (sequential processing skills), Δεξιότητες Διάκρισης (discrimination skill), Αναλυτικές Δεξιότητες (analytic skills) και Χωρικές Δεξιότητες (spatial skills) των εκπαιδευομένων, ίσως είναι το πιο κατάλληλο μοντέλο για να χρησιμοποιηθεί σε ένα περιβάλλον ηλεκτρονικής εκπαίδευσης. Ο λόγος που θεωρείται ως το πιο κατάλληλο μοντέλο, είναι ότι σε ένα εκπαιδευτικό πλαίσιο όπως αυτό της ηλεκτρονικής εκπαίδευσης, όπου χρησιμοποιούνται μεγάλο πλήθος πηγών πληροφόρησης και ποικιλία τρόπων παρουσίασης, οι Δεξιότητες Διαδοχικής Επεξεργασίας, Δεξιότητες Διάκρισης, Αναλυτικές Δεξιότητες και Χωρικές Δεξιότητες των εκπαιδευόμενων είναι πολύ σημαντικές αναφορικά με τον τρόπο που οι εκπαιδευόμενοι προσλαμβάνουν το εκπαιδευτικό υλικό. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο συχνά υιοθετείται αποκλειστικά το μοντέλο του Keefe ως υπόβαθρο για συστήματα εξατομικευμένης μάθησης.

### **1.3 Προσαρμοστικά συστήματα εκπαίδευσης**

Το περιβάλλον μας είναι πολύ σύνθετο και κάθε ένας άνθρωπος έχει προσωπικά χαρακτηριστικά. Οι εκπαιδευόμενοι διαφέρουν τόσο σε φυσικά όσο και σε νοητικά χαρακτηριστικά, οπότε και οι προτιμήσεις τους διαφέρουν. Αυτή η διαφορετικότητα μεταξύ των εκπαιδευόμενων κάνει επιτακτική και αναγκαία την εφαρμογή προσαρμοστικών τεχνικών ειδικά στην εκπαίδευση. Η προσαρμοστική εκπαίδευση δίνει μία εναλλακτική λύση στην παραδοσιακή προσέγγιση «ένα μέγεθος ταιριάζει σε όλους» (one size fits all) και οδήγησε στην ανάπτυξη της διδασκαλίας και της μάθησης προς την δυναμική εκπαίδευση.

Η προσαρμοστική εκπαίδευση έχει δύο χαρακτηριστικά:

1. Ποικιλομορφία : το περιεχόμενο της εκπαίδευσης που μορφοποιείται έτσι ώστε να ταιριάζει σε κάποιους εκπαιδευόμενους μπορεί να μην ταιριάζει σε άλλους.
2. Διαδραστικότητα: σε πολλές περιπτώσεις οι χρήστες κάνουν εξατομικευμένη εκπαίδευση μέσω διαδικτυακών οδηγιών αφού η κατά παραγγελία βοήθεια πρέπει να αναπτυχθεί έτσι ώστε να δρα ως σύμβουλος εκπαίδευσης, όπως περίπου ένας καθηγητής στην παραδοσιακή σχολική τάξη.

Όταν οι εκπαιδευόμενοι θέλουν να λάβουν μία πρόταση εκπαιδευτικής τακτικής, το προσαρμοστικό σύστημα εκπαίδευσης αναζητά το συγκεκριμένο πρότυπο εκπαιδευτικής ομάδας και προετοιμάζει το κατάλληλο μονοπάτι εκπαίδευσης σύμφωνα με το παραπάνω πρότυπο.

Στην ανάπτυξη προσαρμοστικών συστημάτων μάθησης, το μαθησιακό στυλ και η επανάληψη της μάθησης πρέπει να ληφθούν υπόψη σαν τα σημαντικότερα θέματα. Οι Felder και Silverman (1988), όπως αναφέρεται και στην §2.2.2, απέδειξαν ότι οι εκπαιδευόμενοι μαθαίνουν με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Κάποιοι μαθαίνουν βλέποντας και ακούγοντας, άλλοι αλληλεπιδρώντας και ενεργώντας, άλλοι επικεντρώνονται σε αρχές και άλλοι σε εφαρμογές, κάποιοι χρησιμοποιούν την απομνημόνευση και άλλοι απαιτούν την κατανόηση. Το στυλ εκπαίδευσης μπορεί να το σκεφθεί κάποιος ως μία γενική προδιάθεση προς την επεξεργασία πληροφοριών με έναν ιδιαίτερο τρόπο. Το μαθησιακό στυλ πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά την ανάπτυξη ενός δυναμικού εκπαιδευτικού περιβάλλοντος. Ερευνητές (όπως Kember, 1996; Marton, Watkins, & Tang, 1997; Watkins & Biggs, 1996) έχουν επισημάνει ότι η επανάληψη παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην εκπαιδευτική διαδικασία. Μία γνωστή διαδικασία, η καμπύλη της λήθης, μελετήθηκε για πρώτη φορά από τον Ebbinghaus (1913). Εξέφρασε την εξασθένηση της διατήρησης της μνήμης στο χρόνο σαν μία εκθετική καμπύλη. Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω, το μαθησιακό στυλ και η επανάληψη είναι σημαντικά στοιχεία που επηρεάζουν την μαθησιακή διαδικασία των εκπαιδευόμενων.



## **Κεφάλαιο 2. Διαφορετικά στυλ μάθησης**

### **2.1 Εισαγωγή**

Στις μέρες μας, λειτουργούν πολλών ειδών συστήματα διαχείρισης μάθησης–εκπαίδευσης (LMS) και σε πολλές διαφορετικές βαθμίδες, κατηγορίες και κατευθύνσεις εκπαίδευσης. Σχεδόν όλα αυτά τα συστήματα παρέχουν μία μεγάλη ποικιλία εργαλείων – εκπαιδευτικών υπηρεσιών που διευκολύνουν του εκπαιδευτές στη δημιουργία ηλεκτρονικών μαθημάτων. Από την άλλη πλευρά, τα συστήματα αυτά δεν λαμβάνουν υπόψη τους τις διαφορές μεταξύ των εκπαιδευομένων και έτσι αντιμετωπίζουν όλους τους εκπαιδευόμενους με τον ίδιο τρόπο, ανεξάρτητα με τις προσωπικές τους ανάγκες και χαρακτηριστικά.

Έρευνες έχουν καταδείξει ότι τα προσωπικά χαρακτηριστικά των εκπαιδευομένων επηρεάζουν την μάθησή τους. Οι εκπαιδευόμενοι προτιμούν να εκπαιδεύονται με διαφορετικούς τρόπους. Φαίνεται ότι αποδίδουν καλύτερα αν το στυλ εκπαίδευσης ταυτίζεται με το δικό τους μαθησιακό στυλ. Συνεπώς, από θεωρητικής απόψεως, η εμπλοκή του μαθησιακού στυλ στο μαθησιακό περιβάλλον ενός LMS θα μπορούσε να κάνει τη μάθηση ευκολότερη και αποδοτικότερη.

Δεδομένου ότι είναι σημαντικό να αναγνωριστεί και χρησιμοποιηθεί κατάλληλα το μαθησιακό στυλ των εκπαιδευομένων, τα ερωτήματα που εύλογα τίθενται είναι: Πώς μπορεί να ανιχνευθεί το μαθησιακό στυλ του εκπαιδευόμενου; Πώς μπορεί να βελτιωθεί η διαδικασία ανίχνευσης του μαθησιακού στυλ; Και τέλος, πώς μπορεί να εφαρμοστεί το μαθησιακό στυλ στα συστήματα διαχείρισης εκπαίδευσης; Πολλές μελέτες έχουν καταπιαστεί με τα παραπάνω ερωτήματα (και με πολλά άλλα) κτίζοντας τις ισχυρές βάσεις για να λειτουργήσει το οικοδόμημα της Προσαρμοστικής Εκπαίδευσης.

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν διάφορα μαθησιακά στυλ και νοητικά στυλ που έχουν δημιουργηθεί και καταγραφεί σε εργασίες που ασχολούνται με τη μελέτη του τρόπου σκέψης κατά τη μάθηση.

### **2.2 Προσαρμοστικότητα σε Συστήματα Διαχείρισης Εκπαίδευσης και Μαθησιακά Στυλ**

#### **2.2.1 Μαθησιακά στυλ**

Ο τομέας των μαθησιακών στυλ είναι πολύπλοκος και επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, οδηγώντας σε διαφορετικά αποτελέσματα και όψεις. Έρευνες τριάντα ετών έχουν αναδείξει πολλά διαφορετικά είδη μαθησιακών στυλ ανάλογα με την όψη υπό την οποία εξετάζουν το ζήτημα. Ενώ πολλές μελέτες έχουν ήδη ασχοληθεί με τον τομέα των μαθησιακών στυλ, το ενδιαφέρον των ερευνητών είναι ακόμα στραμμένο προς αυτό το αντικείμενο καθώς πολλά σημαντικά ερωτήματα παραμένουν ακόμα αναπάντητα.

Υπάρχουν διάφοροι ορισμοί για το μαθησιακό στυλ. Ένας από αυτούς είναι ο ορισμός των Honey και Mumford (1992, p.1): «μία περιγραφή των χαρακτηριστικών και των συμπεριφορών του εκπαιδευόμενου ατόμου που καθορίζουν τον προτιμώμενο τρόπο εκπαίδευσης», ενώ ένας άλλος πιο περιγραφικός και ακριβής ορισμός έχει διατυπωθεί

από τον Felder (1996, p.18): «μαθησιακό στυλ είναι ο σύνθετος τρόπος και οι συνθήκες υπό τις οποίες οι εκπαιδευόμενοι πιο αποδοτικά και αποτελεσματικά, αντιλαμβάνονται, επεξεργάζονται, απομνημονεύουν και ανακτούν ό,τι προσπαθούν να μάθουν».

Πολλές φορές συγχέονται οι έννοιες: Μαθησιακό Στυλ, Στρατηγική Μάθησης και Γνωστικό ή Νοητικό Στυλ. Οι *Στρατηγικές Μάθησης* ΧΕ "*Στρατηγικές Μάθησης*" } είναι σύντομες μέθοδοι που οι εκπαιδευόμενοι εφαρμόζουν σε συγκεκριμένες περιπτώσεις. Αυτές οι στρατηγικές μπορούν να αλλάξουν ανάλογα με τον χρόνο, τον εκπαιδευτή, το αντικείμενο και την περίσταση. Όταν κάποιες Στρατηγικές Μάθησης εφαρμόζονται συχνά από εκπαιδευόμενους τότε από αυτές τις στρατηγικές μπορεί να εξαχθούν Μαθησιακά Στυλ. Σύμφωνα με τους ορισμούς των Entwistle, Hanley, and Hounsell (1979, p. 368) για τη Στρατηγική Μάθησης, αυτή ορίζεται ως «ο τρόπος που ο εκπαιδευόμενος διαλέγει να αντιμετωπίσει ένα συγκεκριμένο εκπαιδευτικό θέμα υπό τις παρατηρούμενες απαιτήσεις του», ενώ το Μαθησιακό Στυλ είναι «ένας ευρύτερος χαρακτηρισμός του προτιμώμενου τρόπου γενικής αντιμετώπισης εκπαιδευτικών θεμάτων».

Το Μαθησιακό Στυλ είναι γενικότερη έννοια του *Γνωστικού Στυλ*. Το Μαθησιακό Στυλ συνήθως βασίζεται (τουλάχιστον σε αρχικό στάδιο) σε προτιμήσεις που δηλώνει ο ίδιος ο εκπαιδευόμενος ενώ το Γνωστικό Στυλ καθορίζεται μετρώντας συγκεκριμένες, πραγματικές ικανότητες ή δεξιότητες του εκπαιδευόμενου.

Στην επόμενη ενότητα παρουσιάζονται τα πιο γνωστά μοντέλα Μαθησιακού Στυλ που χρησιμοποιούνται στην εκπαίδευση.

### **2.2.2 Κύρια μοντέλα Μαθησιακών Στυλ.**

Μία από τις παλαιότερες προσπάθειες μοντελοποίησης του μαθησιακού στυλ (ή καλύτερα του *τύπου προσωπικότητας*) έγινε από την Briggs-Myers, Isabel (1962). Ο διενεργούμενος έλεγχος που γίνεται από το τεστ προσωπικότητας δεν συνδέεται άμεσα με τις μαθησιακές ιδιαιτερότητες του εξεταζόμενου ατόμου αλλά επειδή η προσωπικότητα του εκπαιδευόμενου επηρεάζει τον τρόπο μάθησης του κάθε ατόμου, η μέθοδος Myers-Briggs Type Indicator (MBTI) αναδεικνύει ενδιαφέρουσες όψεις της μάθησης. Η μέθοδος MBTI διακρίνει τα άτομα σύμφωνα με τέσσερα χαρακτηριστικά-διαστάσεις: *εξωστρέφεια/εσωστρέφεια*, *αίσθηση(σύνεση)/διαίσθηση*, *στοχασμός/συναισθηματισμός*, και *κριτική/παρατήρηση*. Όλοι οι συνδυασμοί των παραπάνω διαστάσεων – χαρακτηριστικών μπορούν να παρουσιαστούν, οπότε διακρίνονται 16 τύποι προσωπικοτήτων.

Η διάσταση εξωστρέφεια/εσωστρέφεια αναφέρεται στον προσανατολισμό του ατόμου σε σχέση με το περιβάλλον του. Οι εξωστρεφείς άνθρωποι προτιμούν να επικεντρώνονται στο περιβάλλον τους όπως στους άλλους ανθρώπους και πράγματα, ενώ οι εσωστρεφείς, προτιμούν να επικεντρώνονται στις δικές τους σκέψεις και ιδέες. Η Αίσθηση/Διαίσθηση περιγράφει τον τρόπο αντίληψης των δεδομένων. Ενώ οι άνθρωποι που βασίζονται στην αίσθηση προτιμούν να αντιλαμβάνονται τα δεδομένα με τις πέντε αισθήσεις, οι διαισθητικοί άνθρωποι χρησιμοποιούν την διαίσθηση και προτιμούν να αντιλαμβάνονται τα στοιχεία από το υποσυνείδητο. Η αντίληψη των δεδομένων μπορεί να διακριθεί

μεταξύ στοχασμού και συναίσθησης. Ο στοχασμός βασίζεται στην απόλυτα ορθολογική σκέψη ενώ ο συναισθηματισμός διακρίνεται από την σχετικότητα των συμπερασμάτων. Τέλος οι άνθρωποι κριτικού τύπου προτιμούν τις ακολουθιακές δομές και την σύντομη ολοκλήρωση των συλλογισμών, ενώ οι άνθρωποι της παρατήρησης προτιμούν να θεωρούν όλες τις εκδοχές πιθανές και τείνουν να είναι πιο ευέλικτοι και αυθόρμητοι.

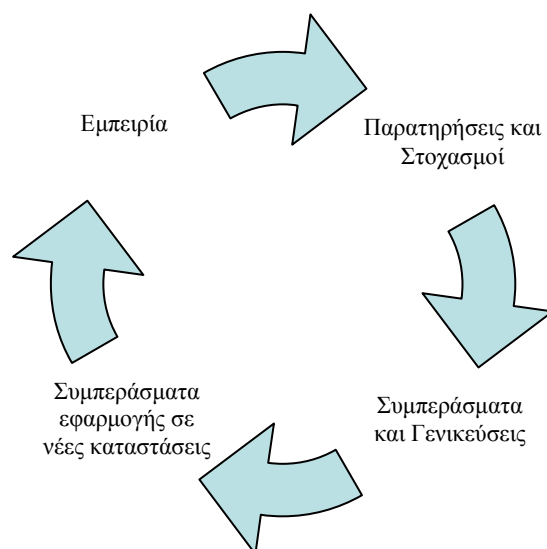
Οι παραπάνω προτιμήσεις των τεσσάρων διαστάσεων αλληλοεπηρεάζονται και για να έχουμε μία πλήρη περιγραφή του τύπου του ατόμου θα πρέπει να εξετάζονται όλοι οι συνδυασμοί των παραπάνω διαστάσεων.

Ένας άλλος τρόπος αναγνώρισης των συλ μάθησης και σκέψης προέκυψε μετά από μελέτη των προτύπων συζήτησης – επικοινωνίας μεταξύ των ανθρώπων. Σύμφωνα με τον Pask (1976) γίνεται διάκριση των εκπαιδευόμενων σε τρία είδη: *Σειριακός* { ΧΕ "Σειριακός" } (serialist) είναι ο εκπαιδευόμενος που ακολουθεί σειριακή μαθησιακή τακτική-στρατηγική. Οι σειριακοί εκπαιδευόμενοι μαθαίνουν βήμα-βήμα με σειριακή ακολουθία και επικεντρώνονται σε καλά ορισμένες και σειριακά ταξινομημένες πληροφορίες. Οι σειριακοί εκπαιδευόμενοι τείνουν να αγνοούν τις συσχετίσεις μεταξύ εννοιών, κάτι που θα μπορούσε να θεωρηθεί ως μαθησιακό ελάττωμα. Αντίθετα, ο *Ολιστικός* { ΧΕ "Ολιστικός" } (holist) τύπος ακολουθεί ολιστική τακτική μάθησης. Οι Ολιστικοί τύποι εκπαιδευόμενων επικεντρώνονται σε γενικότερες περιγραφές και ταυτόχρονα σε πολλές όψεις του αντικειμένου εκπαίδευσης και χρησιμοποιούν σύνθετους συνδέσμους για να συσχετίσουν πολλαπλές πληροφορίες. Το «μαθησιακό ελάττωμα» των ολιστικών εκπαιδευόμενων είναι το ότι ενώ μπορούν να δημιουργούν συνδέσμους μεταξύ θεωρητικών, πρακτικών και προσωπικών όψεων ενός θέματος, δεν μπορούν να επικεντρωθούν σε λεπτομέρειες. Ο *Ευπροσάρμοστος* { ΧΕ "Ευπροσάρμοστος" } (versatile) εκπαιδευόμενος χρησιμοποιεί και τις δύο προαναφερθείσες τακτικές, δηλαδή και την σειριακή και την ολιστική τακτική. Ο Ευπροσάρμοστος εκπαιδευόμενος χρησιμοποιεί και γενική και λεπτομερειακή προσέγγιση των θεμάτων και καταφέρνει να επιτύχει πλήρη και βαθιά κατανόηση των εννοιών.

Το μοντέλο μαθησιακού συλ που αρχικά προτάθηκε από τους Dunn and Dunn (1974) όπως βελτιώθηκε και επεκτάθηκε αργότερα, διακρίνει ενήλικες και παιδιά και αποτελείται από τρεις μεταβλητές (ή διαστάσεις) με πολλούς συντελεστές. Η *Περιβαλλοντική* (environmental) μεταβλητή περιλαμβάνει τον ήχο-θόρυβο, τη θερμοκρασία, τον φωτισμό και τον σχεδιασμό της επίπλωσης. Η *Κοινωνιολογική* (sociological) μεταβλητή περιέχει συντελεστές όπως η προτίμηση μελέτης σε μικρές ομάδες, δυάδες ή μονάδες, με επίβλεψη ή χωρίς, ή με διαφορετικούς και όχι τυποποιημένους τρόπους μελέτης. Ειδικά για τα παιδιά, περιλαμβάνεται και ο συντελεστής παρακίνησης από τους γονείς ή τους δασκάλους-καθηγητές. Η *Συναισθηματική* (emotional) μεταβλητή αποτελείται από τους συντελεστές *παρακίνηση, συμμόρφωση/υπευθυνότητα, επιμονή και ανάγκη για δομή*. Η *Σωματική* (physical) μεταβλητή αποτελείται από παράγοντες που αφορούν τις προτιμήσεις αντίληψης (οπτική, ακουστική, εξωτερική απτική/κιναισθητική, εσωτερική κιναισθητική), πρόσληψη στερεής τροφής και υγρών, ώρα της ημέρας και κινητικότητα. Η *Ψυχολογική* (psychological) μεταβλητή προστέθηκε αργότερα στο μοντέλο και περιλαμβάνει συντελεστές που

αναφέρονται σε σφαιρική/αναλυτική προτίμηση προσέγγισης, δεξιά ή αριστερή ημισφαιρικότητα (hemisphericity), και παρορμητική/στοχαστική προτίμηση προσέγγισης.

Ένα άλλο μοντέλο μαθησιακού στυλ, βασίζεται στη Θεωρία Εμπειρικής (Βιωματικής) Μάθησης η οποία μοντελοποιεί τη διαδικασία μάθησης περιλαμβάνοντας τον σημαντικό ρόλο της εμπειρίας στην όλη διαδικασία. Ακολουθώντας την παραπάνω θεωρία, η μάθηση επιτυγχάνεται μέσω ενός κύκλου τεσσάρων φάσεων. Η εμπειρία είναι η βάση για παρατηρήσεις και στοχασμούς. Αυτές οι παρατηρήσεις χρησιμοποιούνται για να δημιουργήσουν συμπεράσματα και γενικεύσεις, οι οποίες μπορούν πάλι να αποτελέσουν βάση για να ελεγχθούν εφαρμογές των παραπάνω συμπερασμάτων σε νέες καταστάσεις. Τα αποτελέσματα των παραπάνω εφαρμογών δημιουργούν πάλι εμπειρία και έτσι κλείνει ο κύκλος των τεσσάρων φάσεων μάθησης.



**Εικόνα 1 : Ο κύκλος μάθησης, σύμφωνα με τη θεωρία Εμπειρικής (Βιωματικής) Μάθησης.**

Σύμφωνα με την παραπάνω θεωρία και με την μελέτη του Kolb (1984) υπάρχουν τέσσερις τύποι μαθησιακού στυλ : Συγκλίνον{ ΧΕ "Συγκλίνον" } (Convergers) το οποίο χαρακτηρίζεται από αφηρημένη σύλληψη εννοιών και ενεργό πειραματισμό, δηλαδή επικεντρώνεται στην πρακτική εφαρμογή των ιδεών. Οι εκπαιδευόμενοι με συγκλίνον μαθησιακό στυλ είναι αποδοτικοί στη συλλογή πληροφοριών και δεδομένων και στον συνδυασμό τους για τη διερεύνηση μίας σωστής απάντησης σε δεδομένο πρόβλημα. Αντίθετα, το Αποκλίνον{ ΧΕ "Αποκλίνον" } (Divergers) μαθησιακό στυλ κινείται προς την αντίθετη κατεύθυνση, στις διαστάσεις του πειραματισμού και της στοχαστικής παρατήρησης. Οι εκπαιδευόμενοι με αποκλίνον μαθησιακό στυλ είναι καλοί στο να παρακολουθούν συγκεκριμένες καταστάσεις από πολλές διαφορετικές όψεις και να διαμορφώνουν σχέσεις σε σημαντικά αποτελέσματα. Είναι αυτοί που συνήθως παράγουν νέες ιδέες και είναι πιο δημιουργικοί. Το μαθησιακό στυλ Αφομοίωσης (Assimilators) διακρίνεται από αφηρημένη σύλληψη εννοιών και στοχαστική παρατήρηση. Οι εκπαιδευόμενοι με μαθησιακό στυλ αφομοίωσης διαπρέπουν στη δημιουργία θεωρητικών μοντέλων και είναι καλοί στον επαγωγικό συλλογισμό και στην αφομοίωση των ανόμοιων παρατηρήσεων σε μια ενσωματωμένη εξήγηση. Χαρακτηριστικά, τέλος,

του μαθησιακού στυλ *Προσαρμογής [ή Διευκόλυνσης]* (Accommodators) είναι η εμπειρία και ο ενεργός πειραματισμός. Οι εκπαιδευόμενοι με μαθησιακό στυλ προσαρμογής δρουν ενεργά, εκτελούν προγράμματα και πειράματα και εμπλέκονται σε νέες εμπειρίες. Χαρακτηρίζονται επίσης ως ριψοκίνδυνοι και είναι άνθρωποι που διαπρέπουν σε καταστάσεις που υπάρχει ανάγκη για προσαρμογή σε συγκεκριμένες άμεσες περιστάσεις.

Οι Liegle, J.O. & Janichi T.N. (2006) χρησιμοποίησαν στη μελέτη τους μία εξελιγμένη μορφή της εργασίας του Kolb και του ερωτηματολογίου αναγνώρισης μαθησιακών στυλ του Klob (Kolb Learning Style Inventory (KLSI)), ερευνώντας το θέμα της σύγκρισης της κατευθυνόμενης από το εκπαιδευτικό σύστημα πλοήγησης με την ελεύθερη πλοήγηση από τον εκπαιδευόμενο, απομονώνοντας τη διάσταση που έχει την πλησιέστερη σχέση με την πλοήγηση και διακρίνοντας τους εκπαιδευόμενους σε *παρατηρητές* (Observers) και *εξερευνητές* (Explorers).

Κατά τη χρήση του συστήματος αναγνώρισης τρόπου μάθησης του Kolb, δηλ. του KLSI, αναφέρθηκαν συνεχόμενα προβλήματα κατά τους ελέγχους και επανελέγχους της αξιοπιστίας και της σταθερότητας του συστήματος. Διαπιστώθηκε ότι και η επόμενη έκδοση του συστήματος απέτυχε στο να λύσει τα ψυχομετρικά προβλήματα της αρχικής έκδοσης. Το πρόβλημα της αξιοπιστίας των επανελέγχων μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι οι άνθρωποι αλλάζουν το γνωσιακό τους στυλ. Οι Allishon et al. (1992) ανέφεραν ότι παρόλο που υπάρχουν αποδείξεις ότι κάποιοι άνθρωποι σταθερά παρουσιάζουν μία μορφή – τρόπο σκέψης, πολλοί αλλάζουν το γνωσιακό τους στυλ για να προσαρμοστούν στην τρέχουσα εργασία τους. Παρόλα αυτά, κάποιος μπορεί να υποστηρίξει ότι για τη διάρκεια ενός οδηγού εκπαίδευσης το μαθησιακό στυλ δεν θα αλλάξει. Το πλαίσιο μέσα σε ένα πακέτο εκπαίδευσης θα παραμείνει σχεδόν σταθερό αφού μόνο ένα αντικείμενο θα διδαχθεί. Αν μεταγενέστερα, ένα άλλο αντικείμενο διδαχθεί, τότε θα ήταν προτιμότερο να επανεξεταστεί το μαθησιακό στυλ.

Το πείραμα που διεξήγαγαν οι Liegle, J.O. & Janichi T.N. είχε σκοπό να καθοριστεί εάν διαφορετικοί εκπαιδευόμενοι (παρατηρητές και εξερευνητές) έχουν διαφορετικές ανάγκες πλοήγησης για να τους βοηθήσει στη μάθηση. Παρατηρήθηκε ότι οι εξερευνητές δεν ακολούθησαν την προτεινόμενη διαδρομή, και εξέφρασαν την επιθυμία να πραγματοποιήσουν "άλματα" γύρω από τις ενότητες εκμάθησης και να μάθουν με τη δική τους σειρά. Διαπιστώθηκε επίσης ότι τα άτομα που ήταν παρατηρητές ακολούθησαν την προτεινόμενη διαδρομή, κάνοντας κλικ στο κουμπί «επόμενο».

Επιπλέον, οι εξερευνητές που όντως πραγματοποίησαν άλματα σημείωσαν υψηλότερη βαθμολογία στο κουίζ στο τέλος της εκπαιδευτικής ενότητας από τους εξερευνητές που δεν έκαναν άλμα. Αντίθετα, οι παρατηρητές οι οποίοι δεν έκαναν άλματα σημείωσαν υψηλότερη βαθμολογία στο κουίζ στο τέλος της εκπαιδευτικής ενότητας, από τους παρατηρητές που έκαναν άλματα. Και τα δύο αυτά τα ευρήματα είναι σε συμφωνία με θεωρίες που έχουν παρουσιαστεί από άλλους ερευνητές.

Η έρευνα αυτή προσφέρει ιδέες τόσο για στην ακαδημαϊκή κοινότητα καθώς και στους διαχειριστές πληροφοριακών συστημάτων. Για την ερευνητική κοινότητα, η προτεινόμενη υπόθεση των Tan (1996) και Melara (1996) ότι το ποσό της μάθησης θα αυξηθεί όταν το στυλ διδασκαλίας είναι προσαρμοσμένο στον τύπο του εκπαιδευόμενου με την παροχή

τόσο της συμπεριφοράς και της επικοινωνιακής προσέγγισης της μάθησης που βασίζεται στην προσωπικότητα του μαθητή εξετάστηκε και κατά κύριο λόγο βρέθηκαν για να είναι αληθινή.

Για τους επαγγελματίες, τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης μπορεί να έχουν σημαντικές επιπτώσεις λόγω της ραγδαίας αύξησης των βασισμένων στον ιστό (Web-based) ενοτήτων μάθησης, καθώς όλο και περισσότερα μαθήματα πανεπιστημίων και των επιχειρήσεων προσφέρονται «on-line». Αν, όπως δείχνει η μελέτη τους, το ποσό της μάθησης πράγματι εξαρτάται από τον έλεγχο του εκπαιδευόμενου και το μαθησιακό στυλ των χρηστών, τότε, θα μπορούσαν να κατασκευαστούν πιο αποτελεσματικά συστήματα που κάνουν χρήση αυτής της σχέσης. Χρειάζεται να διεξαχθεί περαιτέρω έρευνα για να εξεταστεί κατά πόσον η πιθανή αύξηση στη μάθηση αντισταθμίζεται από την αύξηση του κόστους που θα δημιουργηθεί με την ανάγκη για παροχή πολλαπλών εκδόσεων του ίδιου εκπαιδευτικού υλικού.

Στα μέσα της δεκαετίας του 1980 ο Peter Honey και ο Alan Mumford προσάρμοσαν το μοντέλο του David Kolb. Δημοσίευσαν την δική τους εκδοχή του μοντέλου στα εγχειρίδια *The Manual of Learning Styles* (1982). Δύο προσαρμογές έγιναν στο βιωματικό μοντέλο του Kolb:

- Πρώτον, μετονομάστηκαν τα στάδια του κύκλου. Τα στάδια του μοντέλου των Honey και Mumford είναι: 1. Έχοντας μια εμπειρία (Doing – Activist) 2. Επανεξετάζοντας την εμπειρία (Reviewing – Reflector) 3. Εξάγοντας συμπεράσματα από την εμπειρία (Concluding – Theorist) 4. Σχεδιασμός των επόμενων βημάτων (Planning – Pragmatist).
- Δεύτερον, τα στυλ μάθησης είναι άμεσα ευθυγραμμισμένα με τα στάδια του κύκλου και ονομάζονται: α) *Ενεργητικός* (Activist). Οι ενεργητικοί εμπλέκονται πλήρως σε νέες εμπειρίες, είναι ενθουσιώδεις για οτιδήποτε νέο και μαθαίνουν καλύτερα δρώντας ενεργητικά. β) *Θεωρητικός* (Theorist). Οι θεωρητικοί προσαρμόζουν και ενσωματώνουν παρατηρήσεις σε θεωρίες. Χρειάζονται μοντέλα, ιδέες και δεδομένα για να τα χρησιμοποιήσουν στην εκπαιδευτική διαδικασία. γ) «Πραγματοστής» (Pragmatist). Οι πραγματιστές ενδιαφέρονται για τις πραγματικές εφαρμογές του εκπαιδευτικού υλικού. Προτιμούν να δοκιμάζουν και πειραματίζονται με ιδέες, θεωρίες και τεχνικές για να διαπιστώσουν αν λειτουργούν στην πράξη. Τέλος, δ) *Ανακλαστικός* (Reflector) ή στοχαστικός. Οι ανακλαστικοί είναι άνθρωποι που προτιμούν να παρατηρούν άλλους στις εμπειρίες τους υπό διαφορετικές οπτικές γωνίες και να σκέπτονται σχετικά με αυτές αρκετά πριν καταλήξουν σε ένα αποτέλεσμα. Για τους ανακλαστικούς, η μάθηση επιτυγχάνεται βασικά παρατηρώντας και αναλύοντας εμπειρίες.

Στο μοντέλο μαθησιακών στυλ των Felder-Silverman (1988)(FSLSM), οι εκπαιδευόμενοι χαρακτηρίζονται με τιμές σε τέσσερις διαστάσεις. Αυτές οι διαστάσεις βασίζονται σε κύριες διαστάσεις στον τομέα των μαθησιακών στυλ και μπορούν να εξεταστούν ανεξάρτητα μεταξύ τους. Δείχνουν πως ο εκπαιδευόμενος προτιμά να επεξεργάζεται

(ενεργητικά/στοχαστικά), να αντιλαμβάνεται (αισθητικά/διαισθητικά), να λαμβάνουν (λεκτικά/οπτικά) και να καταλαβαίνουν (διαδοχικά/καθολικά) τις πληροφορίες.

Ενώ αυτές οι διαστάσεις δεν είναι νέες στον τομέα των μαθησιακών στυλ, ο τρόπος που περιγράφουν οι Felder-Silverman το μαθησιακό στυλ ενός εκπαιδευόμενου θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι διαφέρει από τις μέχρι τότε υπάρχουσες προσεγγίσεις. Ενώ τα περισσότερα μοντέλα μαθησιακού στυλ που περιλαμβάνουν δύο ή περισσότερες διαστάσεις συνάγουν στατιστικά τον επικρατέστερο τύπο εκπαιδευόμενου από αυτές τις διαστάσεις, οι Felder και Silverman περιγράφουν το μαθησιακό στυλ χρησιμοποιώντας κλίμακα από +11 έως -11 για κάθε διάσταση (περιλαμβάνοντας μόνο περιττές τιμές). Με αυτό τον τρόπο, το μαθησιακό στυλ του κάθε εκπαιδευόμενου χαρακτηρίζεται από τέσσερις τιμές μεταξύ +11 και -11 μία για κάθε διάσταση. Αυτές οι κλίμακες διευκολύνουν την περιγραφή των προτιμήσεων του μαθησιακού στυλ με μεγαλύτερη λεπτομέρεια. Οι Felder και Silverman θεωρούν τα αποτελέσματα των παραπάνω προτιμήσεων ως τάσεις ή κλίσεις, εννοώντας ότι ακόμα και ο εκπαιδευόμενος με δυνατή προτίμηση σε κάποιο μαθησιακό στυλ μπορεί μερικές φορές να αντιδράσει με διαφορετικό από τον αναμενόμενο τρόπο.

Η *ενεργητική/στοχαστική* (active/reflective) διάσταση είναι ανάλογη με την αντίστοιχη διάσταση του μοντέλου του Kolb. Οι ενεργητικοί εκπαιδευόμενοι μαθαίνουν καλύτερα δουλεύοντας ενεργητικά με το υλικό εκπαίδευσης και δοκιμάζοντας. Ακόμα τείνουν να ενδιαφέρονται για την επικοινωνία με άλλους και προτιμούν να μαθαίνουν εργαζόμενοι σε ομάδες, όπου μπορούν να συζητούν για το εκπαιδευτικό υλικό. Αντίθετα, οι στοχαστικοί εκπαιδευόμενοι προτιμούν να σκέπτονται σχετικά με το υλικό ενώ σχετικά με την επικοινωνία, προτιμούν να δουλεύουν μόνοι ή σε μικρή ομάδα μαζί με έναν καλό φίλο.

Η *αισθητική/διαισθητική* (sensing/intuitive) διάσταση προέρχεται από τον δείκτη τύπου προσωπικότητας της Briggs-Myers (1962) και έχει ομοιότητες με το μοντέλο του Kolb (1984). Οι εκπαιδευόμενοι με αισθητικό μαθησιακό στυλ αρέσκονται στη μάθηση δεδομένων και συγκεκριμένων (concrete) εκπαιδευτικών υλικών χρησιμοποιώντας ως κύρια πηγή τις εμπειρίες αίσθησης συγκεκριμένων στιγμιότυπων του υλικού. Επίσης, προτιμούν να λύνουν προβλήματα χρησιμοποιώντας τυποποιημένες μεθόδους και επικεντρώνονται πιο εύκολα στις λεπτομέρειες. Ακόμα, οι εκπαιδευόμενοι με αισθητικό μαθησιακό στυλ θεωρούνται πιο ρεαλιστές και ευαίσθητοι, τείνουν να είναι πιο πρακτικοί από τους διαισθητικούς εκπαιδευόμενους και προτιμούν να συνδέουν το εκπαιδευτικό υλικό με τον πραγματικό κόσμο. Αντίθετα, οι διαισθητικοί εκπαιδευόμενοι προτιμούν να μελετούν αφηρημένο (abstract) εκπαιδευτικό υλικό όπως θεωρίες και υποκείμενες έννοιες με γενικές αρχές ως κύρια πηγή πληροφόρησης. Αρέσκονται στο να ανακαλύπτουν πιθανότητες και σχέσεις και τείνουν να είναι πιο καινοτόμοι και δημιουργικοί από τους αισθητικούς εκπαιδευόμενους. Αυτή η διάσταση διαφέρει από την *ενεργητική/στοχαστική* διάσταση για ένα σημαντικό λόγο: η *αισθητική/διαισθητική* διάσταση αναφέρεται στην προτιμώμενη πηγή πληροφόρησης, ενώ η *ενεργητική/στοχαστική* καλύπτει τη διαδικασία της μεταμόρφωσης της λαμβανόμενης πληροφορίας σε γνώση.

Η τρίτη, *λεκτική/οπτική* (visual/verbal) διάσταση αναφέρεται στον προτιμώμενο τρόπο εισόδου της πληροφορίας. Αυτή η διάσταση διαφοροποιεί τους εκπαιδευόμενους σε αυτούς που θυμούνται καλύτερα αυτά που έχουν δει (π.χ. εικόνες, διαγράμματα, διαγράμματα ροής κ.ο.κ.) και σε αυτούς που τους μένουν στην μνήμη περισσότερο όταν τους παρουσιάζεται υλικό σε μορφή κειμένου, ανεξάρτητα από το αν τους παρουσιάζεται γραπτό ή αφηγούμενο.

Στην τέταρτη διάσταση, οι εκπαιδευόμενοι διακρίνονται σε *διαδοχικούς ή ακολουθιακούς ή σειριακούς* (sequential) και *καθολικούς* (global), ανάλογα με τον τρόπο που μαθαίνουν. Οι *σειριακοί* εκπαιδευόμενοι μαθαίνουν σε μικρά διαδοχικά βήματα και γι αυτό έχουν γραμμική εκπαιδευτική πρόοδο. Τείνουν να ακολουθούν λογικές διαδοχικές διαδρομές για να βρύνουν λύσεις. Αντίθετα οι *καθολικοί εκπαιδευόμενοι* χρησιμοποιούν ολιστική διαδικασία σκέψης και μαθαίνουν με μεγάλα βήματα. Τείνουν να απορροφούν εκπαιδευτικό υλικό σχεδόν τυχαία χωρίς να διακρίνουν τις σχέσεις μεταξύ των εννοιών και αφού μελετήσουν αρκετό υλικό ξαφνικά καταλαβαίνουν την συνολική εικόνα του θέματος. Τότε μπορούν να λύσουν πολύπλοκα προβλήματα και να συνθέσουν έννοιες με καινοτόμους τρόπους αλλά αντιμετωπίζουν δυσκολίες στο να εξηγήσουν πως το έκαναν. Επειδή, για τους *καθολικούς εκπαιδευόμενους* η συνολική εικόνα είναι πιο σημαντική, αυτοί τείνουν να ενδιαφέρονται περισσότερο για επισκοπήσεις και ευρύτερη γνώση, ενώ οι *σειριακοί εκπαιδευόμενοι* ενδιαφέρονται περισσότερο για τις λεπτομέρειες.

Σε διαδικτυακά συστήματα εκπαίδευσης υπάρχει μία διεπαφή εκπαιδευτικού περιβάλλοντος που θα πρέπει να έχει παρόμοια χαρακτηριστικά με τον σύμβουλο εκπαίδευσης για να παρέχει εκπαιδευτικό υλικό (ή «αντικείμενα εκπαίδευσης», όπως είναι η σχετική ορολογία) στους εκπαιδευόμενους. Στο υλικό εκπαίδευσης, το οποίο βρίσκεται σε μορφή πολυμέσων, κειμένων, ή παρουσιάσεων μπορεί να ακολουθούνται πολλοί διαφορετικοί τρόποι πλοήγησης. Στο προτεινόμενο «σύστημα αποικίας μυρμηγκιών» των Wang T.-I. Et al. (2008) που παρουσιάζεται και στην §4.4.3 της τρέχουσας εργασίας, χρησιμοποιούνται μαθησιακά στυλ σύμφωνα με το σύστημα κατάταξης VARK, (Daniel και Martin, 1999) που επιτρέπουν στο σύστημα εκμάθησης να βρει τις εκπαιδευτικές παρουσιάσεις που συμπληρώνουν τις ποικίλες προτιμήσεις εκμάθησης των εκπαιδευόμενων.

<b>VARK</b>	<b>Εργαλεία μέσω των οποίων επιτυγχάνεται αποδοτικότερη αφομοίωση των πληροφοριών</b>	<b>Τρόπος Μάθησης</b>
<i>Οπτικός</i> ( <i>Visual</i> )	Διαγράμματα, Γραφικές παραστάσεις, Διαγράμματα ροής, σύμβολα, βέλη, ιεραρχίες	Οπτική μάθηση
<i>Ακουστικός</i> ( <i>Audio</i> )	Διαλέξεις, Φωνητικός οδηγός, Κασέτες ήχου, Ομαδικές συζητήσεις, Ομιλία, Άμεση ομιλία	Ακουστική μάθηση
<i>Ανάγνωσης-Γραφής</i> ( <i>Read/write</i> )	Οποιαδήποτε είσοδος ή έξοδος που βασίζεται στην γραφή	Μάθηση με γραφή
<i>Κινησθητικός</i> ( <i>Kinesthetic</i> )	Δραστηριότητα εμπειρίας ή πρακτικής, π.χ. παιχνίδι ρόλων	Μάθηση με συμμετοχή

Πίνακας 1 : το στυλ VARK



Το VARK είναι ένα ερωτηματολόγιο που επικεντρώνεται στην ανάπτυξη στρατηγικών ατομικά προσαρμοσμένων. Όταν χρησιμοποιείται σε εκπαιδευόμενους, μπορεί να καθορίσει το προτιμητέο στυλ μάθησης. Για παράδειγμα, αν κατά την εξέταση της κατάταξης VARK ενός χρήστη έχουμε βαθμολογίες: Οπτικός: 2, Ακουστικός: 6, Ανάγνωση/Γραφή: 3, και Κινησθητικότητα: 3, τότε μπορεί κανείς να συμπεράνει ότι ο χρήστης/εκπαιδευόμενος μαθαίνει καλύτερα από την ακρόαση, την αλληλεπίδραση στην τάξη μέσα από τη συνομιλία και εξηγώντας τι έχει διδαχθεί σε άλλους.

Η μελέτη των Daniel και Martin (1999) στο στυλ VARK και τα αποτελέσματά της, για την εκμάθηση στο στυλ «Κ» (Kinesthetic), δείχνουν ότι οι σπουδαστές ανταποκρίθηκαν θετικά στη πρακτική (hands-on) εργασία. Ως εκ τούτου, η κατανόηση των προτιμήσεων των μαθητών στους τρόπους μάθησης θα μπορούσε να τους βοηθήσει να μελετήσουν πιο αποτελεσματικά με τη χρήση τεχνικών που βελτιώνουν τον τρόπο που μαθαίνουν και οργανώνουν τις πληροφορίες.

### **2.2.3 Η εφαρμογή των Μαθησιακών Στυλ στην Εκπαίδευση**

Πολλοί ερευνητές και θεωρητικοί της εκπαίδευσης υποστηρίζουν ότι το μαθησιακό στυλ είναι ένας σημαντικός παράγοντας στην εκπαιδευτική διαδικασία και συμφωνούν ότι η ενσωμάτωσή του στην εκπαίδευση μπορεί να κάνει τη μάθηση ευκολότερη. Επίσης υποστηρίζεται ότι εκπαιδευόμενοι με ισχυρή προτίμηση σε ένα συγκεκριμένο μαθησιακό στυλ μπορεί να αντιμετωπίσουν δυσκολίες, αν το δικό τους μαθησιακό στυλ δεν υποστηρίζεται από το εκπαιδευτικό περιβάλλον που χρησιμοποιούν.

Η ταύτιση του εκπαιδευτικού-διδασκτικού στυλ με το μαθησιακό στυλ των εκπαιδευόμενων έχει βραχυπρόθεσμο στόχο να κάνει την εκπαίδευση όσο το δυνατόν ευκολότερη. Παρόλα αυτά, για τη μακροπρόθεσμη διατήρηση της γνώσης, υποστηρίζεται ότι οι εκπαιδευόμενοι πρέπει να εκπαιδευτούν και με τύπους διδασκαλίας που δεν ταυτίζονται με το δικό τους μαθησιακό στυλ. Η ικανότητα να προσαρμόζονται σε διαφορετικά εκπαιδευτικά στυλ θα τους οπλίσει με σημαντικές δεξιότητες χρήσιμες για τη ζωή τους. Συνοψίζοντας, σε πολλές έρευνες που έχουν γίνει σχετικά με αυτό το θέμα, υποστηρίζεται ότι κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής διαδικασίας, θα έπρεπε να εφαρμόζεται και διαφορετικό διδασκτικό στυλ από το μαθησιακό στυλ των εκπαιδευομένων με ελεγχόμενο όμως τρόπο και ανάλογα με τις συγκεκριμένες συνθήκες που επικρατούν, όπως ο τρέχων εκπαιδευτικός στόχος, η εμπειρία του εκπαιδευόμενου στο συγκεκριμένο εκπαιδευτικό θέμα, η παρόρμηση κ.ά.

### **2.2.4 Εκπαιδευτικά Προσαρμοστικά Συστήματα Υπερμέσων**

Το υπερκείμενο ορίζεται ως μη σειριακό κείμενο διασυνδεδεμένο με συνδέσμους (links). Αντίστοιχα, με τον όρο υπερμέσο επεκτείνεται η έννοια του υπερκείμενου με την δημιουργία παρουσιάσεων που εμπεριέχουν στοιχεία πολυμέσων, όπως γραφικά, ήχο και βίντεο. Ο σκοπός των Προσαρμοστικών Συστημάτων Υπερμέσων (adaptive hypermedia systems) είναι να προσφέρουν υπερμεσικό υλικό που να ταιριάζει στις προσωπικές ανάγκες του κάθε χρήστη. Ένα τέτοιο σύστημα θα πρέπει να καλύπτει τρεις προϋποθέσεις: α) να είναι ένα σύστημα υπερκειμένου ή υπερμέσων, β) να έχει μοντέλο χρηστών και γ) να μπορεί να προσαρμόζεται σύμφωνα με το παραπάνω μοντέλο. Η

διαδικασία της προσαρμοστικότητας σε τέτοια συστήματα αποτελείται από δύο τμήματα: 1) δημιουργείται το μοντέλο του εκπαιδευόμενου που θα περιέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για να πραγματοποιηθεί η προσαρμογή και 2) οι παραπάνω πληροφορίες χρησιμοποιούνται για να δημιουργηθεί ένα μάθημα προσαρμοσμένο στον εκπαιδευτικό τρόπο/τύπο του εκπαιδευόμενου.

Η γενικότερη έννοια της προσαρμογής σε συστήματα έχει δύο διαστάσεις. Ένα σύστημα είναι *προσαρμόσιμο* (adaptable) όταν επιτρέπεται στον χρήστη να τροποποιεί συγκεκριμένες παραμέτρους και να προσαρμόζει το σύστημα ανάλογα, ενώ είναι *προσαρμοστικό* (adapative) όταν αυτό προσαρμόζεται αυτόματα βασιζόμενο στις παραδοχές σχετικά με τις ανάγκες των χρηστών του.

Σε ένα προσαρμοστικό σύστημα το μοντέλο του εκπαιδευόμενου μπορεί να κατασκευαστεί με δύο τρόπους: με τον *συνεργατικό* (collaborative) τρόπο και με τον *αυτόματο* τρόπο. Με τον συνεργατικό τόπο, ο εκπαιδευόμενος παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες για να οριστεί και για να ενημερώνεται το μοντέλο εκπαίδευσης που θα χρησιμοποιηθεί γι αυτόν: μπορεί ο εκπαιδευόμενος να ορίσει ο ίδιος ρητά κάποιες επιλογές σχετικά με τις προτιμήσεις του τρόπου εκπαίδευσης, ή να αφεθεί να ορίσει ο ίδιος την προσαρμογή, ή και να του δοθεί το δικαίωμα να ενημερώνει το μοντέλο εκπαιδευόμενου. Η τεχνική που συνήθως χρησιμοποιείται για να ληφθούν οι απαραίτητες πληροφορίες σχετικά με το μαθησιακό στυλ των εκπαιδευόμενων είναι να τους δίδεται για να συμπληρώσουν ένα ερωτηματολόγιο. Σύμφωνα με τον αυτόματο τρόπο, η δημιουργία και ενημέρωση του μοντέλου του εκπαιδευόμενου γίνεται από το σύστημα, κατόπιν παρακολούθησης και ανάλυσης της συμπεριφοράς και των κινήσεων των εκπαιδευόμενων κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής διαδικασίας.

Το δεύτερο βήμα της διαδικασίας της προσαρμοστικότητας όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, ασχολείται με την καθαυτού εργασία της προσαρμογής. Τι είναι αυτό όμως που «προσαρμόζεται»; Υπάρχουν δύο ειδών προσαρμογών που μπορεί να πραγματοποιηθούν α) η προσαρμοστική παρουσίαση και β) η προσαρμοστική πλοήγηση. Η προσαρμοστική πλοήγηση βασίζεται σε συνδέσμους και μπορεί να περιλαμβάνει καθοδήγηση, προσαρμοστική αντιστοίχιση μεταξύ εκπαιδευτικών αντικειμένων ή συνδέσμων ανάλογα με το προφίλ του εκπαιδευόμενου, καθώς και προσαρμοστική ταξινόμηση (δηλαδή διάταξη των διαθέσιμων συνδέσμων με φθίνουσα σειρά καταλληλότητας για το προφίλ του κάθε εκπαιδευόμενου), απόκρυψη, επισήμανση και δημιουργία συνδέσμων. Η προσαρμοστική παρουσίαση, περιλαμβάνει προσαρμοστικότητα του εκπαιδευτικού περιεχομένου, όπως προσαρμοστική παρουσίαση πολυμέσων, προσαρμοστική παρουσίαση κειμένων και προσαρμοστική επιλογή του τρόπου παρουσίασης (με την έννοια της πρόσληψης μέσω ακόμα και διαφορετικής αίσθησης – π.χ. ακουστικά, οπτικά, απτικά κ.λπ.). Η προσαρμοστική παρουσίαση κειμένων μπορεί να διακριθεί σε προσαρμοστικότητα φυσικής γλώσσας (δηλαδή η μηχανική τροποποίηση του κειμένου έτσι ώστε το αποτέλεσμα να είναι το κατάλληλα προσαρμοσμένο στις απαιτήσεις κείμενο) και τμηματική (canned) προσαρμοστικότητα κειμένου. Η τελευταία περιλαμβάνει προσθήκη ή αφαίρεση αποσπασμάτων (fragments) του κειμένου εμφανίζοντάς τα ή αποκρύπτοντάς τα, τροποποίηση των αποσπασμάτων κειμένου

αλλάζοντας κείμενο μέσα σε κάθε απόσπασμα, ταξινόμηση αποσπασμάτων, κάνοντας λιγότερο εμφανή κάποια αποσπάσματα, για παράδειγμα, χρησιμοποιώντας γκρι χρώμα γραμμάτων, και αναπτυσσόμενο κείμενο όπου παράγραφοι κειμένου εμφανίζονται ή αποκρύπτονται αρχικά από το σύστημα αλλά μπορούν να κλειστούν ή ανοιχτούν από τον εκπαιδευόμενο.

Μία άλλη διάσταση αναφέρεται στις πληροφορίες σχετικά με τον εκπαιδευόμενο που χρησιμοποιούνται για να γίνει δυνατή η επίτευξη της προσαρμοστικότητας. Η προσαρμοστικότητα μπορεί να βασιστεί σε διάφορα χαρακτηριστικά και ανάγκες των εκπαιδευόμενων. Για παράδειγμα, το σύστημα μπορεί να παρέχει προσαρμοστικότητα ανάλογα με τις προηγούμενες γνώσεις, τους εκπαιδευτικούς στόχους, τις νοηματικές δυνατότητες και τα μαθησιακά στυλ των εκπαιδευομένων.

Για την παροχή προσαρμοστικότητας που βασίζεται σε προτιμήσεις και δεξιότητες και ειδικότερα στο πλαίσιο των μαθησιακών στυλ, υπάρχει μία ακόμα διάσταση που αφορά τη γενικότερη κατεύθυνση στην επιλογή του διδακτικού-εκπαιδευτικού στυλ. Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη παράγραφο (§2.2.3), ενώ συχνότερα ακολουθείται η τακτική της ταύτισης του διδακτικού στυλ με το μαθησιακό στυλ του εκπαιδευομένου, σε μερικές περιπτώσεις και υπό ειδικές συνθήκες επιλέγεται η τακτική της εφαρμογής εκπαιδευτικού στυλ που δεν ταυτίζεται με το μαθησιακό στυλ του εκπαιδευομένου.

### **2.2.5 Η αυτόματη ανίχνευση των μαθησιακών στυλ των εκπαιδευομένων**

Η διαδικασία αυτόματης ανίχνευσης των μαθησιακών στυλ αποτελείται από δύο βήματα: Στο πρώτο βήμα καθορίζεται η συμπεριφορά των εκπαιδευομένων που είναι σχετική με τη διαδικασία της ανίχνευσης μαθησιακού στυλ, ώστε αυτή να παρατηρηθεί και να αναλυθεί, προκειμένου να ανιχνευθεί το μαθησιακό στυλ των εκπαιδευομένων. Αυτό γίνεται συνήθως σύμφωνα με τη θεωρία των μοντέλων μαθησιακών στυλ και περιλαμβάνει παρατηρήσεις σχετικά με χαρακτηριστικά και πρότυπα, τα όρια κατηγοριοποίησης αλλά και τα σχετικά πρότυπα για κάθε διάσταση των μαθησιακών στυλ. Το δεύτερο βήμα αφορά την εκτίμηση σχετικά με τον τρόπο της προετοιμασίας και χρήσης των δεδομένων που έχουν συλλεχθεί με σκοπό να εξαχθούν μαθησιακά στυλ από αυτά τα δεδομένα. Για την εκτέλεση αυτού του βήματος εφαρμόζονται δύο διαφορετικές προσεγγίσεις, ή οδηγούμενη από τα δεδομένα προσέγγιση και η οδηγούμενη από τη βιβλιογραφία προσέγγιση.

Η οδηγούμενη από τα δεδομένα προσέγγιση, χρησιμοποιεί δείγματα δεδομένων ώστε να κατασκευάσει το μοντέλο για την αναγνώριση των μαθησιακών στυλ από τη συμπεριφορά των εκπαιδευομένων. Η οδηγούμενη από τα δεδομένα προσέγγιση έχει σκοπό την κατασκευή ενός μοντέλου αντικαθιστώντας το ερωτηματολόγιο του ευρετηρίου μαθησιακών στυλ (ILS) των Felder and Soloman (1997). Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι το παραγόμενο μοντέλο μπορεί να είναι πολύ ακριβές αφού χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του πραγματικά δεδομένα. Παρόλα αυτά, αφού η μέθοδος αυτή εξαρτάται αυστηρά από τα διαθέσιμα δεδομένα, το υπό επεξεργασία σύνολο δεδομένων είναι κρίσιμο για την κατασκευή μοντέλου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για την αναγνώριση μαθησιακών στυλ από δεδομένα του ίδιου

μαθήματος όσο και για την αναγνώριση μαθησιακών στυλ από δεδομένα οποιουδήποτε μαθήματος.

Ο δεύτερος τρόπος αναγνώρισης μαθησιακών στυλ είναι η χρήση της οδηγούμενης από την βιβλιογραφία προσέγγισης. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία, οι εκπαιδευόμενοι που προτιμούν ένα συγκεκριμένο μαθησιακό στυλ, συμπεριφέρονται με ένα συγκεκριμένο τρόπο. Η ιδέα είναι να χρησιμοποιηθεί η συμπεριφορά των εκπαιδευόμενων με σκοπό να εξαχθούν ενδείξεις σχετικά με τις προτιμήσεις τους σε κάποιο μαθησιακό στυλ και έπειτα χρησιμοποιώντας μία μέθοδο κανόνων να οριστεί το μαθησιακό στυλ τους από τις επαληθευμένες ενδείξεις. Ο παραπάνω τρόπος αναγνώρισης μαθησιακού στυλ μοιάζει με την μέθοδο αναγνώρισης στην οποία χρησιμοποιείται το ερωτηματολόγιο ILS, αλλά έχει το πλεονέκτημα ότι είναι γενική και εφαρμόσιμη με δεδομένα που συλλέγονται από οποιοδήποτε μάθημα επειδή το μοντέλο μαθησιακών στυλ των Felder-Silverman αναπτύχθηκε γενικότερα για την εκπαίδευση. Παρόλα αυτά, η μέθοδος αυτή μπορεί να έχει πρόβλημα στην εκτίμηση της σπουδαιότητας των διαφόρων ενδείξεων που χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό του μαθησιακού στυλ.

### **2.2.6 Η βελτίωση της ανίχνευσης των μαθησιακών στυλ χρησιμοποιώντας πληροφορίες από τα γνωστικά χαρακτηριστικά (Cognitive traits) των εκπαιδευομένων**

Στην προηγούμενη παράγραφο αναφέρθηκε η αναγνώριση μαθησιακών στυλ των εκπαιδευομένων από τη συμπεριφορά και τις κινήσεις τους μέσα σε ένα μάθημα. Υπάρχουν όμως κι άλλες πηγές που προσφέροντας επιπρόσθετες πληροφορίες θα μπορούσαν να συνεισφέρουν στη διαδικασία αναγνώρισης μαθησιακών στυλ. Οι επιπρόσθετες αυτές πληροφορίες μπορούν να βελτιώσουν την ακρίβεια στην αυτόματη μοντελοποίηση των εκπαιδευομένων.

Οι άνθρωποι έχουν ένα πλήθος από νοητικές ικανότητες (abilities) ή χαρακτηριστικά (traits). Οι νοητικές ικανότητες μπορούν να οριστούν ως οι ικανότητες εκτέλεσης εκείνων των νοητικών λειτουργιών που χρησιμοποιούνται στην απόκτηση και επεξεργασία πληροφοριών (Colman, 2006). Η νόηση (Cognition) ορίζεται ως η νοητική λειτουργία της αντίληψης (knowing) συμπεριλαμβανομένης της επίγνωσης (awareness), της αντίληψης (perception), του συλλογισμού (reasoning) και της κρίσης (judgment)(Pickett,2001).

Οι σημαντικότερες νοητικές ικανότητες που σχετίζονται με τη μάθηση είναι: Η χωρητικότητα της μνήμης εργασίας (Working Memory Capacity), η δυνατότητα επαγωγικού συλλογισμού (Inductive Reasoning Ability), η ταχύτητα επεξεργασίας πληροφοριών (Information processing speed) και συσχετιστικές μαθησιακές ικανότητες (Associative learning skills).

Η μνήμη εργασίας ή αλλιώς, η βραχυπρόθεσμη μνήμη των ανθρώπων τους επιτρέπει να θυμούνται ένα περιορισμένο πλήθος πληροφοριών (περίπου  $7 \pm 2$  αντικείμενα) για ένα σύντομο χρονικό διάστημα (Miller, 1956). Ενώ υπάρχουν πολλές απόψεις για την δομή της μνήμης εργασίας, όλοι οι ερευνητές συμφωνούν ότι αποτελείται από υποσυστήματα αποθήκευσης και επεξεργασίας (Richards-Ward, 1996). Όπως και τα μαθησιακά στυλ έτσι και η μνήμη εργασίας επηρεάζει τη διαδικασία μάθησης. Ερευνητές απέδειξαν ότι η ταχύτητα της μάθησης, η απομνημόνευση εννοιών που έχουν μελετηθεί, η

αποτελεσματικότητα της ικανότητας συλλογής πληροφοριών και πολλές άλλες μαθησιακές ικανότητες επηρεάζονται από τη χωρητικότητα της μνήμης εργασίας. Συνεπώς, όπως συμβαίνει και με τα μαθησιακά στυλ, η προσαρμοστικότητα που βασίζεται σε νοητικά χαρακτηριστικά όπως η χωρητικότητα της μνήμης εργασίας, μπορεί να βοηθήσει τους εκπαιδευόμενους στη μάθηση. Αντίθετα, παρέχοντας στους εκπαιδευόμενους εκπαιδευτικό περιεχόμενο το οποίο ξεπερνά της νοητικές δυνατότητες του εκπαιδευόμενου, επηρεάζει την μαθησιακή διαδικασία με αρνητικό τρόπο και οδηγεί σε μειωμένη απόδοση του εκπαιδευομένου.

Μελέτη της Sabine Graf (2007) έδειξε ότι υπάρχει σχέση μεταξύ των μαθησιακών στυλ και των νοητικών χαρακτηριστικών, και ειδικότερα της χωρητικότητας της μνήμης εργασίας των εκπαιδευομένων. Η ύπαρξη της σχέσης μεταξύ των μαθησιακών στυλ και της χωρητικότητας της μνήμης εργασίας θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε συστήματα αυτόματης αναγνώρισης μαθησιακού μοντέλου εκπαιδευομένων επιτυγχάνοντας ταχύτερη εξαγωγή ακριβέστερων αποτελεσμάτων.

## Κεφάλαιο 3. Μοντέλα χρηστών στην ηλεκτρονική εκπαίδευση

### 3.1 Εισαγωγή

Τα προσαρμοστικά συστήματα βασίζονται στην περιγραφή των χαρακτηριστικών του χρήστη. Το σύνολο αυτών των χαρακτηριστικών του χρήστη-εκπαιδευόμενου ονομάζεται *μοντέλο χρήστη* ή *μοντέλο εκπαιδευόμενου* ειδικά για τα προσαρμοστικά εκπαιδευτικά συστήματα. Η διαδικασία συγκέντρωσης πληροφοριών και κατασκευής - ενημέρωσης του μοντέλου εκπαιδευόμενου, ονομάζεται *μοντελοποίηση εκπαιδευόμενου*. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι μέθοδοι σύνθεσης και τα είδη μοντέλων που χρησιμοποιούνται στα προσαρμοστικά συστήματα ηλεκτρονικής εκπαίδευσης.

Πριν όμως παρουσιαστούν οι λεπτομέρειες των μοντέλων, και δεδομένου ότι κατά τη διερεύνηση του επιπέδου γνώσης των εκπαιδευόμενων χρησιμοποιείται σε κάποιες εργασίες η ταξινομία Bloom, κρίνεται σκόπιμο εδώ να αναφερθούν κάποιες πληροφορίες για αυτήν. Η ταξινομία Bloom (Bloom Taxonomy), αναφέρεται (Bloom et al., 1956) ως η ταξινόμηση των λειτουργιών της νόησης (cognitive taxonomy) και βασίζεται στην ιδέα ότι οι νοητικές λειτουργίες μπορούν να διαταχθούν σε έξι επίπεδα αυξανόμενης πολυπλοκότητας. Το νόημα της κατάταξης είναι ότι η κατάκτηση του επόμενου επιπέδου εξαρτάται από την ικανότητα απόδοσης του εκπαιδευόμενου στο προηγούμενο επίπεδο ή στα προηγούμενα επίπεδα. Για παράδειγμα, η ικανότητα *εκτίμησης ή κρίσης* - που αποτελεί το ανώτερο επίπεδο της κατάταξης της νόησης - μπορεί να υπάρξει υπό την προϋπόθεση ότι ο εκπαιδευόμενος *έχει* τις απαραίτητες πληροφορίες, *κατανοεί* αυτές τις πληροφορίες, *μπορεί να τις εφαρμόσει*, *μπορεί να τις αναλύσει*, *να τις συνθέσει* και τελικά *να τις αξιολογήσει – εκτιμήσει*. Η ταξινομία δεν ήταν απλά ένα σχήμα κατάταξης αλλά ήταν μία προσπάθεια να οργανωθεί ιεραρχικά η νοητική διεργασία.

Ένα παράδειγμα εφαρμογής της ανανεωμένης έκδοσης ταξινομίας Bloom χρησιμοποιήθηκε από το δημόσιο σχολείο της Omaha στην Nebraska των Η.Π.Α. Ο σκοπός του μαθήματος που βασίζεται πάνω στην ιστορία «Η Goldilocks και οι τρεις αρκούδες Bears» (Goldilocks and the Three Bears) παρουσιάζεται για κάθε ένα από τα επίπεδα της Νοητικής Διεργασίας όπως αυτή παρουσιάζεται στον Αναθεωρημένο Πίνακα Ταξινομίας.

Απομνημόνευση:	Περιγραφή του χώρου που ζούσε η Goldilocks.
Κατανόηση:	Σύνοψη του περιεχομένου της ιστορίας της Goldilocks.
Εφαρμογή:	Δημιουργία θεωρίας σχετικά με το λόγο που η Goldilocks πήγε μέσα στο σπίτι

Ανάλυση:	Διαφοροποίηση μεταξύ του πως αντέδρασε η Goldilocks και πως θα αντιδρούσε ο μαθητής σε κάθε συμβάν της ιστορίας της Goldilocks.
Αξιολόγηση:	Εκτίμηση για το αν πράγματι συνέβησαν στην Goldilocks αυτά που αναφέρει η ιστορία.
Δημιουργία:	Σύνθεση τραγουδιού ή συγγραφή ενός σκετς ή ποίημα για την μετατροπή της ιστορίας σε νέα μορφή.

Παρόλο που αυτό το παράδειγμα της ταξινομίας Bloom είναι πολύ απλοϊκό, μπορεί να αναδείξει την ευκολία και την χρησιμότητα του Αναθεωρημένου Πίνακα Ταξινομίας.

### ***3.2 Μοντέλα χρηστών για προσαρμοστικά υπερμέσα και προσαρμοστικά εκπαιδευτικά συστήματα. (User Models for Adaptive Hypermedia and Adaptive Educational Systems)***

#### **3.2.1 Μοντελοποίηση**

Ανάλογα με τη φύση των πληροφοριών που μοντελοποιούνται στα προσαρμοστικά διαδικτυακά συστήματα, διακρίνονται μοντέλα που αναπαριστούν προσωπικά χαρακτηριστικά των χρηστών και μοντέλα που αναπαριστούν το τρέχον πλαίσιο εργασίας των χρηστών. Τα πρώτα είναι σημαντικά για όλα τα προσαρμοστικά διαδικτυακά συστήματα ενώ τα τελευταία αφορούν τα κινητά – φορητά προσαρμοστικά συστήματα όπου το πλαίσιο είναι ουσιώδες. Αυτή η ενότητα ασχολείται με τα πέντε πιο γνωστά και χρήσιμα χαρακτηριστικά που προκύπτουν όταν αντιμετωπίζεται ο χρήστης σαν άτομο. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι: η γνώση του χρήστη, τα ενδιαφέροντα, οι στόχοι, το υπόβαθρο και οι προσωπικές ιδιαιτερότητες. Επίσης στις παραγράφους που ακολουθούν, παρουσιάζεται το μοντέλο χρήστη βασισμένο σε στερεότυπα το οποίο είναι μία εναλλακτική πρόταση του πιο γνωστού μοντέλου βασισμένο σε χαρακτηριστικά.

#### **3.2.2 Μοντέλο βασισμένο σε χαρακτηριστικά έναντι Μοντέλου Στερεότυπων**

Σύμφωνα με την εργασία των Brusilovsky και Millan (2007) τα μοντέλα που βασίζονται σε χαρακτηριστικά (feature-based models) προσπαθούν να μοντελοποιήσουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του κάθε χρήστη όπως η γνώση, τα ενδιαφέροντα, οι στόχοι κ.τ.λ. Κατά τη διάρκεια της εργασίας των χρηστών – εκπαιδευόμενων με το σύστημα, τα παραπάνω χαρακτηριστικά μπορεί να μεταβληθούν, οπότε ο σκοπός των μοντέλων που βασίζονται σε χαρακτηριστικά είναι να παρακολουθούν και να παρουσιάζουν μία ενημερωμένη κατάσταση για τα χαρακτηριστικά του μοντέλου. Εναλλακτικό του μοντέλου βασισμένου σε χαρακτηριστικά είναι το μοντέλο στερεοτύπων.

Η προσέγγιση του μοντέλου στερεοτύπων χρηστών είναι μία από τις παλιότερες προσεγγίσεις στη μοντελοποίηση χρηστών. Τα μοντέλα χρηστών τύπου στερεοτύπου προσπαθούν να ομαδοποιήσουν όσο περισσότερους χρήστες σε ομάδες που καλούνται στερεότυπα. Όλοι οι χρήστες που ανήκουν στο ίδιο στερεότυπο αντιμετωπίζονται με τον ίδιο τρόπο από τον προσαρμοστικό μηχανισμό. Ένας χρήστης σε ένα κλασικό σύστημα βασισμένο σε στερεότυπα αντιπροσωπεύεται απλώς από το τρέχον στερεότυπο (δηλαδή,

από το στερεότυπο που ανήκουν). Ανάλογα, κάθε στερεότυπο συγκεντρώνει χρήστες με συγκεκριμένο μίγμα χαρακτηριστικών. Παρόλα αυτά, η μοντελοποίηση με στερεότυπα αγνοεί τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των χρηστών και χρησιμοποιεί το στερεότυπο ως σύνολο. Πιο συγκεκριμένα, ο στόχος της μοντελοποίησης με στερεότυπα είναι η αντιστοίχιση συγκεκριμένου συνδυασμού χαρακτηριστικών με ένα από τα στερεότυπα. Στη συνέχεια, μόνο το τρέχον στερεότυπο του χρήστη χρησιμοποιείται στην προσαρμοστικότητα. Οποιοσδήποτε αλλαγές στα χαρακτηριστικά του χρήστη αντιμετωπίζονται, αν είναι απαραίτητο, απλά αναθέτοντάς του διαφορετικό στερεότυπο.

Τα στερεότυπα είχαν εκτενέστατα χρησιμοποιηθεί στα παλαιότερα προσαρμοστικά συστήματα από το 1989 έως το 1994. Πρόσφατα, τα μοντέλα στερεότυπων επισκιάστηκαν από τα μοντέλα που βασίζονται σε χαρακτηριστικά. Παρόλα αυτά, τα μοντέλα στερεοτύπων είχαν χρησιμοποιηθεί σε πολλά διαδικτυακά συστήματα. Επίσης, οι τεχνικές που αναπτύχθηκαν για τη μοντελοποίηση στερεοτύπων και την προσαρμοστικότητα, βρήκαν έδαφος εφαρμογής και πέρα από την κλασική μοντελοποίηση στερεοτύπων, κυρίως στη διαχείριση μοντέλων αδρής λεπτομέρειας που βασίζονται σε χαρακτηριστικά (low-granularity feature-based models).

Μία πολλά υποσχόμενη κατεύθυνση για μελλοντική εφαρμογή των μοντέλων στερεοτύπων είναι η χρήση τους σε συνδυασμό με μοντέλα που βασίζονται σε χαρακτηριστικά. Ένας από τους πιο γνωστούς συνδυασμούς είναι η χρήση ενός στερεοτύπου για την αρχικοποίηση ενός μοντέλου βασισμένο σε χαρακτηριστικά. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει την αποφυγή του προβλήματος του «νέου χρήστη» στη μοντελοποίηση που βασίζεται σε χαρακτηριστικά όπου δεν είναι δυνατή η αποτελεσματική προσαρμοστικότητα σε ένα νέο χρήστη αφού η μοντελοποίηση ξεκινά από μηδενική βάση. Ένα καλό παράδειγμα του παραπάνω συνδυασμού είναι αυτό που χρησιμοποιείται στο σύστημα SeAN (Ardissono et al 2001) για την προσαρμοστική παρουσίαση ειδήσεων. Ξεκινώντας η λειτουργία του συστήματος με έναν νέο χρήστη, το SeAN προσπαθεί να ταυτίσει το σύνολο κάποιων δημογραφικών χαρακτηριστικών, όπως ηλικία, μόρφωση και τύπος απασχόλησης, με ένα σύνολο προκατασκευασμένων στερεοτύπων. Αυτά τα στερεότυπα, στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για να αρχικοποιήσουν το βασισμένο σε χαρακτηριστικά μοντέλο των γνώσεων και ενδιαφερόντων του χρήστη. Ακόμα μία πολλά υποσχόμενη κατεύθυνση για την μοντελοποίηση βασισμένη σε στερεότυπα είναι η χρήση τους σε συνδυασμό με τα μοντέλα ομάδων (Jameson et al, 2007). Τα μοντέλα ομάδων γίνονται όλο και πιο δημοφιλή στη διαδικτυακή εξατομίκευση. Τα μοντέλα ομάδων καλούνται να μοντελοποιήσουν τη συμπεριφορά ομάδων χρηστών. Οι ομάδες αυτές σχηματίζονται πριν ή και κατά τη διάρκεια της συμμετοχής των χρηστών τους σε κάποια δραστηριότητα. Η ιδιαιτερότητα των μοντέλων ομάδων είναι ότι λαμβάνουν υπόψη διαστάσεις όπως: α) στοιχεία ομοιότητας των μελών όπως για παράδειγμα, κοινά ενδιαφέροντα, κοινό υπόβαθρο, κοινές συνήθειες κ.ά., και β) φαινόμενα που παρουσιάζονται κατά την αλληλεπίδραση μεταξύ τους, όπως, μίμηση, παρακίνηση, κ.ο.κ.



### 3.2.3 Μοντελοποίηση χρηστών με τη μέθοδο επικάλυψης

Στις παραγράφους αυτή της ενότητας περιγράφονται τα είδη των μοντέλων επικάλυψης (overlay models) που έχουν επινοηθεί για να γίνει δυνατή η μοντελοποίηση των χρηστών στα πλαίσια της προσαρμοστικής εκπαίδευσης. Το μοντέλο επικάλυψης γενικότερα είναι πολύ σημαντικό και καθιερωμένο στα προσαρμοστικά συστήματα εκπαίδευσης και στα προσαρμοστικά συστήματα υπερμέσων.

Στη μοντελοποίηση *επικάλυψης της γνώσης των χρηστών*, οι γνώσεις του κάθε χρήστη αναπαριστώνται ως ένα υποσύνολο του μοντέλου του πεδίου γνώσης το οποίο αποτελεί την καθολική γνώση του γνωστικού αντικειμένου. Το *μοντέλο του πεδίου γνώσης* (ή γνωστικού πεδίου) αποδομείται σε στοιχεία του πεδίου γνώσης ή εννοιολογικές ενότητες. Οι εννοιολογικές ενότητες συνδέονται μέσω διαφορετικών ειδών σχέσεων δημιουργώντας έτσι ένα αυθαίρετα σύνθετο δίκτυο. Στα υπάρχοντα προσαρμοστικά εκπαιδευτικά συστήματα, η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη σχέση είναι η σχέση προϋπόθεσης, δηλαδή, το γεγονός ότι για να μάθει κάποιος μία εννοιολογική ενότητα θα πρέπει πρώτα να έχει μάθει κάποια άλλη. Βελτιωμένα εκπαιδευτικά συστήματα εκμεταλλεύονται τις σχέσεις που υπάρχουν στον σημασιολογικό ιστό όπως «είναι» (*is-a*) και «μέρος\_του» (*part-of*).

Οι σχέσεις μεταξύ των εννοιολογικών ενότητων χρησιμοποιούνται για να βελτιώσουν την ακρίβεια της μοντελοποίησης χρηστών. Όταν ένας χρήστης παρουσιάζει μία έλλειψη γνώσης, οι σχέσεις-σύνδεσμοι μεταξύ των ενότητων μπορούν να βοηθήσουν στο να εντοπιστούν οι ενότητες που θα αποκαταστήσουν το πρόβλημα.

Το μοντέλο επικάλυψης είναι ισχυρό και παράλληλα ευέλικτο αφού μπορεί να μετρήσει ανεξάρτητα την γνώση του χρήστη πάνω σε διαφορετικές έννοιες. Στην πιο απλή και παλαιότερη μορφή του μοντέλου, αυτό μπορεί να περιγράψει με δυαδικό τρόπο (γνωρίζει – δεν γνωρίζει) την γνώση του χρήστη πάνω στο γνωστικό πεδίο. Αυτή η μορφή του μοντέλου επικάλυψης είχε χρησιμοποιηθεί σε πολλά παλαιότερα προσαρμοστικά συστήματα υπερμέσων.

Μία επέκταση του αρχικού μοντέλου επικάλυψης είναι το *σταθμισμένο* (weighted) *μοντέλο επικάλυψης* το οποίο μπορεί να διακρίνει πολλά επίπεδα της γνώσης του χρήστη για κάθε έννοια. Αυτό το μοντέλο χρησιμοποιείται από την πλειοψηφία των νεότερων προσαρμοστικών συστημάτων πολυμέσων και εκπαίδευσης. Υπάρχουν τρεις γνωστές μορφές των σταθμισμένων μοντέλων επικάλυψης: *το ποιοτικό* (*qualitative*), *το απλό αριθμητικό* (*simple numeric*), και *το βασισμένο στην αβεβαιότητα* (*uncertainty-based*). Οι μορφές αυτές ανταποκρίνονται σε τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις της μοντελοποίησης χρηστών, της σταθμισμένης διάδοσης και προσαρμοστικότητας. Το *Ποιοτικό* μοντέλο αναπαριστά τη γνώση των χρηστών σε μία έννοια (ή εννοιολογική ενότητα) σαν μία ποιοτική τιμή (για παράδειγμα καλή-μέτρια-κακή). Τα *Απλά Αριθμητικά* μοντέλα χρησιμοποιούν ποσοτικές τιμές (για παράδειγμα, από 0 έως 100) για να αναπαραστήσουν το επίπεδο γνώσης των χρηστών. Τα *βασισμένα στην αβεβαιότητα* μοντέλα χρησιμοποιούν διαφορετικές μορφές για τη διαχείριση της αβεβαιότητας όπως τα δίκτυα Bayes και την ασαφή λογική για να μοντελοποιήσουν την γνώση των χρηστών. Σε αυτού του είδους τα μοντέλα, η γνώση των χρηστών παρουσιάζεται συχνότατα σαν «πιθανότητα

ο χρήστης να γνωρίζει την έννοια» ή σαν κατανομή πιθανότητας. Λόγω της σπουδαιότητας της βασισμένης στην αβεβαιότητα προσέγγισης για την δημιουργία μοντέλου, αυτή παρουσιάζεται στην παράγραφο 3.2.4.

Μία επέκταση του σταθμισμένου μοντέλου επικάλυψης γνώσης είναι το *πολυεπίπεδο μοντέλο επικάλυψης*. Το μοντέλο αυτό προτάθηκε έτσι ώστε να αποφευχθεί η ανάμιξη των εκτιμήσεων του επιπέδου γνώσης του χρήστη που προέρχονται από διαφορετικές μεθόδους ή πηγές. Σε συστήματα τέτοιου είδους, που χρησιμοποιείται το πολυεπίπεδο μοντέλο επικάλυψης, διαφορετικά επίπεδα φυλάσσονται ξεχωριστά και συνεκτιμώνται μόνο κατά τη διάρκεια της διαδικασίας λήψης αποφάσεων προσαρμογής.

Το μοντέλο χρηστών με επικάλυψη ενδιαφερόντων, που είναι μία άλλη μορφή μοντελοποίησης, είναι παρόμοιο με το μοντέλο γνώσης των χρηστών. Συνήθως, όχι όμως πάντα, τα μοντέλα γνώσης χρησιμοποιούνται στα προσαρμοστικά συστήματα εκπαίδευσης, ενώ τα μοντέλα ενδιαφερόντων χρησιμοποιούνται στα προσαρμοστικά συστήματα πληροφοριών. Ενωσιολογικά, μοντέλα ενδιαφερόντων και μοντέλα γνώσης είναι συμβατά μεταξύ τους. Τα περισσότερα από τα μοντέλα που κατασκευάστηκαν για μοντελοποίηση της γνώσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την μοντελοποίηση ενδιαφερόντων και το αντίστροφο. Πολλά εξελιγμένα προσαρμοστικά συστήματα υπερμέσων εκμεταλλεύονται αυτή τη συμβατότητα εφαρμόζουν μοντελοποίηση και των ενδιαφερόντων και της γνώσης σαν δύο ανεξάρτητες επικαλύψεις στο ίδιο δίκτυο εννοιών.

Τα γνωστά μοντέλα για την ανίχνευση ενδιαφερόντων μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τρεις ομάδες: Η πρώτη ομάδα δημιουργείται από συστήματα που παρακολουθούν τα ενδιαφέροντα των χρηστών χρησιμοποιώντας ένα διανυσματικό μοντέλο (vector model). Σε αυτά τα συστήματα, κάθε αντικείμενο πληροφορίας σχετίζεται με μία ή περισσότερες έννοιες ή εννοιολογικές ενότητες. Ένα δηλωμένο ενδιαφέρον για ένα αντικείμενο μοντελοποιείται αυξάνοντας το ενδιαφέρον για την αντίστοιχη έννοια ή έννοιες. Για παράδειγμα, το ενδιαφέρον για μία κατασκευή κατασκευασμένη με ένα συγκεκριμένο τρόπο κατασκευής μπορεί να αυξήσει το ενδιαφέρον για αυτόν τον τρόπο κατασκευής. Παρ' όλη την απλότητά του, το διανυσματικό μοντέλο, επιτρέπει αξιόπιστες προβλέψεις ενδιαφερόντων χρηστών για αντικείμενα που σχετίζονται με έννοιες με ήδη καταγεγραμμένες ενδείξεις ενδιαφέροντος για αυτές. Ωστόσο, τα διανυσματικά μοντέλα δεν επιτρέπουν την πρόβλεψη ενδιαφέροντος των χρηστών για έννοιες που δεν έχουν ακόμα εξερευνηθεί από κάποιους άλλους χρήστες και αυτό γίνεται ένα σημαντικό πρόβλημα καθώς αυξάνεται ο αριθμός των εννοιών.

Στις μέρες μας, το διανυσματικό μοντέλο έχει σχεδόν πλήρως αντικατασταθεί από δύο ειδών διασυνδεδεμένων μοντέλων, από το *μοντέλο ταξινομίας (taxonomy)* και το *οντολογικό (ontology) μοντέλο*. Το *μοντέλο ταξινομίας* δημιουργείται από μία ιεραρχημένη ταξινόμηση των εννοιών που συχνά ονομάζονται *θέματα, κλάσεις ή κατηγορίες*. Οι «γονείς» και τα «παιδιά» σε αυτή την ιεραρχία συνδέονται με σχέσεις θέμα – υπόθεμα. Στο *οντολογικό μοντέλο* των ενδιαφερόντων οι έννοιες σχηματίζουν ένα πλούσιο δίκτυο με διαφορετικού είδους συνδέσμους. Οι πιο συνηθισμένοι σύνδεσμοι

είναι ίδιοι με του δικτύου μοντελοποίησης της γνώσης: «είναι», «μέρος\_του» και «ομοιότητα».

Εκτός από τη γνώση και τα ενδιαφέροντα, τα χαρακτηριστικά των χρηστών συνήθως δεν μοντελοποιούνται με την μέθοδο της επικάλυψης. Παρόλα αυτά, οι προσπάθειες που έχουν γίνει για να μοντελοποιηθούν χαρακτηριστικά όπως στόχοι, υπόβαθρο γνώσης αλλά και ολόκληρα στερεότυπα, περιλαμβάνουν κάποιες ομοιότητες με την προσέγγιση των επικαλύψεων. Για να αποκαλύψουμε αυτές τις ομοιότητες, προτείνεται να ασχοληθούμε με τα *γενικευμένα μοντέλα πεδίων* και τα *γενικευμένα μοντέλα επικάλυψης*. Ένα γενικευμένο μοντέλο πεδίου (domain) είναι ένα σύνολο απόψεων ή διαστάσεων όπου απόψεις είναι τα χαρακτηριστικά του χρήστη όπως έννοιες πεδίου, εργασίες και στόχοι πεδίου, και πιθανά στερεότυπα. Ένα γενικευμένο μοντέλο επικάλυψης του χρήστη, είναι ένα σύνολο ζευγαριών «άποψη-τιμή» στο οποίο η τιμή μπορεί να είναι «αληθές» ή «ψευδές», υποδεικνύοντας αν ο χρήστης έχει το χαρακτηριστικό, ή μία ποιοτική ή ποσοτική τιμή η οποία να ανταποκρίνεται στο κατά πόσο ο χρήστης έχει το κάθε χαρακτηριστικό.

Η ικανότητα να δούμε μοντέλα χαρακτηριστικών διαφορετικών χρηστών σαν γενικευμένα μοντέλα επικάλυψης, επιτρέπει στους προγραμματιστές να καταλάβουν καλύτερα τις ομοιότητες μεταξύ διαφορετικών συστημάτων και να επαναχρησιμοποιήσουν ευρύτερα τις αναπαραστάσεις και τις προσεγγίσεις μοντελοποίησης χρηστών που έχουν αναπτυχθεί. Για παράδειγμα, όπως παρουσιάζεται και στις επόμενες παραγράφους, λεπτομερείς προσεγγίσεις της μοντελοποίησης γνώσης βασισμένες σε δίκτυα Bayes μπορούν να εφαρμοστούν στην μοντελοποίηση άλλων χαρακτηριστικών των χρηστών όπως προσωπικές τάσεις – γνωρίσματα.

### **3.2.4 Μοντελοποίηση χρηστών βασισμένη στην αβεβαιότητα για συστήματα προσαρμοστικών υπερμέσων και συστήματα προσαρμοστικής εκπαίδευσης.**

Στη μοντελοποίηση των χρηστών συχνά αντιμετωπίζονται αβέβαιες πληροφορίες, δηλαδή πληροφορίες για τις οποίες είτε δεν είμαστε σίγουροι ότι είναι απόλυτα αληθείς είτε είναι στερούμενες ακρίβειας, με άλλα λόγια, τιμές που δεν έχουν καθοριστεί πλήρως. Ένα παράδειγμα μιας πρότασης που μπορεί να προκύψει είναι: «ο χρήστης απέτυχε να απαντήσει σωστά σε αυτή την ερώτηση, άρα πιθανότατα δεν γνωρίζει την έννοια A» η οποία είναι μία αβέβαιη πληροφορία. Από την άλλη πλευρά, αν πούμε : «ο χρήστης διάβαζε για την έννοια A για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα», κάνουμε μία παρατήρηση στερούμενη ακρίβειας (ο χαρακτηρισμός *πολύ μεγάλο* δεν δίνει ακριβή πληροφόρηση). Προφανώς η μοντελοποίηση χρηστών είναι ένα πεδίο στο οποίο υπάρχουν πολλές διαφορετικές πηγές αβεβαιότητας και/ή πληροφορίας στερούμενης ακρίβειας, γι αυτό είναι πιο κατάλληλες να χρησιμοποιηθούν τεχνικές αριθμητικής προσέγγισης συλλογισμού. Οι δύο πιο γνωστές μέθοδοι αυτού του πλαισίου είναι τα δίκτυα Bayes (Bayesian Networks) και η Ασαφής Λογική (Fuzzy Logic).

Στην εποχή μας, πολλοί ερευνητές που αποφασίζουν να χρησιμοποιήσουν τεχνικές προσεγγιστικού συμπερασμού στη μοντελοποίηση χρήστη επιλέγουν τη λύση των δικτύων Bayes (BN). Ο λόγος για αυτή την επιλογή είναι η καταλληλότητα αυτής της

μεθόδου στη διάγνωση. Επίσης, λόγω της γρήγορης ανάπτυξης αυτού του τομέα τις δύο τελευταίες δεκαετίες, έχουν αναπτυχθεί πολλές τεχνικές και εργαλεία για τον συμπερασμό με χρήση δικτύων Bayes .

Η κατασκευή ενός μοντέλου εκπαιδευομένων βασισμένο σε BN αποτελείται από δύο βήματα: α) ανάπτυξη ενός *ποιοτικού μοντέλου* το οποίο περιλαμβάνει τον ορισμό του μοντέλου δομής (κόμβοι και ακμές), και β) ανάπτυξη του *ποσοτικού μοντέλου* το οποίο περιλαμβάνει τον καθορισμό των απαιτούμενων παραμέτρων (πιθανότητες υπό όρους ή και κατανομές πιθανοτήτων). Υπάρχουν δύο τρόποι για να αποκτηθούν οι απαραίτητες πληροφορίες για την εκτέλεση των παραπάνω δύο βημάτων. Ο πρώτος τρόπος είναι να χρησιμοποιηθούν οι απόψεις των ειδικών του τομέα για τη δομή και τις παραμέτρους. Ο δεύτερος τρόπος είναι να συμπερανθούν (infer) από δεδομένα με τη χρήση αλγορίθμων εκπαίδευσης δικτύων Bayes. Ένας συνδυασμός αυτών των δύο τρόπων είναι εφικτός και συχνά χρησιμοποιείται στην πράξη. Όσο αφορά την εκπαίδευση, η *δομική εκπαίδευση* (structural learning) είναι η διαδικασία εκμάθησης εξαρτήσεων μεταξύ των μεταβλητών (βήμα α), ενώ *παραμετρική εκπαίδευση* (parametric learning) είναι η διαδικασία εκμάθησης των τιμών των παραμέτρων που περιγράφουν την ένταση των εξαρτήσεων μέσα στο μοντέλο (βήμα β).

Η πιο συχνά εφαρμοζόμενη τεχνική συμπερασμού για τη μοντελοποίηση εκπαιδευομένων είναι αυτή των Bayesian Network (BN). Εφαρμογές άλλων προσεγγίσεων, όπως της ασαφούς λογικής, είναι λιγότερο συχνές. Μία πολύ δελεαστική χρήση των BN στο πλαίσιο των διαδικτυακών προσαρμοστικών εφαρμογών θα ήταν η χρήση των αλγορίθμων εκπαίδευσης οι οποίοι θα μπορούσαν να διαμορφώσουν δυναμικές βελτιώσεις στο ίδιο το μοντέλο.

### **3.3 Μοντέλα εκπαιδευομένων στην προσαρμοστική εκπαίδευση. (Learner Model in Adaptive Learning)**

#### **3.3.1 Πληροφορίες για το μοντέλο του εκπαιδευμένου**

Το μοντέλο χρήστη (εκπαιδευόμενου) πρέπει να περιέχει σημαντικές πληροφορίες όπως: γνώσεις σχετικά με το μορφωτικό πεδίο, απόδοση μάθησης, ενδιαφέροντα, προτιμήσεις, στόχοι, υποχρεώσεις, υπόβαθρο, προσωπικά χαρακτηριστικά (μαθησιακό στυλ, ταλέντο, κλίση..), περιβάλλον (πλαίσιο δουλειάς) και άλλα.

Το περιεχόμενο του μοντέλου εκπαιδευόμενου μπορεί να χωριστεί σε δύο κατηγορίες: πληροφορίες σχετικές με το αντικείμενο της εκπαίδευσης και πληροφορίες ανεξάρτητες με το αντικείμενο εκπαίδευσης.

##### **3.3.1.1 Πληροφορίες σχετικές με το αντικείμενο της εκπαίδευσης**

Αυτές οι πληροφορίες αντικατοπτρίζουν την κατάσταση και τον βαθμό γνώσης και ικανότητας (δεξιότητων) που πέτυχε ο εκπαιδευόμενος σε συγκεκριμένο αντικείμενο. Οι πληροφορίες σχετικές με το αντικείμενο της εκπαίδευσης οργανώνονται σαν μοντέλο γνώσης. Το μοντέλο γνώσης έχει πολλά στοιχεία (έννοια, θέμα, αντικείμενο...) που οι

εκπαιδευόμενοι καλούνται να μάθουν. Το μοντέλο γνώσης μπορεί να δημιουργηθεί με πολλούς τρόπους και διαφορετικές μορφές όπως αυτές που ακολουθούν:

*Μοντέλο Διανύσματος ή Φορέα (Διανυσματικό Μοντέλο).* Η γνώση του εκπαιδευόμενου στο πεδίο εκπαίδευσης μοντελοποιείται σαν ένα διάνυσμα. Αυτό το διάνυσμα αποτελείται από έννοιες ή θέματα ή αντικείμενα του πεδίου. Κάθε στοιχείο του διανύσματος που είναι ένας πραγματικός ή ακέραιος αριθμός (εύρος ενός διαστήματος) δείχνει τον βαθμό γνώσης που κέρδισε ο εκπαιδευόμενος σε αυτές τις έννοιες, θέματα ή αντικείμενα. Το διανυσματικό μοντέλο είναι απλούστατο αλλά πολύ αποτελεσματικό.

*Μοντέλο Επικάλυψης.* Η γνώση του εκπαιδευόμενου είναι ένα υποσύνολο της γνώσης των εξειδικευμένων. Παρόμοια με το Διανυσματικό μοντέλο, κάθε στοιχείο του μοντέλου επικάλυψης είναι ένας αριθμός που αντιπροσωπεύει το επίπεδο γνώσης του εκπαιδευόμενου.

*Μοντέλο Σφάλματος.* Το μειονέκτημα του Διανυσματικού Μοντέλου και του Μοντέλου Επικάλυψης είναι ότι δεν μπορεί να περιγράψει την έλλειψη γνώσεων του εκπαιδευόμενου. Το μοντέλο σφάλματος μπορεί να περιέχει λάθη και σφάλματα των εκπαιδευομένων και τους λόγους που παρουσιάστηκαν αυτά. Αξιοποιώντας τις πληροφορίες του μοντέλου σφάλματος, το προσαρμοστικό σύστημα μπορεί να προτείνει εκπαιδευτικό υλικό, έννοιες, αντικείμενα και θέματα που ο εκπαιδευόμενος δεν γνωρίζει. Το προσαρμοστικό σύστημα μπορεί να δώσει στους χρήστες εξηγήσεις, σχόλια και καθοδήγηση για να διορθώσουν τα λάθη.

Εκτός από τις βασικές πληροφορίες σχετικά με το γνωστικό πεδίο, υπάρχουν κι άλλες πληροφορίες αποθηκευμένες στο μοντέλο του εκπαιδευόμενου όπως:

- Προηγούμενη (προϋπάρχουσα) γνώση του εκπαιδευόμενου .
- Αρχεία απόδοσης μάθησης, αξιολόγησης κ.α.

### **3.3.1.2 Πληροφορίες ανεξάρτητες με το αντικείμενο της εκπαίδευσης**

Εκτός από την γνώση, οι πληροφορίες ανεξάρτητες με το αντικείμενο της εκπαίδευσης μπορούν να περιλαμβάνουν:

- *Ενδιαφέροντα.* Τα ενδιαφέροντα είναι ιδιαίτερα ουσιαστικά σε συστήματα εμπορικών προτάσεων (Commercial recommendation system) και είναι επίσης σημαντικά σε προσαρμοστικά συστήματα εκπαίδευσης.
- *Στόχοι.* Στις περισσότερες περιπτώσεις, ο στόχος εκφράζει την θέληση του εκπαιδευόμενου, ή αλλιώς είναι η απάντηση στην ερώτηση τι θέλουν να επιτύχουν οι εκπαιδευόμενοι με αυτό το μάθημα που μελετούν – παρακολουθούν. Υπάρχουν δύο είδη στόχων: ο μακροπρόθεσμος στόχος και ο βραχυπρόθεσμος στόχος. Ο μακροπρόθεσμος στόχος είναι σχετικά σταθερός στο μάθημα. Ακόμα και ο εκπαιδευόμενος μπορεί να θέσει μακροπρόθεσμα σχέδια για δια βίου μελέτη. Με τον βραχυπρόθεσμο στόχο, ο εκπαιδευόμενος σκοπεύει να λύσει συγκεκριμένα προβλήματα όπως να επιτύχει σε ένα διαγώνισμα, να

λύσει μία άσκηση κ.τ.λ. Ο βραχυπρόθεσμος στόχος ονομάζεται και στόχος λύσης προβλήματος.

- *Υπόβαθρο και Εμπειρία.* Το υπόβαθρο περιλαμβάνει δεξιότητες και γνώση που απέκτησε ο εκπαιδευόμενος στο παρελθόν. Οι πληροφορίες αυτές επηρεάζουν την προσαρμοστική διαδικασία. Για παράδειγμα, αν ένας εκπαιδευόμενος αντιμετώπισε δυσκολίες σε προηγούμενα, μαθήματα τότε το σύστημα θα πρέπει να του αναθέσει πρόσθετες ασκήσεις.
- *Προσωπικά χαρακτηριστικά.* Τα προσωπικά χαρακτηριστικά ορίζουν την ατομικότητα του εκπαιδευομένου. Δύο βασικά προσωπικά χαρακτηριστικά είναι τα μαθησιακά στυλ και οι κλίσεις (έμφιση).
  - ο Το μαθησιακό στυλ ορίζεται ως ο τρόπος που ο εκπαιδευόμενος προτιμά να μελετά. Ακολουθεί πίνακας με τα μαθησιακά στυλ:

<b>Μαθησιακό Στυλ</b>	<b>Περιγραφή</b>
Ακουστικό (Auditory)	Προτιμά να ακούει εκπαιδευτικό περιεχόμενο
Οπτικό (Pictures)	Προτιμά να βλέπει το εκπαιδευτικό υλικό σαν εικόνες
Κινησθητική με επαφή (Tactile Kinesthetic)	Προτιμά να αλληλεπιδρά φυσικά με το εκπαιδευτικό υλικό: παζλ, παιχνίδια
Εσωτερική Κινησθητική (Internal Kinesthetic)	Προτιμά να δημιουργεί συνδέσεις με προσωπικές και παλαιότερες εκπαιδευτικές εμπειρίες.

Σύμφωνα με το μαθησιακό στυλ, οι εκπαιδευόμενοι μπορούν να χωριστούν στις παρακάτω ομάδες:

<b>Ομάδα</b>	<b>Περιγραφή</b>
Δραστήριος (Activist)	Προτιμά να ξεκινά και να δοκιμάζει.
(Σκεπτικός - Ανακλαστικός) (Reflector)	Προτιμά να συγκεντρώνει πληροφορίες και να συλλογίζεται.
Πραγματιστής (Pragmatists)	Προτιμά να αντιλαμβάνεται το εκπαιδευτικό υλικό μέσω κειμένου
Θεωρητικός (Theorist)	Προτιμά δοκιμασμένες και ελεγμένες τεχνικές σχετικές με τα προβλήματα.

Υπάρχουν οκτώ είδη κλίσεων:

Ικανότητες - Δεξιότητες	Περιγραφή
Λεκτική	Ικανότητα να χρησιμοποιεί την γλώσσα
Λογική/Μαθηματική	Ικανότητα να χρησιμοποιεί επιχειρήματα, αριθμούς και λογική.
Χωρική	Ικανότητα να αντιλαμβάνεται οπτικά.
Κινησθητική	Ικανότητα να χειρίζεται αντικείμενα δεξιοτεχνικά
Μουσική	Ικανότητα να δημιουργεί και να συνθέτει μουσική
Διαπροσωπική	Ικανότητα να επικοινωνεί με άλλα πρόσωπα.
Ενδοατομική	Ικανότητα να διαλογίζεται
Φυσιολογική	Ικανότητα να αντιλαμβάνεται την χλωρίδα και την πανίδα

- *Δημογραφικές πληροφορίες.* Τα δημογραφικά δεδομένα περιλαμβάνουν όνομα, ημερομηνία γέννησης, φύλο, αριθμός ταυτότητας κ.τ.λ. Γενικά, οι δημογραφικές πληροφορίες χρησιμοποιούνται για την ταυτοποίηση του ατόμου.

### 3.3.2 Κατηγοριοποίηση των μοντέλων των εκπαιδευομένων

#### 3.3.2.1 Στερεότυπο μοντέλο

Όπως έχει περιγραφεί και στην παράγραφο 3.2.2, στερεότυπο είναι μία ομάδα συχνά εμφανιζόμενων χαρακτηριστικών των εκπαιδευομένων. Ένας νέος εκπαιδευόμενος θα κατηγοριοποιηθεί σύμφωνα με τα αρχικά χαρακτηριστικά. Με την συγκέντρωση λιγοστών πληροφοριών σε στερεότυπα είναι δυνατός η συναγωγή πολλών νέων, προσωρινών, υποθέσεων-εικασιών για τον χρήστη-εκπαιδευόμενο. Αν οι πληροφορίες για τον χρήστη είναι λεπτομερή και χειροπιαστές, οι προσωρινές υποθέσεις θα γίνουν πιο ακριβείς.

Γενικά, στερεότυπο είναι μία κατηγορία ή ομάδα εκπαιδευομένων. Υπάρχουν δύο είδη στερεοτύπων: το Σταθερό (fix) και το Πρωταρχικό (default).

Το Σταθερό στερεότυπο ανατίθεται στον εκπαιδευόμενο μετά την συλλογή των προσωπικών του πληροφοριών (προηγούμενη γνώση, εμπειρία κ.τ.λ.) και δεν τροποποιείται αυτή η ανάθεση-χαρακτηρισμός κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης.

Το Πρωταρχικό στερεότυπο είναι πιο ευμετάβλητο. Αρχικά, ανατίθεται στον εκπαιδευόμενο το αρχικό στερεότυπο. Το αρχικό στερεότυπο έχει τιμές «Πρωταρχικού στερεοτύπου». Το σύστημα παρακολουθεί τους εκπαιδευόμενους και συλλέγει δεδομένα επιδόσεων, δράσεων και αποτελέσματα αξιολογήσεων κατά την εκπαιδευτική διαδικασία. Τελικά, το σύστημα τροποποιεί το αρχικό στερεότυπο σε ένα πιο κατάλληλο στερεότυπο. Ακολούθως, το στερεότυπο σταδιακά αντικαθίσταται από πιο ακριβή και κατάλληλο για τον εκπαιδευόμενο στερεότυπο.

Υπάρχουν τρία σημαντικά μέρη του στερεότυπου: Έναυσης, Συμπερασμού και Απόσυρσης.

- Η *Έναυση* (trigger) χρησιμοποιείται για να ενεργοποιήσει κάποιο στερεότυπο. Με άλλα λόγια, είναι μία κατάσταση (π.χ. λογική έκφραση) για την ανάθεση στερεότυπου σε εκπαιδευόμενο. Για παράδειγμα: αν η έναυση «δεν γνωρίζω java» ενεργοποιηθεί τότε το στερεότυπο «Java-αρχάριος» ανατίθεται στον εκπαιδευόμενο.
- Ο *Συμπερασμός* (Inference) είναι μηχανή συμπερασμάτων που αναλαμβάνει να συμπεράνει σχετικές πληροφορίες για τον χρήστη από το στερεότυπο. Για παράδειγμα, αν σε έναν εκπαιδευόμενο έχει ανατεθεί το στερεότυπο «Java-ειδικός» τότε γνωρίζει αντικειμενοστραφή προγραμματισμό.
- Η *Απόσυρση* (ανάκληση) (retraction) χρησιμοποιείται για να απενεργοποιήσει το στερεότυπο του εκπαιδευόμενου. Αν μετά από την πρώτη αξιολόγηση διαπιστωθεί ότι ο εκπαιδευόμενος γνωρίζει ήδη καλά το αντικείμενο εκπαίδευσης, τότε ανακαλείται το στερεότυπο του αρχάριου και του ανατίθεται το κατάλληλο στερεότυπο, π.χ. του ειδικού.

### 3.3.2.2 Μοντέλο επικάλυψης (Overlay Model)

Όπως έχει ήδη αναφερθεί σε προηγούμενη παράγραφο (§3.2.3), η κεντρική ιδέα του μοντέλου επικάλυψης είναι ότι το μοντέλο του εκπαιδευομένου είναι ένα υποσύνολο του μοντέλου του πεδίου γνώσης. Το μοντέλο πεδίου γνώσης αποτελείται από ένα σύνολο στοιχείων γνώσης που συγκροτούν την γνώση των ειδικών στο πεδίο αυτό. Κανονικά, κάθε στοιχείο γνώσης αναπαριστά μία έννοια, ένα αντικείμενο ή ένα στοιχείο του όλου πεδίου. Η δομή του μοντέλου χρήστη «μιμείται» τη δομή του μοντέλου πεδίου. Κάθε στοιχείο του μοντέλου χρήστη (που αντιστοιχεί σε στοιχείο του μοντέλου πεδίου) έχει τιμή η οποία δείχνει τη γνώση του χρήστη σε αυτό το στοιχείο του γνωστικού πεδίου. Αυτή η τιμή θεωρείται σαν δείκτης γνώσης (κυριότητας) του στοιχείου του πεδίου γνώσης (domain element).

Το γνωστικό πεδίο αποσυντίθεται σε ένα σύνολο από στοιχεία και το μοντέλο επικάλυψης (overlay model) δηλαδή το μοντέλο χρήστη ή εκπαιδευομένου είναι απλά ένα σύνολο από δείκτες γνώσης ή κυριότητας της γνώσης στα παραπάνω στοιχεία. Ας υποθέσουμε ότι η κυριότητα (ή ο βαθμός κυριότητας) του κάθε στοιχείου γνώσης μεταβάλλεται μεταξύ του 0 (για απόλυτη μη κυριότητα του αντικειμένου) μέχρι 1 (για απόλυτη κυριότητα του αντικειμένου). Το μοντέλο του «ειδικού» είναι αυτό που έχει βαθμό κυριότητας 1 σε κάθε στοιχείο του πεδίου γνώσης και το μοντέλο του εκπαιδευόμενου είναι αυτό που έχει βαθμό κυριότητας το πολύ ένα σε κάθε στοιχείο του μοντέλου πεδίου γνώσης.

Το μοντέλο επικάλυψης βασίστηκε σε μοντέλα γνωστικών πεδίων που έχουν δομηθεί σαν δίκτυα γνώσης ή ιεραρχικά δένδρα γνώσης. Οι εκπαιδευτικοί συντάκτες, συγγραφείς, ειδικοί έχουν την ευθύνη της δημιουργίας μοντέλων γνωστικών πεδίων. Κανονικά, κάθε



έννοια στο πεδίο γνώσης αντιστοιχίζεται σε εκπαιδευτικό αντικείμενο. Στις μέρες μας, υπάρχει τάση δόμησης των μοντέλων γνώσης με οντολογίες.

### **3.3.2.3 Το Διαφορικό Μοντέλο (Differential model)**

Το μοντέλο επικάλυψης βασίστηκε στο μοντέλο γνώσης των ειδικών (experts) στο γνωστικό πεδίο αλλά η γνώση που είναι απαραίτητη στον εκπαιδευόμενο πρέπει να καθοριστεί από τον εκπαιδευτή και τον εκπαιδευόμενο. Αυτή η γνώση καλείται *αναμενόμενη γνώση* (expected knowledge). Με άλλα λόγια, αναμενόμενη γνώση είναι η γνώση εκείνη του γνωστικού πεδίου που θα πρέπει να αποκτήσει ο εκπαιδευόμενος τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

Το διαφορικό μοντέλο είναι βασικά το ποσοστό (επικάλυψης) ή κάλυψης της αναμενόμενης γνώσης η οποία με τη σειρά της είναι μέρος της κάλυψης της γνώσης των ειδικών στο γνωστικό πεδίο. Το Διαφορικό Μοντέλο είναι μία παραλλαγή του Μοντέλου Επικάλυψης και ειδικότερα το διαφορικό μοντέλο είναι ένα στιγμιότυπο της κλάσης «Μοντέλο Σφάλματος» (§3.3.1) γιατί η αναμενόμενη γνώση μπορεί να θεωρηθεί η γνώση που λείπει από τον εκπαιδευόμενο.

### **3.3.2.4 Το Μοντέλο Διαταραχής (Perturbation model)**

Το μοντέλο επικάλυψης και το διαφορικό μοντέλο θεωρούν ότι οι γνώσεις του εκπαιδευόμενου είναι ένα υποσύνολο των γνώσεων του πεδίο γνώσης. Δεν ενδιαφέρονται για τα σφάλματα των εκπαιδευομένων που δημιουργούνται από τις παρερμηνείες ή την έλλειψη γνώσης. Αυτά τα σφάλματα θεωρούνται ως *λανθασμένη γνώση* (mal-knowledge) και εσφαλμένες πεποιθήσεις.

Το μοντέλο διαταραχής θεωρεί τις γνώσεις του εκπαιδευόμενου σαν ένα υποσύνολο των γνώσεων των ειδικών πάνω στο πεδίο γνώσης, όπως και το μοντέλο επικάλυψης, αλλά λαμβάνει υπ' όψιν και την λανθασμένη γνώση. Συνεπώς, το μοντέλο διαταραχής είναι επίσης ένα στιγμιότυπο της κλάσης «Μοντέλο Σφάλματος». Το μοντέλο αυτό αναδεικνύει νέες τάσεις στην κατασκευή μοντέλων και θα μπορούσε να υποστηρίξει πληρέστερα τα προσαρμοστικά συστήματα.

### **3.3.2.5 Το μοντέλο σχεδίου (Plan Model)**

Το σχέδιο είναι μία σειρά από κινήσεις των εκπαιδευομένων για να επιτύχουν τους επιθυμητούς ή συγκεκριμένους στόχους. Η αναγνώριση σχεδίου βασίστηκε στην παρακολούθηση της συμπεριφοράς των εκπαιδευομένων. Υπάρχει βιβλιοθήκη που περιλαμβάνει όλα τα πιθανά σχέδια. Οι κινήσεις του χρήστη συγκρίνονται με αυτά τα σχέδια. Το σχέδιο που μοιάζει περισσότερο με τις κινήσεις του χρήστη επιλέγεται ως το μοντέλο εκπαιδευόμενου. Αυτή είναι η διαδικασία αναγνώρισης σχεδίου. Αυτή η προσέγγιση καθορισμού και επιλογής του μοντέλου εκπαιδευόμενου είναι δύσκολη καθότι είναι ασύμφορη στη δημιουργία της απαιτούμενης βιβλιοθήκης απαιτώντας σύνθετους υπολογισμούς και μεγάλους αποθηκευτικούς χώρους. Ακόμα, οι αλγόριθμοι ταιριάσματος μεταξύ συμπεριφοράς χρήστη και σχεδίου, απαιτούν προσεκτική υλοποίηση και μεγάλο χρόνο εκτέλεσης.

### 3.3.3 Δόμηση μοντέλου εκπαιδευομένου

Το μοντέλο εκπαιδευομένου έχει πολύ σημαντικό ρόλο στα περισσότερα μαθητοκεντρικά συστήματα εκπαίδευσης, ειδικά στα προσαρμοστικά συστήματα εκπαίδευσης. Ο καθορισμός του μοντέλου εκπαιδευομένου καθώς και των μεθόδων για να επιτευχθεί αυτό, δεν είναι εύκολη υπόθεση. Παρόλα αυτά, η δόμηση του μοντέλου εκπαιδευομένου θα μπορούσε να ακολουθήσει τα παρακάτω βήματα:

- *Αρχικοποίηση.* Είναι το πρώτο βήμα στην μοντελοποίηση χρηστών. Συλλέγονται πληροφορίες και δεδομένα για τον χρήστη και δομείται το μοντέλο χρήστη από αυτές τις πληροφορίες. Η διαδικασία αρχικοποίησης καθορίζει τη δομή του μοντέλου χρήστη, τη μέθοδο συλλογιστικής και τη μέθοδο συντήρησής του. Υπάρχουν δύο γνωστές μέθοδοι απόκτησης των απαιτούμενων δεδομένων ώστε το σύστημα να μπορέσει να αρχικοποιήσει το μοντέλο χρήστη: συγκεκριμένες ερωτήσεις και εισαγωγικά διαγωνίσματα-εξετάσεις.
- *Ενημέρωση.* Η ενημέρωση έχει ως στόχο να διατηρήσει ενημερωμένο το μοντέλο. Το σύστημα παρακολουθεί τις κινήσεις του χρήστη, την απόδοσή του και αναλύει την ανάδρασή του. Αυτές οι πράξεις γίνονται έμμεσα ή άμεσα.
- *Συλλογιστική και εξαγωγή νέων πληροφοριών* για το χρήστη από τα διαθέσιμα δεδομένα.

Η συλλογιστική έχει άμεσες εφαρμογές, είναι ωστόσο πολύπλοκη και υπάρχουν πολλά σχετικά ανοικτά ζητήματα, και αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο η έρευνα σχετικά με την μοντελοποίηση των εκπαιδευομένων συνεχίζεται.

## Κεφάλαιο 4. Τεχνικές και εφαρμογές που αφορούν την προσαρμοστικότητα στην ηλεκτρονική εκπαίδευση

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τεχνικές και εφαρμογές που έχουν χρησιμοποιηθεί ή δύναται να χρησιμοποιηθούν στην προσαρμοστική ηλεκτρονική εκπαίδευση. Στην πρώτη ενότητα του κεφαλαίου αναφέρονται οι μέθοδοι που περιλαμβάνουν εξόρυξη δεδομένων από συστήματα διαχείρισης περιεχομένου (CMS) που χρησιμοποιούνται στην εκπαίδευση, οι οποίες εκμεταλλεύονται τον μεγάλο όγκο δεδομένων που αποθηκεύονται στις βάσεις δεδομένων αυτών των συστημάτων. Στη δεύτερη ενότητα αναφέρεται μία μέθοδος πρόβλεψης της εκπαιδευτικής πορείας των εκπαιδευομένων για την έγκαιρη ανίχνευση των εκπαιδευομένων που ενδέχεται να αποτύχουν. Τέλος στις επόμενες ενότητες παρουσιάζονται τέσσερις διαφορετικές μέθοδοι εφαρμογής της προσαρμοστικής ηλεκτρονικής εκπαίδευσης: α) χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα δύο διαφορετικές πηγές πληροφόρησης του προσαρμοστικού συστήματος ή β) λαμβάνοντας υπόψη τις προτιμήσεις των ίδιων των εκπαιδευομένων μέσα από το λεγόμενο «σύστημα αποικίας μυρμηγκιών» (ant colony system) ή γ) δημιουργώντας ένα συνεχώς μεταβαλλόμενο πλάνο ακολουθίας εκπαιδευτικών αντικειμένων ή τέλος δ) αναπτύσσοντας ένα σημασιολογικό διαδικτυακό εκπαιδευτικό σύστημα το οποίο εκμεταλλεύεται το πεδίο της τεχνητής νοημοσύνης και τις δυνατότητες του σημασιολογικού ιστού για να προσφέρει εξατομικευμένα εκπαιδευτικά προγράμματα προσαρμοσμένα στον κάθε εκπαιδευόμενο.

### 4.1 Εξόρυξη δεδομένων μέσα από συστήματα διαχείρισης μαθήματος.

Τα συστήματα διαχείρισης μαθήματος (CMS) είναι ιδανικές πλατφόρμες για τον διαμοιρασμό πληροφοριών και την επικοινωνία μεταξύ των εκπαιδευομένων. Επίσης, μέσω των CMS οι εκπαιδευτές μπορούν να διανείμουν πληροφορίες στους εκπαιδευόμενους, να παράγουν εκπαιδευτικό υλικό, να δημιουργήσουν εργασίες και διαγωνίσματα, να εμπλακούν σε συζητήσεις, να διαχειριστούν απομακρυσμένες τάξεις εκπαιδευομένων και να προωθήσουν τη συνεργατική μάθηση μέσα από ιστοτόπους σύγχρονης ή ασύγχρονης συζήτησης (forums, chats), χώρους αποθήκευσης αρχείων, υπηρεσίες ενημέρωσης (news services) κ.ά.

Στα συστήματα ηλεκτρονικής εκπαίδευσης δημιουργείται και τελικά εμπεριέχεται μία τεράστια ποσότητα πληροφοριών που είναι πολύ χρήσιμες για την ανάλυση της συμπεριφοράς των εκπαιδευομένων. Μπορούν να καταγράψουν οποιοσδήποτε εκπαιδευτικές δράσεις των εκπαιδευομένων όπως η ανάγνωση (προβολή στην οθόνη εκπαιδευτικού ή άλλου υλικού), η συγγραφή (ερωτήσεις, απαντήσεις κ.λπ.), την εξέταση καθώς και την επικοινωνία. Συνήθως περιέχουν και μία βάση δεδομένων στην οποία αποθηκεύονται όλες οι πληροφορίες όπως: προσωπικές πληροφορίες των εκπαιδευομένων, εκπαιδευτικά αποτελέσματα και δεδομένα αλληλεπίδρασης των εκπαιδευομένων με τα περιεχόμενα του εκπαιδευτικού συστήματος. Για τον χειρισμό αυτού του τεράστιου όγκου δεδομένων, οι εκπαιδευτές απαιτούν ειδικά εργαλεία για να μπορέσουν να εξάγουν χρήσιμες πληροφορίες για την αξιολόγηση τόσο (α) της

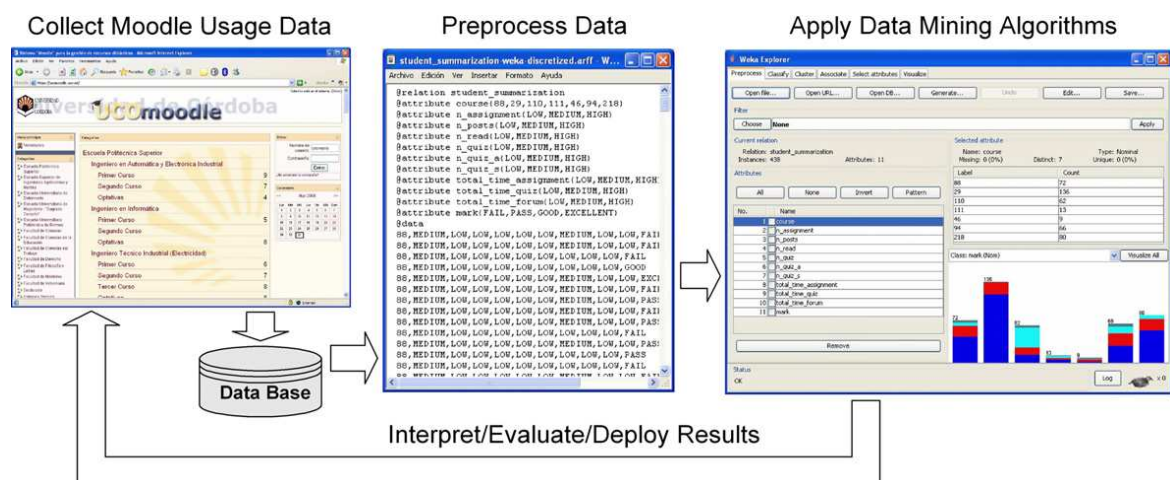
εκπαιδευτικής πορείας των εκπαιδευομένων όσο και (β) τη δομή και το περιεχόμενο του μαθήματος και την αποτελεσματικότητα αυτών στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Μία πολλά υποσχόμενη μέθοδος για την επίτευξη αυτού του στόχου είναι η Εξόρυξη Δεδομένων (Data Mining) ή Ανακάλυψη Γνώσης σε βάσεις δεδομένων (KDD). Εξόρυξη Δεδομένων είναι η αυτόματη εξαγωγή ενδιαφερόντων προτύπων – υποδειγμάτων (patterns) από ένα μεγάλο όγκο δεδομένων. Η Εξόρυξη Δεδομένων είναι μία διεπιστημονική πρακτική της οποίας οι πιο χρήσιμες λειτουργίες και μέθοδοι είναι: η στατιστική ανάλυση, η οπτικοποίηση, η ομαδοποίηση, η κατηγοριοποίηση και η εξόρυξη κανόνων συσχέτισης.

Η εξόρυξη δεδομένων έχει κατά καιρούς εφαρμοστεί σε διάφορα είδη εκπαιδευτικών συστημάτων, τόσο στην κλασική όσο και στην ηλεκτρονική εκπαίδευση. Η μεγάλη διαφορά μεταξύ αυτών είναι η διαθεσιμότητα δεδομένων από κάθε σύστημα. Οι διαθέσιμες πληροφορίες στην κλασική εκπαίδευση είναι η παρουσία των εκπαιδευομένων, οι πληροφορίες σχετικές με το κάθε μάθημα, το πρόγραμμα σπουδών και τα εξατομικευμένα δεδομένα εκπαίδευσης. Από την άλλη πλευρά, στην ηλεκτρονική εκπαίδευση, οι πληροφορίες που μπορεί να αξιολογηθούν είναι πολύ περισσότερες αφού τα συστήματα που χρησιμοποιούνται μπορούν να καταγράψουν όλες τις πληροφορίες των κινήσεων και αλληλεπιδράσεων των εκπαιδευομένων σε αρχεία εγγραφών και βάσεις δεδομένων.

#### 4.1.1 Διαδικασία της εξόρυξης δεδομένων στην ηλεκτρονική εκπαίδευση

Η επιτυχής ανάπτυξη ηλεκτρονικών μαθημάτων συνήθως απαιτεί συνεχή αξιολόγηση και πιθανόν τροποποίηση των περιεχομένων του μαθήματος, της δομής και της πορείας εκπαίδευσης ανάλογα με τη συμπεριφορά (χρήση) των εκπαιδευομένων. Για την επίτευξη των παραπάνω, αντί της κλασικής μεθόδου ανάλυσης δεδομένων χρησιμοποιείται η εξόρυξη δεδομένων ως επαγωγική μέθοδος για την αυτόματη ανακάλυψη πληροφοριών που είναι «κρυμμένες» μέσα στα δεδομένα χρήσης του ηλεκτρονικού μαθήματος από τους εκπαιδευομένους.



Εικόνα 2 : Βήματα εξόρυξης δεδομένων στο Moodle

Η εφαρμογή της εξόρυξης δεδομένων σε συστήματα ηλεκτρονικής εκπαίδευσης αποτελεί επαναληπτική ενέργεια. Το προϊόν της εξόρυξης γνώσης εισέρχεται στον κύκλο λειτουργίας του συστήματος ώστε να καθοδηγήσει, να διευκολύνει και να ενισχύσει γενικότερα τη μάθηση, όχι μόνο μετατρέποντας τα δεδομένα σε γνώση, αλλά φιλτράροντας την (εξορυχθείσα) γνώση με σκοπό τη λήψη αποφάσεων. Η διαδικασία εξόρυξης δεδομένων στην ηλεκτρονική εκπαίδευση ακολουθεί τα ίδια τέσσερα βήματα όπως και η διαδικασία γενικής εξόρυξης δεδομένων:

- i. *Συλλογή Δεδομένων*: Το CMS χρησιμοποιείται από εκπαιδευόμενους και τα δεδομένα που αφορούν τη χρήση καθώς και οι πληροφορίες αλληλεπίδρασης των εκπαιδευομένων με το σύστημα καταγράφονται σε μία βάση δεδομένων.
- ii. *Προεπεξεργασία δεδομένων*: Τα δεδομένα «καθαρίζονται» από τα περιττά και πλεονάζοντα δεδομένα (π.χ. προσβάσεις σε εικόνες ή πληροφορίες μορφοποίησης που είναι συνυφασμένες με τις ηλεκτρονικές σελίδες) και μετατρέπονται έτσι ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί η εξόρυξη δεδομένων με την χρήση διαχειριστικών εργαλείων της βάσης δεδομένων ή εξειδικευμένα εργαλεία προεπεξεργασίας – προετοιμασίας δεδομένων. Εφαρμόζεται αρχικά η δημιουργία συγκεντρωτικών πινάκων όπου συγκεντρώνονται δεδομένα σχετικά με το επιθυμητό επίπεδο, π.χ. του εκπαιδευομένου. Στη συνέχεια εφαρμόζεται διακριτοποίηση ή κβάντιση (discretization ή quantization) των δεδομένων. Η διακριτοποίηση κατηγοριοποιεί τα αριθμητικά δεδομένα σε κλάσεις που είναι πιο εύκολα κατανοητές από τους εκπαιδευτές. Για παράδειγμα ένα αριθμητικό δεδομένο όπως ο αριθμός επανάληψης του ίδιου τεστ ή ο χρόνος παραμονής στην ίδια ενότητα θα μπορούσε να εκφραστεί με τις διακριτές εκφράσεις: Χαμηλή, Μέτρια ή Υψηλή. Τέλος, εφαρμόζεται η μετατροπή της μορφής των δεδομένων έτσι ώστε να μπορούν να εφαρμοστούν οι τεχνικές εξόρυξης δεδομένων, π.χ. μορφή αρχείου κειμένου με συγκεκριμένη δομή.
- iii. *Εφαρμογή Εξόρυξης Δεδομένων*: Εφαρμόζονται οι αλγόριθμοι εξόρυξης δεδομένων για να δημιουργηθεί το μοντέλο που ανακαλύπτει και συνοψίζει τη γνώση που αφορά τον χρήστη (εκπαιδευτή, εκπαιδευόμενος και διαχειριστής). Για να υλοποιηθεί η εξόρυξη δεδομένων χρησιμοποιούνται γενικά ή εξειδικευμένα εργαλεία εξόρυξης δεδομένων, που η λειτουργία μερικών από αυτά θα αναλυθεί στην επόμενη ενότητα.
- iv. *Διερμηνεία, εκτίμηση και εφαρμογή των αποτελεσμάτων*: Τα αποτελέσματα ή το εξαγόμενο μοντέλο διερμηνεύονται και χρησιμοποιούνται από τον εκπαιδευτή ώστε να πάρει αποφάσεις σχετικά με τους εκπαιδευόμενους και τις εκπαιδευτικές δραστηριότητες με σκοπό τη βελτίωση της μάθησης.

#### **4.1.2 Η εφαρμογή των τεχνικών εξόρυξης δεδομένων**

Η εξόρυξη δεδομένων είναι μία διαδικασία αποτελεσματικής ανακάλυψης χρήσιμων και μη προφανών προτύπων μέσα από μεγάλες ποσότητες πρωτογενών δεδομένων. Ακολουθεί μία παρουσίαση τεχνικών εξόρυξης δεδομένων που εφαρμόζονται στην ηλεκτρονική εκπαίδευση.

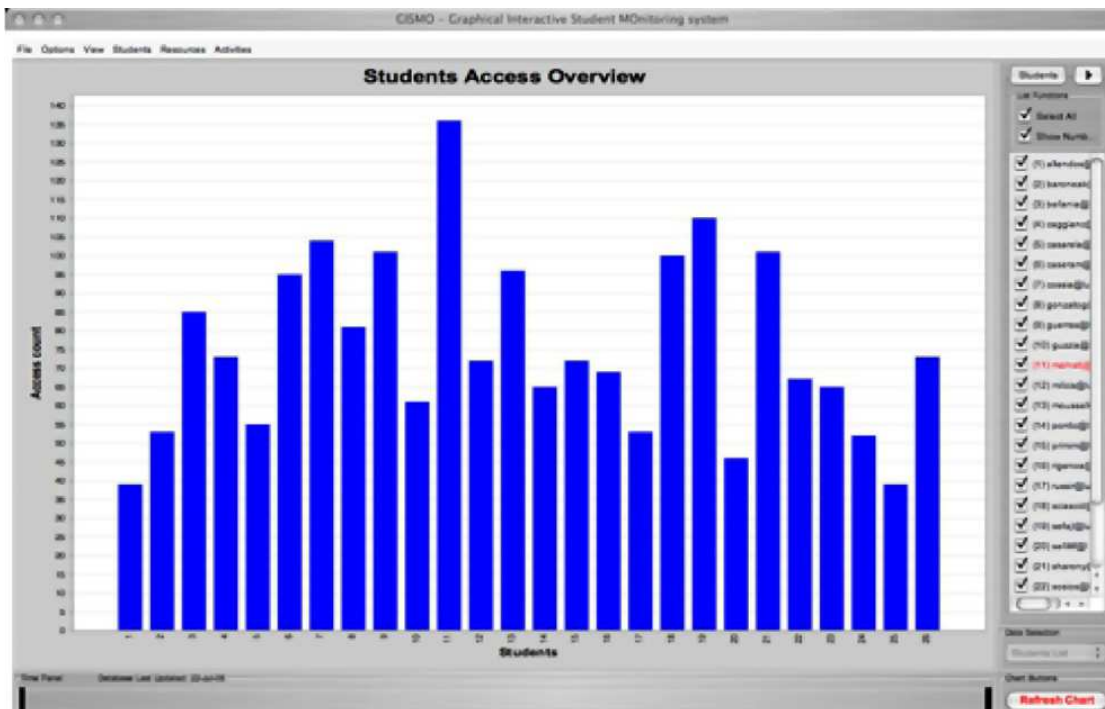
#### 4.1.2.1 Στατιστική (statistics)

Η στατιστική ανάλυση της χρήσης που κάνουν οι εκπαιδευόμενοι στο σύστημα είναι η αρχή της αξιολόγησης ενός συστήματος ηλεκτρονικής εκπαίδευσης. Μερικά παραδείγματα στατιστικών δεδομένων χρήσης συστημάτων ηλεκτρονικής εκπαίδευσης είναι απλές μετρήσεις όπως πλήθος γενικών επισκέψεων και επισκέψεων ανά σελίδα. Μερικά στατιστικά δεδομένα δείχνουν την κατανομή στον χρόνο των επισκέψεων καθώς και το πιο συχνά επισκεπτόμενο μάθημα, άλλα δείχνουν τις επισκέψεις και τη διάρκεια τους, τους όρους που πιο συχνά αναζητούνται καθώς και τη χρήση της βοήθειας του συστήματος. Προηγμένες στατιστικές μέθοδοι, όπως η ανάλυση συσχετίσεων μεταξύ μεταβλητών έχουν χρησιμοποιηθεί για να συναχθούν οι συμπεριφορές των εκπαιδευομένων που επηρεάζουν τη μάθηση, ή και την πρόβλεψη της βαθμολογίας στην τελική εξέταση. Ακόμα, η ανάλυση παλινδρόμησης (regression analysis) έχει χρησιμοποιηθεί για να προβλέψει το επίπεδο γνώσης του εκπαιδευόμενου. Η παλινδρόμηση έχει χρησιμοποιηθεί επίσης για να γίνει πρόβλεψη αν ένας εκπαιδευόμενος θα απαντήσει σε μία ερώτηση ικανοποιητικά σωστά, καθώς και την απόδοσή του στην τελική αξιολόγηση του εκπαιδευτικού έτους.

Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους εκπαιδευτές ώστε αυτοί να τροποποιήσουν κατάλληλα το εκπαιδευτικό υλικό για να κάνουν την εκπαίδευση μέσω αυτού αποτελεσματικότερη.

#### 4.1.2.2 Οπτικοποίηση (visualization)

Η οπτικοποίηση των πληροφοριών είναι ένας κλάδος των γραφικών υπολογιστών (computer graphics) και διεπαφής χρηστών που αφορούν στη δημιουργία παρουσιάσεων διαδραστικών ή κινούμενων ψηφιακών εικόνων με σκοπό οι χρήστες να κατανοήσουν τα δεδομένα, να μπορέσουν να διαμορφώσουν υποθέσεις και να εξάγουν συμπεράσματα. Αυτές οι τεχνικές διευκολύνουν την ανάλυση μεγάλου όγκου πληροφοριών προβάλλοντας τα δεδομένα με κάποια οπτική μορφή. Κανονικά, μεγάλες ποσότητες πρωτογενών δεδομένων απεικονίζονται ή εκτυπώνονται με τη μορφή διαγραμμάτων, γραφήματα διασποράς (scatter plots) και τρισδιάστατων αναπαραστάσεων. Η οπτικοποίηση πληροφοριών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αποδοθούν με γραφικό τρόπο πολύπλοκα, πολυδιάστατα δεδομένα παρακολούθησης των εκπαιδευομένων που συλλέγονται από διαδικτυακά εκπαιδευτικά συστήματα. Οι πληροφορίες που οπτικοποιούνται στην ηλεκτρονική εκπαίδευση μπορεί να αφορούν εργασίες, ασκήσεις, ερωτήσεις, αποτελέσματα διαγωνισμάτων κ.ά.



**Εικόνα 3 : Επισκόπηση της πρόσβασης φοιτητών σε πόρους.**

Για παράδειγμα, στην Εικόνα 3 παρουσιάζεται ο συνολικός αριθμός των προσβάσεων που πραγματοποιούνται από τους εκπαιδευόμενους (στον άξονα X) σε όλες τις πηγές (υλικό) του ηλεκτρονικού μαθήματος (στον άξονα Y). Αν ο χρήστης επιλέξει (κάνει κλικ) με το δεξί πλήκτρο του ποντικιού μία από τις στήλες του ιστογράμματος και επιλέξει το «Λεπτομέρειες», μπορεί να δει λεπτομέρειες για τον συγκεκριμένο εκπαιδευόμενο. Ο εκπαιδευτής, χρησιμοποιώντας αυτό το γράφημα έχει μία εικόνα όλων των προσβάσεων που έχουν γίνει στο εκπαιδευτικό υλικό του μαθήματος από όλους τους εκπαιδευόμενους που καθαρά αναδεικνύει πρότυπα και τάσεις, ενώ ταυτόχρονα δίδονται πληροφορίες για την παρουσία κάθε ενός εκπαιδευόμενου στο μάθημα. Μέσω αυτής της πληροφόρησης μπορεί ο εκπαιδευτής να ανιχνεύσει εκπαιδευόμενους με προβλήματα μάθησης. Για παράδειγμα, μπορούν να ανιχνευθούν πολύ γρήγορα, εκπαιδευόμενοι με πολύ μικρό αριθμό προσβάσεων στο μάθημα (όπως ο πρώτος και ο προτελευταίος στο γράφημα), πολύ μικρό αριθμό ανάληψης εργασιών και ερωτηματολογίων.

#### **4.1.2.3 Συσταδοποίηση (Clustering)**

Συσταδοποίηση (Clustering) είναι μία διαδικασία κατάταξης αντικειμένων σε ομάδες των οποίων τα μέλη έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά. Είναι μία αυτόματη κατηγοριοποίηση ή κατανομή προτύπων (παρατηρήσεων, δεδομένων, ή διανυσμάτων χαρακτηριστικών γνωρισμάτων) σε ομάδες ή συστάδες βασισμένη στην τοποθεσία και συνδετικότητα μέσα σε ένα χώρο  $n$ -διαστάσεων. Στην ηλεκτρονική εκπαίδευση η συσταδοποίηση έχει χρησιμοποιηθεί για αναζήτηση ομάδων (συστάδων) από εκπαιδευόμενους με παρόμοια εκπαιδευτικά χαρακτηριστικά ώστε να επιτευχθεί συνεργατική κατά ομάδες εκπαίδευση ή γενικότερα εξειδικευμένη σε ομάδες εκπαίδευση όσο αφορά το εκπαιδευτικό υλικό, εργασίες, ερωτήσεις κ.ά.

Για παράδειγμα, μπορεί να γίνει συσταδοποίηση δημιουργώντας ομάδες εκπαιδευομένων που έχουν κοινά ή παραπλήσια χαρακτηριστικά – τιμές στις εξής μεταβλητές: αριθμός εργασιών που παρέδωσαν, αριθμός μηνυμάτων που διάβασαν ή και έστειλαν, και αριθμός ερωτηματολογίων που συμπλήρωσαν επιτυχώς ή και ανεπιτυχώς. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί ο εκπαιδευτής να χωρίσει του εκπαιδευόμενους σε τρεις ή περισσότερες συστάδες – ομάδες και να δημιουργήσει ειδικές συνεργατικές δραστηριότητες που θα μελετηθούν από εκπαιδευόμενους της ίδιας συστάδας.

#### 4.1.2.4 Κατηγοριοποίηση (Classification)

Κατηγοριοποίηση είναι η μετατροπή μιας συνεχούς ή διακριτής μεταβλητής  $X$  σε ένα διακριτό σύνολο ετικετών  $Y$ . Η κατηγοριοποίηση ή διακριτή ανάλυση εισάγει ετικέτες χαρακτηρισμού ομάδων. Η κατηγοριοποίηση στην ηλεκτρονική εκπαίδευση έχει χρησιμοποιηθεί για να ανακαλυφθούν υποψήφιες ομάδες εκπαιδευομένων με παρόμοια χαρακτηριστικά και αντιδράσεις σε ειδικές παιδαγωγικές στρατηγικές, να γίνει πρόβλεψη απόδοσης και τελικού βαθμού εκπαιδευομένων, πρόβλεψη επιτυχίας κ.ά.

Για παράδειγμα, χρησιμοποιώντας ένα δένδρο αποφάσεων μπορούμε να αντλήσουμε αρκετές πληροφορίες για την κατηγοριοποίηση των εκπαιδευομένων σε τρεις ομάδες. Οι εκπαιδευόμενοι που έχουν απαντήσει με επιτυχία σε πολύ λίγα ερωτηματολόγια χαρακτηρίζονται ως «αποτυχόντες». Οι εκπαιδευόμενοι με μεγάλο αριθμό επιτυχιών στα ερωτηματολόγια, χαρακτηρίζονται άμεσα ως «άριστοι». Οι εκπαιδευόμενοι με ένα μέσο αριθμό επιτυχιών στα ερωτηματολόγια, χαρακτηρίζονται ως «αποτυχόντες», «επιτυχόντες» και «καλοί» ανάλογα με άλλες μεταβλητές (χαρακτηριστικά) όπως χρόνος στις εργασίες, αριθμός ερωτηματολογίων που απαντήθηκαν, αριθμός ερωτηματολογίων στα οποία απέτυχαν, αριθμός εργασιών, αριθμός μαθημάτων, κ.τ.λ.).

Ο εκπαιδευτής μπορεί να χρησιμοποιήσει τη γνώση που εξάγεται από παρόμοιους με τους παραπάνω κανόνες για να λάβει αποφάσεις σχετικά με τις εκπαιδευτικές δραστηριότητες και την κατηγοριοποίηση των νέων εκπαιδευομένων. Για παράδειγμα, είναι πολύ λογικό ότι ο αριθμός των επιτυχώς συμπληρωθέντων ερωτηματολογίων είναι δείκτης της τελικής βαθμολογίας. Υπάρχουν όμως και κάποιοι άλλοι δείκτες που μπορούν να βοηθήσουν τους εκπαιδευτές, ώστε από τη μία να προωθήσουν – προβάλλουν περισσότερο κάποιες άλλες δραστηριότητες με σκοπό την επίτευξη υψηλότερων βαθμών και ανάλογης ποιότητας μάθησης, ενώ από την άλλη να διαγράψουν ή να αναμορφώσουν δραστηριότητες στις οποίες υπάρχει μεγάλο ποσοστό αποτυχίας. Επίσης, μπορεί ο εκπαιδευτής να αναγνωρίσει εκπαιδευτικά προβλήματα σε νέους εκπαιδευόμενους.

#### 4.1.2.5 Εξόρυξη κανόνων συσχέτισης (association rule mining)

Η εξόρυξη κανόνων συσχέτισης αποκαλύπτει σχέσεις μεταξύ ιδιοτήτων-χαρακτηρισμών σε βάσεις δεδομένων, δημιουργώντας δηλώσεις (εκφράσεις) της μορφής «εάν-τότε» που αφορούν τις τιμές των ιδιοτήτων. Ένας κανόνας συσχέτισης  $X \Rightarrow Y$  όπου το  $X$  ονομάζεται *προηγούμενο* (antecedent) και το  $Y$  ονομάζεται *επακόλουθο* (consequent) εκφράζει έναν ισχυρό συσχετισμό μεταξύ των αντικειμένων (ιδιότητας-τιμής) Η βεβαιότητα του κανόνα ενισχύεται ανάλογα με το ποσοστό των συναλλαγών (transactions) που περιέχουν το



συγκεκριμένο επακόλουθο στις συναλλαγές που περιέχουν το συγκεκριμένο προηγούμενο. Η επικύρωση του κανόνα γίνεται ανάλογα με το ποσοστό των συναλλαγών που περιέχουν τόσο το συγκεκριμένο επακόλουθο όσο και το συγκεκριμένο προηγούμενο επί όλων των συναλλαγών μέσα στη βάση δεδομένων.

Πολλοί κανόνες εξάγονται με την παραπάνω διαδικασία. Στην λίστα των σχέσεων - κανόνων που παράγονται υπάρχουν πλεονάζοντες κανόνες (δηλαδή κανόνων που μπορούν να συναχθούν από άλλους κανόνες), τυχαίοι κανόνες, αλλά και αναμενόμενοι κανόνες όπως για παράδειγμα: «αν κάποιος εκπαιδευόμενος δεν στέλνει μηνύματα τότε είναι πολύ πιθανό να μην διαβάζει μηνύματα της συζήτησης». Μεγάλο ενδιαφέρον έχουν οι απροσδόκητοι κανόνες αφού μπορούν να φανούν πολύ χρήσιμοι στην λήψη αποφάσεων από τους εκπαιδευτές σχετικά με τις εκπαιδευτικές δραστηριότητες αλλά και την αναγνώριση εκπαιδευόμενων με εκπαιδευτικά προβλήματα, όπως για παράδειγμα αν ισχύει ο κανόνας «αν ο αριθμός των μηνυμάτων που έχουν διαβαστεί και ο αριθμός των μηνυμάτων που έχουν αποσταλεί στον χώρο συζητήσεων είναι μικρός και ο συνολικός χρόνος και ο αριθμός των ερωτηματολογίων που έχουν απαντηθεί επιτυχώς είναι μικρός, τότε ο εκπαιδευόμενος θα αποτύχει στην τελική αξιολόγηση». Ο εκπαιδευτής αξιοποιώντας αυτή την πληροφορία μπορεί να δώσει μεγαλύτερη προσοχή σε αυτούς τους εκπαιδευόμενους που πρόκειται να αποτύχουν ώστε να μπορέσουν να τελειώσουν επιτυχώς το μάθημα.

#### 4.1.2.6 Άλλες τεχνικές

Η *εξόρυξη προτύπων ακολουθιών* (sequential pattern mining) είναι μία πιο περιοριστική μορφή της εξόρυξης σχεσιακών κανόνων στην οποία λαμβάνεται υπόψη και η σειρά των αντικειμένων στα οποία γίνεται πρόσβαση. Γίνεται προσπάθεια ανακάλυψης αν σε μία σειρά εκπαιδευτικών ενοτήτων, η παρουσία – χρήση μίας ομάδας εκπαιδευτικών στοιχείων ακολουθείται από ένα άλλο στοιχείο.

Η *εξόρυξη κειμένου* (text mining) είναι μία εξειδίκευση της εξόρυξης δεδομένων σε δεδομένα κειμένου και συνδέεται άμεσα με εξόρυξη διαδικτυακού περιεχομένου. Η μέθοδος περιλαμβάνει εξόρυξη κειμένου που μπορεί να λειτουργήσει με μη δομημένα ή ημιδομημένα δεδομένα όπως είναι τα έγγραφα (full-text documents), τα αρχεία HTML και τα ηλεκτρονικά μηνύματα (email). Η συγκεκριμένη εφαρμογή της τεχνικής εξόρυξης κειμένου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ομαδοποίηση κειμένων ανάλογα με το αντικείμενο που πραγματεύονται και τις ομοιότητές τους και να παράγει περιλήψεις, να βρεθεί και να οργανωθεί υλικό με τη χρήση σημασιολογικών πληροφοριών κ.ά. που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στην ηλεκτρονική εκπαίδευση.

Η *ανάλυση ακραίων τιμών* ή «ακροτάτων» (outlier analysis) είναι ένας τύπος ανάλυσης δεδομένων που διερευνά τις εγγραφές σε μία βάση δεδομένων που διαφέρουν σημαντικά από τις αναμενόμενες. Ένα «ακρότατο» είναι μία παρατήρηση ή μέτρηση που είναι ασυνήθιστα μεγάλη ή μικρή σε σχέση με τις άλλες τιμές στο ίδιο σύνολο. Η τεχνική αυτή συνήθως χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό των δεδομένων, για την επισήμανση αναδυόμενων τάσεων και την αναγνώριση ασυνήθιστα καλών ή κακών αποδόσεων εκπαιδευομένων.

Η *ανάλυση κοινωνικής δικτύωσης* (social network analysis - SNA) βασίζεται στην ιδέα ότι ένα κοινωνικό περιβάλλον μπορεί να εκφραστεί από τα πρότυπα των σχέσεων μεταξύ των μελών του. Η SNA χρησιμοποιεί τις συνδέσεις μεταξύ των μελών - μονάδων ως δεδομένα που τις συνδέουν μέσα σε ένα σύστημα. Στην ηλεκτρονική εκπαίδευση η SNA μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξόρυξη ομαδικών δραστηριοτήτων, αναλύοντας τα διαγράμματα κοινωνικότητας μιας ομάδας και την κατάσταση του κάθε μέλους και την συνοχή της ομάδας στις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις και διερμηνεύοντας και αναλύοντας την δομή και το περιεχόμενο των διαδικτυακών εκπαιδευτικών κοινοτήτων.

#### **4.1.3 Συμπεράσματα**

Στις προηγούμενες παραγράφους παρουσιάστηκε η χρησιμότητα που μπορεί να έχει για τους εκπαιδευτές η εφαρμογή τεχνικών εξόρυξης δεδομένων από συστήματα CMS. Οι τεχνικές αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε συνδυασμό μεταξύ τους δίνοντας πιο συνεπή και άμεσα αποτελέσματα. Αρχικά οι εκπαιδευτές μπορούν να χρησιμοποιήσουν την τεχνική οπτικοποίησης για να έχουν μία γενική όψη χρήσεως των εκπαιδευτικών δεδομένων από τους εκπαιδευόμενους και, στη συνέχεια, αν εντοπίσουν κάτι περίεργο ή μη αναμενόμενο μπορούν να λάβουν πιο λεπτομερή ενημέρωση σχετικά με τα γεγονότα μελετώντας τα στατιστικά δεδομένα. Ή αν εντοπίσουν ομοιότητες που υποδηλώνουν ομάδες, μπορούν να εφαρμόσουν τεχνικές συσταδοποίησης με σκοπό να καθορίσουν ακριβώς τις ομάδες. Σε αυτές τις ομάδες μπορεί να χρησιμοποιηθεί και η κατηγοριοποίηση (classification). Η κατηγοριοποίηση αναδεικνύει τα βασικά χαρακτηριστικά των εκπαιδευόμενων σε κάθε ομάδα, και βοηθάει στην κατηγοριοποίηση νέων εκπαιδευόμενων. Τελικά, οι εκπαιδευτές μπορούν να εφαρμόσουν και την εξόρυξη κανόνων συσχέτισης (association rule mining) για να ανακαλύψουν αν υπάρχει κάποια σχέση μεταξύ αυτών των χαρακτηριστικών και άλλων ιδιοτήτων. Αυτοί οι κανόνες δεν βοηθούν μόνο στην κατηγοριοποίηση των εκπαιδευόμενων, αλλά και στην ανίχνευση των πηγών των όποιων μη αναμενόμενων ή αποκλιουσών τιμών στους δείκτες της εκπαιδευτικής απόδοσης των εκπαιδευόμενων.

### **4.2 Πρόβλεψη αποτυχίας σε μαθήματα ηλεκτρονικής εκπαίδευσης, μέσω συνδυασμού τεχνικών μηχανικής μάθησης**

#### **4.2.1 Εισαγωγή**

Στην ηλεκτρονική εκπαίδευση παρατηρείται υψηλότερο ποσοστό αποτυχίας – εγκατάλειψης κατά 10-20% σε σύγκριση με την παραδοσιακή μέθοδο εκπαίδευσης. Γενικά, το ποσοστό διατήρησης φοίτησης των εκπαιδευόμενων αποτελεί διεθνώς έναν σημαντικό δείκτη ποιότητας των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων, αλλά και των συστημάτων ηλεκτρονικής εκπαίδευσης. Η ακριβής και έγκαιρη αναγνώριση των εκπαιδευόμενων που ενδέχεται να αποτύχουν ή γενικότερα να εγκαταλείψουν τη φοίτησή τους ή την συμμετοχή τους στην εκπαίδευση σε κάποιο μάθημα αποτελεί χρήσιμη πληροφορία για να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην εκπαίδευση των συγκεκριμένων εκπαιδευόμενων.

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζεται μία μέθοδος πρόβλεψης αποτυχίας παρακολούθησης σε αρχικό στάδιο του ηλεκτρονικού μαθήματος ηλεκτρονικής

εκπαίδευσης, για την αναγνώριση εκπαιδευόμενων που ενδέχεται να αποτύχουν βασισμένη α) σε τρεις δημοφιλείς τεχνικές μηχανικής εκπαίδευσης και β) σε λεπτομερή δεδομένα από τη διαδικασία της εκπαίδευσης. Οι τεχνικές μηχανικής εκπαίδευσης που χρησιμοποιούνται εδώ είναι *feedforward neural networks*, *support vector machines* και *probabilistic ensemble simplified fuzzy ARTMAP*. Εκεί που μπορεί μία μέθοδος να αποτύχει στον χαρακτηρισμό των εκπαιδευόμενων στην ηλεκτρονική εκπαίδευση, μία άλλη μπορεί επιτύχει. Οι τρεις παραπάνω τεχνικές μηχανικής εκπαίδευσης ελέγχονται χρησιμοποιώντας τρία σχήματα αποφάσεων που συνδυάζονται με διαφορετικούς τρόπους. Η μέθοδος αξιολογείται όσον αφορά την γενική ακρίβεια, την ευαισθησία και την ακρίβεια σε ειδικότερες παραμέτρους. Τα αποτελέσματά της διαπιστώθηκε ότι ήταν σημαντικά καλύτερα από αυτά των μεθόδων που αναφέρονται στη σχετική βιβλιογραφία.

#### 4.2.2 Μέθοδοι πρόβλεψης

Οι μέθοδοι που έχουν χρησιμοποιηθεί χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τα δεδομένα που χρησιμοποιούν για εκτελέσουν πρόβλεψη αποτυχίας των εκπαιδευόμενων:

- a. Αμετάβλητα χαρακτηριστικά των εκπαιδευόμενων
- b. Μεταβλητά χαρακτηριστικά των εκπαιδευόμενων, τα οποία αλλάζουν κατά τη διάρκεια του μαθήματος.

##### 4.2.2.1 Αμετάβλητα χαρακτηριστικά

Πολλές εργασίες αναδεικνύουν τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά – δείκτες των εκπαιδευόμενων που σχετίζονται με την λήψη απόφασης για εγκατάλειψη του μαθήματος. Οι αναγνωρισμένοι δείκτες σχετίζονται α) με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του εκπαιδευόμενου, β) με τις προηγούμενες ακαδημαϊκές τους γνώσεις και γ) με άλλους δείκτες που δεν σχετίζονται με τους δύο παραπάνω.

Στις εργασίες που έχουν παρουσιαστεί, οι δείκτες που σχετίζονται με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του εκπαιδευόμενου είναι: η ηλικία, η δυνατότητα χρήσης οικιακού ηλεκτρονικού υπολογιστή, το φύλο, η εθνικότητα, η δυνατότητα οικονομικής ενίσχυσης, η υπηκοότητα, το επίπεδο εκπαίδευσης του πατέρα τους και η κοινωνικοοικονομική και οικογενειακή δομή.

Επίσης οι δείκτες που σχετίζονται με το επίπεδο εκπαίδευσης των εκπαιδευόμενων είναι: τα αποτελέσματα της συμμετοχής των σε γενικές εξετάσεις δευτεροβάθμιας και μεταδευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, και η επίδοση στη σκέψη/αντανάκλαση (*thinking/reflection*) όσον αφορά τη μετρική τύπου μάθησης (*learning type measure – LTM*) που έχει εισάγει ο McCarthy, η πρόδός τους κατά την φοίτησή τους στο πρώτο έτος τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, και το επίπεδο τεχνολογικής γνώσης και χρήσης ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Τέλος, δείκτες του τρίτου είδους, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, που δεν σχετίζονται με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά και τις προηγούμενες ακαδημαϊκές τους γνώσεις είναι: οι επαγγελματικές τους προτιμήσεις, η τάση για πλήξη, η ανταγωνιστική συμπεριφορά, το

έτος φοίτησης, και ο βαθμός ικανοποίησης των εκπαιδευόμενων όσον αφορά τη δομή και το περιεχόμενο του παραδιδόμενου μαθήματος.

#### 4.2.2.2 Εργασίες με μεταβλητά χαρακτηριστικά

Εκτός από τη χρήση των δεδομένων που αντλούνται από το παρελθόν του εκπαιδευόμενου για τον καθορισμό των δεικτών εκείνων που μέσω αυτών θα μπορούσε να προβλεφθεί η εγκατάλειψη – αποτυχία εκπαιδευόμενου σε κάποιο μάθημα, όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν δεδομένα που συλλέγονται κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής διαδικασίας για να καθοριστούν τα αντίστοιχα χρονικά μεταβαλλόμενα χαρακτηριστικά – δείκτες. Στην εργασία του Xenos (2004) χρησιμοποιήθηκαν δίκτυα Bayes και δεδομένα από το παρελθόν αλλά και από την πρόοδο της εκπαιδευτικής διαδικασίας για εκπαιδευόμενους πανεπιστημιακού επιπέδου κατά τη διάρκεια του ακαδημαϊκού εξαμήνου. Στόχος της εργασίας ήταν η διευκόλυνση των εκπαιδευτών στο να καθορίσουν τις εκπαιδευτικές διαδικασίες και κατ' επέκταση να αναγνωρίσουν τους λόγους που οδηγούν τους εκπαιδευόμενους να εγκαταλείψουν το μάθημα. Η εργασία αυτή δεν αναφέρει σημαντικά αποτελέσματα.

Η τεχνική των *δένδρων αποφάσεων* (decision trees) χρησιμοποιήθηκε από τους Moseley και Mead (2008) για να καθοριστούν οι κανόνες που αφορούν τη μείωση του ενδιαφέροντος των εκπαιδευόμενων σε μία ανώτερη σχολή νοσηλευτικής. Αυτή η εργασία βασίστηκε και σε χρονικά αμετάβλητα και σε χρονικά μεταβαλλόμενα χαρακτηριστικά εκπαιδευόμενων. Η εργασία δεν αναφέρει συνολικό ποσοστό επιτυχίας στην πρόβλεψη αποτυχίας των εκπαιδευόμενων όταν χρησιμοποιήθηκαν μόνο χρονικά αμετάβλητα χαρακτηριστικά εκπαιδευόμενων, αλλά κατά τη χρήση των μεταβαλλόμενων χαρακτηριστικών των εκπαιδευόμενων το σύστημα έδωσε ποσοστό επιτυχίας πρόβλεψης 94%. Παρόλο που οι συγγραφείς της παραπάνω εργασίας δεν διασαφήνισαν αν η πρόβλεψη έγινε σε αρχικό ή ενδιάμεσο στάδιο της εκπαίδευσης, το αποτέλεσμα είναι άξιο παρατήρησης και πολλά υποσχόμενο.

Κάθε ένα από τα παραπάνω συστήματα χρησιμοποιεί μία μέθοδο για να πραγματοποιήσει την πρόβλεψη αποτυχίας ή ολοκλήρωσης μαθήματος. Στην εργασία του Herzog (2006) χρησιμοποιούνται τρεις μέθοδοι επίλυσης του ίδιου προβλήματος. Αναλυτικότερα, στην προαναφερόμενη εργασία εξετάζεται η ακρίβεια πρόβλεψης με *back-propagation neural networks*, *rule-induction decision trees* και *multinomial logistic regression* της διατήρησης του ενδιαφέροντος πρωτοετών φοιτητών σε κολέγιο. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν περιείχαν τόσο χρονικά αμετάβλητα όσο και χρονικά μεταβαλλόμενα χαρακτηριστικά εκπαιδευόμενων κατά τη διάρκεια του πρώτου έτους φοίτησης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όλες οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν κατέληξαν σε παρόμοια ποσοστά επιτυχίας πρόβλεψης, περίπου 75% στο μέσο και 84% στο τέλος του ακαδημαϊκού έτους. Τα αποτελέσματα με τη χρήση μόνο χρονικά αμετάβλητων χαρακτηριστικών δεν παρουσιάστηκαν στην παραπάνω εργασία.

Μία άλλη εργασία στην οποία πραγματοποιήθηκε σύγκριση αρκετών τεχνικών μηχανικής μάθησης για την πρόβλεψη των εκπαιδευόμενων που πρόκειται να εγκαταλείψουν ή να

αποτύχουν σε ένα πανεπιστημιακό μάθημα είναι αυτή των Kotsiantis, Pierrakas και Pintelas (2003). Στην εργασία αυτή εξετάστηκε η ακρίβεια πρόβλεψης με έξι διαφορετικές τεχνικές: *neural networks, decision trees, naive Bayes algorithm, support vector machines, instance-based learning algorithms and logistic regression*. Στην εργασία χρησιμοποιήθηκαν τόσο χρονικά αμετάβλητα όσο και χρονικά μεταβαλλόμενα χαρακτηριστικά εκπαιδευόμενων κατά τη διάρκεια εκπαίδευσης, με τη μορφή δεδομένων από την συμμετοχή στο μάθημα και τις επιδόσεις σε εργασίες των εκπαιδευόμενων. Με βάση τα αποτελέσματα, η εργασία καταλήγει στο ότι παρόλο που δεν είναι δυνατόν να επιλεγεί ένας και μοναδικός αλγόριθμος για την αναζήτηση της πρόβλεψης αποτυχίας, ο *naive Bayes* αλγόριθμος φαίνεται να είναι ο πιο κατάλληλος αφού πέτυχε ποσοστό ακρίβειας 84% με τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν.

Η συνεισφορά των παραπάνω μεθόδων στο πεδίο της πρόβλεψης αποτυχίας ήταν αξιόλογη. Παρόλο που κάποιες από αυτές χρησιμοποιούν τόσο χρονικά αμετάβλητα όσο και χρονικά μεταβαλλόμενα χαρακτηριστικά εκπαιδευόμενων, δεν παρουσιάζουν στο σύνολό τους τον βαθμό ακρίβειας των αποτελεσμάτων ούτε καθορίζουν σε ποια ακριβώς φάση επετεύχθη η πρόβλεψη. Επίσης η δειγματοληψία δεδομένων για επεξεργασία και η εξαγωγή του αποτελέσματος της πρόβλεψης γίνεται σε αραιά και μη τακτά διαστήματα κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης, με αποτέλεσμα να είναι αναποτελεσματικό το όλο εγχείρημα, αφού πολλές φορές δεν είναι δυνατή η επέμβαση των εκπαιδευτών ώστε να ανατρέψουν την πρόβλεψη αποτυχίας που έχει εξαχθεί για κάποιους εκπαιδευόμενους.

Με σκοπό την εξαγωγή μιας ακριβούς και έγκαιρης πρόβλεψης αποτυχίας, η εργασία των Lykourantzou et al. (2009) επικεντρώνεται σε ηλεκτρονικά μαθήματα που επιτρέπουν την λεπτομερέστερη καταγραφή των καθημερινών εκπαιδευτικών κινήσεων – δράσεων των εκπαιδευόμενων. Ο σκοπός της μεθόδου είναι να χρησιμοποιεί αυτά τα πιο λεπτομερή δεδομένα ώστε να εξάγει συχνότερες και ακριβέστερες προβλέψεις για την αποτυχία ή επιτυχία των εκπαιδευόμενων. Με αυτό τον τρόπο επιτρέπει στους εκπαιδευτές να επέμβουν κατάλληλα ώστε να μειώσουν τις αποτυχίες. Επιπροσθέτως, τρεις γνωστές τεχνικές μηχανικής μάθησης συγκρίνονται αλλά και συνδυάζονται για να εξαλειφθούν οι αστοχίες πρόβλεψης, δημιουργώντας έναν πιο ακριβή μηχανισμό πρόβλεψης αποτυχίας από αυτούς που ήδη υπάρχουν.

#### **4.2.3 Τεχνικές μηχανικής μάθησης στην πρόβλεψη αποτυχίας**

Για την πρόβλεψη αποτυχίας εκπαιδευόμενων τρεις γνωστές τεχνικές μάθησης έχουν χρησιμοποιηθεί στην εργασία των Lykourantzou et al. (2009): α) *feed-forward neural networks (FFNN)*, β) *support vector machines (SVM)*, και γ) *probabilistic ensemble simplified fuzzy ARTMAP (PESFAM)*. Αυτές οι τεχνικές έχουν επιτυχώς εφαρμοστεί στη λύση διαφόρων προβλημάτων ταξινόμησης και λειτουργούν σε δύο φάσεις, τη φάση εκπαίδευσης και τη φάση ελέγχου. Κατά τη φάση εκπαίδευσης, εισάγεται σε κάθε τεχνική ένα σύνολο από ζεύγη δεδομένων (X,Y), όπου X αντιπροσωπεύει την είσοδο και Y την έξοδο. Το Y μπορεί να λάβει μία από τις τιμές: 0 αν ο εκπαιδευόμενος ολοκληρώσει το μάθημα και 1 αν ο εκπαιδευόμενος εγκαταλείψει το μάθημα. Κάθε μία από τις παραπάνω τεχνικές προσπαθεί να καθορίσει την έξοδό της σύμφωνα με τα δεδομένα που της δίνονται. Κατά τη διάρκεια της φάσης εκπαίδευσης δίδονται σε κάθε τεχνική δεδομένα

που δεν χρησιμοποιούνται στην φάση ελέγχου έτσι ώστε να ρυθμιστεί η απόδοση της τεχνικής. Αν αποδειχθεί ότι η τεχνική κατηγοριοποιεί σωστά τα περισσότερα δεδομένα κατά τη φάση ελέγχου, τότε η εκπαίδευση θεωρείται επιτυχής και δύναται να χρησιμοποιηθεί γενικότερα.

#### **4.2.4 Συνδυάζοντας τα αποτελέσματα των τεχνικών μηχανικής μάθησης χρησιμοποιώντας σχήματα λήψης αποφάσεων**

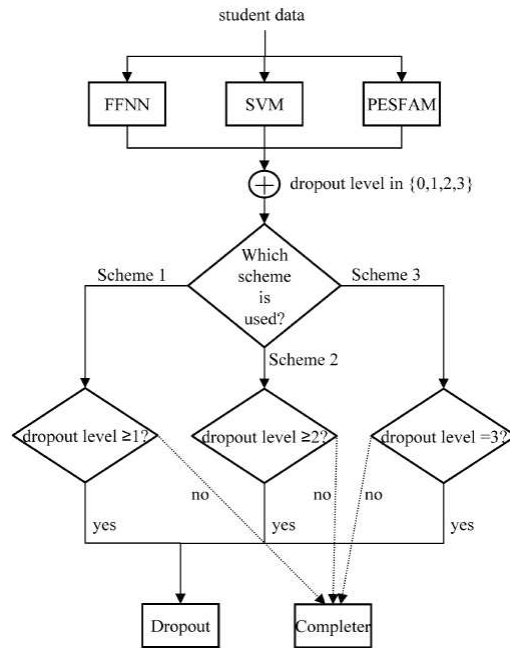
Αφού υπάρχει η πιθανότητα κάποια τεχνική μηχανικής μάθησης να αποτύχει να ανιχνεύσει εάν κάποιος εκπαιδευόμενος θα αποτύχει ενώ κάποια άλλη τεχνική μπορεί να το ανιχνεύσει επιτυχώς, τρία σχήματα λήψης αποφάσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Παρακάτω περιγράφεται η λειτουργία των σχημάτων λήψης αποφάσεων όπως παρουσιάζεται και στην Εικόνα 4.

Πρώτα αθροίζονται τα αποτελέσματα των τριών τεχνικών που εφαρμόστηκαν για την περίπτωση του κάθε εκπαιδευόμενου. Το αποτέλεσμα της κάθε τεχνικής είναι δυαδικό, το '1' αντιστοιχεί σε κατηγοριοποίηση του εκπαιδευόμενου ως «**αποτυχών**» και το '0' αντιστοιχεί σε «**επιτυχών**». Οπότε το επίπεδο αποτυχίας ενός εκπαιδευόμενου μπορεί να λάβει τέσσερις διακριτές ακέραιες τιμές από 0 (επιτυχών) έως 3 (όλες οι τεχνικές που εφαρμόστηκαν κατηγοριοποίησαν αυτόν τον εκπαιδευόμενο ως αποτυχόντα). Από τη στιγμή που έχει υπολογιστεί το επίπεδο αποτυχίας του εκπαιδευόμενου, αυτός μπορεί να κατηγοριοποιηθεί ως αποτυχών ή επιτυχών χρησιμοποιώντας τρία σχήματα λήψης αποφάσεων που ορίζονται ως:

*Σχήμα απόφασης 1:* Ο εκπαιδευόμενος θεωρείται αποτυχών αν έστω και μία τεχνική τον έχει χαρακτηρίσει ως αποτυχόντα. Με άλλα λόγια, εκπαιδευόμενος χαρακτηρίζεται ως αποτυχών αν το επίπεδο αποτυχίας του είναι μεγαλύτερο ή ίσο με '1' αλλιώς χαρακτηρίζεται ως επιτυχών.

*Σχήμα απόφασης 2:* Ο εκπαιδευόμενος θεωρείται αποτυχών αν τουλάχιστον δύο τεχνικές (που αποτελούν και την πλειοψηφία με δεδομένο ότι το σύνολο των τεχνικών είναι τρεις) τον έχουν χαρακτηρίσει ως αποτυχόντα. Με άλλα λόγια, εκπαιδευόμενος χαρακτηρίζεται ως αποτυχών αν το επίπεδο αποτυχίας του είναι μεγαλύτερο ή ίσο με '2'.

*Σχήμα απόφασης 3:* Ο εκπαιδευόμενος θεωρείται αποτυχών αν όλες τεχνικές τον έχουν χαρακτηρίσει ως αποτυχόντα (ομοφωνία), δηλαδή αν το επίπεδο αποτυχίας του είναι ίσο με '3'.



Εικόνα 4. Σχηματική αναπαράσταση μεθόδου

#### 4.2.5 Εφαρμογή μεθόδου και Συμπεράσματα

Μετά από πειραματική εφαρμογή της παραπάνω μεθόδου για να διαπιστωθεί κατά πόσο γίνεται έγκαιρη και ακριβής πρόβλεψη εγκατάλειψης μαθήματος σε πραγματικό ηλεκτρονικό μάθημα, τα αποτελέσματα ήταν πολύ ενθαρρυντικά. Τα πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν ότι η πιο επιτυχημένη τεχνική στην έγκαιρη και ακριβή πρόβλεψη εκπαιδευομένων που πρόκειται να αποτύχουν είναι το σχήμα λήψης αποφάσεων που χαρακτηρίζει έναν εκπαιδευόμενο σαν αποτυχών όταν αυτός έχει χαρακτηριστεί έτσι από τουλάχιστον μία από τις τρεις τεχνικές μηχανικής εκπαίδευσης. Με την παραπάνω μέθοδο πρόβλεψης, σύμφωνα με τα πειραματικά δεδομένα, επετεύχθη ακρίβεια πρόβλεψης 75-85% από την πρώτη ενότητα του μαθήματος, και έφτασε στο 97-100% στην τελευταία ενότητα. Έτσι, δίνεται η δυνατότητα στους εκπαιδευτές, να αναγνωρίσουν νωρίς και με ακρίβεια τους «επίφοβους» για αποτυχία εκπαιδευόμενους και να δράσουν ώστε να μειωθεί το ποσοστό αποτυχίας.

#### 4.2.6 Συζήτηση σχετικά με την πρόβλεψη αποτυχίας στην προσαρμοστική εκπαίδευση

Κάθε προσαρμοστικό σύστημα εκπαίδευσης, κατά τη μετάβαση του εκπαιδευόμενου από ενότητα σε ενότητα, λαμβάνει υπόψη του κάποιες μεταβλητές – παραμέτρους για να καθορίσει το Μαθησιακό Στυλ, τον τρόπο παρουσίασης, το επίπεδο δυσκολίας κ.τ.λ. της επόμενης ενότητας που θα επιλεγεί να προταθεί – παρουσιαστεί για μελέτη στον εκπαιδευόμενο.

Από την άλλη πλευρά στη μέθοδο πρόβλεψης αποτυχίας παρακολούθησης ή εγκατάλειψης μαθήματος ηλεκτρονικής εκπαίδευσης, οι εκπαιδευόμενοι αξιολογούνται σταδιακά κατά τη διάρκεια της περιόδου εκπαίδευσης και τα μεταβλητά χαρακτηριστικά όπως βαθμολογίες εκπαιδευομένων σε ερωτηματολόγια με ερωτήσεις πολλαπλών

επιλογών και εργασίες, η δυνατότητα των εκπαιδευομένων να τηρήσουν τις προθεσμίες παράδοσης των εργασιών και η συμπεριφορά τους κατά τη διάρκεια του μαθήματος χρησιμοποιούνται για τον εκ των προτέρων χαρακτηρισμό των εκπαιδευόμενων ως «αποτυχόντες» (dropout student).

Η χρήση της τεχνικής πρόβλεψης των επιτυχόντων εκπαιδευόμενων εκτιμάται ότι θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί με δύο τρόπους σε ένα σύστημα προσαρμοστικής εκπαίδευσης:

1. *Ενσωματωμένο*, δηλαδή το εκπαιδευτικό σύστημα λαμβάνει υπόψη ΜΟΝΟ το αποτέλεσμα της τεχνικής πρόβλεψης ώστε να καθορίσει την «επόμενη» εκπαιδευτική ενότητα. Τα προβλήματα που μπορεί να υπάρχουν σε αυτή την περίπτωση είναι ότι α) η πρόβλεψη αποτυχίας δεν έχει πολύ μεγάλη ακρίβεια σε πρώιμο στάδιο μελέτης του μαθήματος π.χ. στις δύο ή τρεις πρώτες ενότητες σε ένα μάθημα δέκα ενοτήτων – σε αντίθεση με τα επόμενα στάδια που έχει μεγάλη ακρίβεια - οπότε και οι επιλογές που μπορεί να γίνουν από το σύστημα (σε αρχικό στάδιο του όλου μαθήματος) μπορεί να είναι λανθασμένες και να επηρεάσουν αρνητικά την εκπαιδευτική πορεία των εκπαιδευόμενων και β) το τελικό αποτέλεσμα της πρόβλεψης αποτυχίας για κάθε εκπαιδευτική ενότητα ή εκπαιδευτικό κόμβο είναι δυαδικό (0 if a student is a completer or 1 if a student drops the course), αυτό μπορεί να δείξει ότι η επιλογή της ενότητας που παρουσιάστηκε στον εκπαιδευόμενο για μελέτη δεν ήταν κατάλληλη για αυτόν, αλλά δεν μας δείχνει για πιο λόγο δεν ήταν κατάλληλη (αφού δεν στηρίζεται στην μοντελοποίηση) π.χ. λάθος Μαθησιακό Στυλ. Όταν οι επιλογές είναι μόνο δύο τότε είναι εύκολη η επιλογή, όταν όμως υπάρχει η δυνατότητα να παρουσιαστεί μία ενότητα πιο κοντά στις προτιμήσεις του εκπαιδευόμενου π.χ. εμπλουτισμένη με οπτικό υλικό και με περισσότερες ασκήσεις, αυτή δεν μπορεί να επιλεγεί μόνο από το αποτέλεσμα της μεθόδου πρόβλεψης αποτυχίας.

2. *Παράλληλη λειτουργία*, δηλαδή το προσαρμοστικό σύστημα λειτουργεί σύμφωνα με τις προδιαγραφές του και επιλέγει το εκπαιδευτικό υλικό της κάθε ενότητας που θα παρουσιαστεί για μελέτη σε κάθε εκπαιδευόμενο ΚΑΙ ταυτόχρονα το σύστημα πρόβλεψης αποτυχίας τροφοδοτείται με τα δεδομένα των εκπαιδευομένων (αποτελέσματα των test, συμπεριφορά πλοήγησης κ.τ.λ.) και εξάγει την ολική εκτίμηση της πορείας του κάθε εκπαιδευόμενου. Αυτή η εκτίμηση, με τη μορφή δυαδικού δεδομένου, τροφοδοτείται στο προσαρμοστικό σύστημα και αποτελεί άλλη μία παράμετρο που λαμβάνεται υπόψη κατά την επιλογή του υλικού της «επόμενης» εκπαιδευτικής ενότητας που πρόκειται να παρουσιαστεί στον κάθε εκπαιδευόμενο (π.χ. με χαμηλότερο βαθμό δυσκολίας αν η εκτίμηση είναι 1).

### **4.3 Ανάπτυξη προσαρμοστικού εκπαιδευτικού συστήματος με εξατομίκευση μέσω δύο πηγών πληροφοριών**

#### **4.3.1 Εισαγωγή**

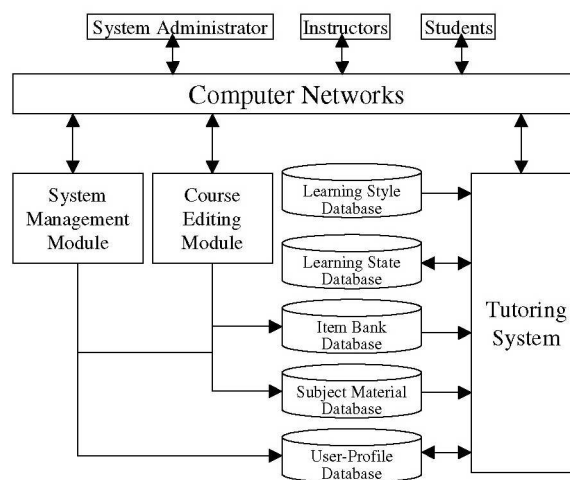
Στην εργασία των Tseng J.C.R. et al. (2008) προτείνεται ένα σύστημα δύο πηγών προσαρμοστικής μάθησης (two sources adaptive learning - TSAL). Το TSAL μπορεί να



βοηθήσει τους εκπαιδευτές να κατασκευάσουν προσαρμοστικά εκπαιδευτικά υλικά για επιστημονικά μαθήματα, με τη χρήση δύο πηγών πληροφόρησης για την επίτευξη της εξατομίκευσης. Οι πηγές αφορούν α) τις συμπεριφορές μάθησης των εκπαιδευομένων και β) το μαθησιακό στυλ (τρόπο μάθησης) των εκπαιδευομένων.

#### 4.3.2 Υλοποίηση του TSAL

Το TSAL αποτελείται από οκτώ δομικές ενότητες – τμήματα: Τμήμα Σύνθεσης Μαθήματος, Σύστημα Παράδοσης, Τμήμα Διαχείρισης Συστήματος, Βάση Δεδομένων Προφίλ Χρηστών, Βάση Δεδομένων Εκπαιδευτικού Υλικού, Βάση Δεδομένων Εκπαιδευτικών Αντικειμένων, Βάση Δεδομένων Καταστάσεων Μάθησης, και Βάση Δεδομένων Μαθησιακών Στυλ όπως εμφανίζονται στην Εικόνα 5.



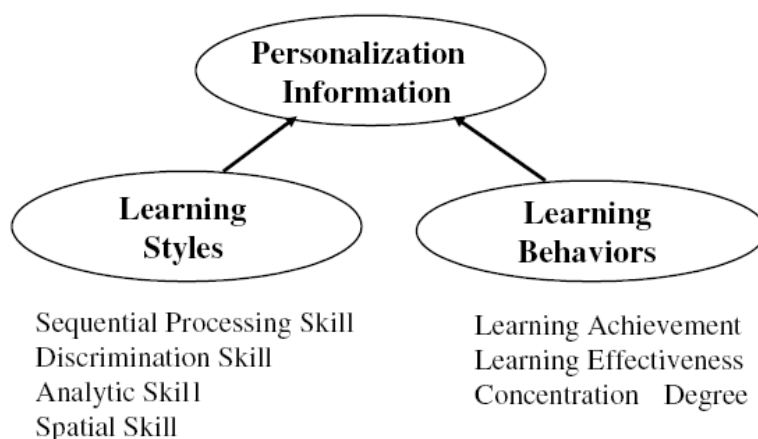
Εικόνα 5. Αρχιτεκτονική του TSAL

Μέσω του Τμήματος Σύνθεσης Μαθήματος (*Course Editing Module*) ο εκπαιδευτής αποκτά πρόσβαση στη Βάση Δεδομένων Εκπαιδευτικού Υλικού (*subject material database*) και στην Βάση Δεδομένων Εκπαιδευτικών Αντικειμένων (*item bank*). Το Σύστημα Παράδοσης (*Tutoring System Module*) περιλαμβάνει on-line εκπαιδευτικούς οδηγούς, on-line συζητήσεις, τροποποιήσεις του προφίλ, και αυτοαξιολογήσεις. Μέσω του Τμήματος Διαχείρισης Συστήματος (*System Management Module*), ο διαχειριστής του συστήματος ελέγχει την Βάση Δεδομένων Εκπαιδευτικού Υλικού (*subject material database*), τη Βάση Δεδομένων Προφίλ Χρηστών (*user-profile database*) και τη Βάση Δεδομένων Εκπαιδευτικών Αντικειμένων (*item bank*). Ο διαχειριστής του συστήματος εκτελεί επίσης αρκετές εργασίες συντήρησης μέσω αυτού του συστήματος, όπως χειρισμούς των λογαριασμών των χρηστών και διαχείριση των συζητήσεων.

Κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης, το TSAL καταγράφει τις on-line συμπεριφορές του κάθε εκπαιδευόμενου, συμπεριλαμβανομένων των: χρόνου εκπαίδευσης (ενασχόλησης) ενότητας, χρόνου αδράνειας, χρόνου αντίδρασης, βαθμολογίας διαγωνίσματος (test) ενότητας, απόδοσης μάθησης ενότητας, απορρόφησης γνώσης, και επιπέδου δυσκολίας. Για κάθε ενότητα, διενεργείται ένα διαγώνισμα αξιολόγησης για να εκτιμηθεί η πρόοδος των εκπαιδευομένων έτσι ώστε να μπορεί να καθοριστεί η κατάλληλη έκδοση της επόμενης ενότητας.

### 4.3.3 Η προσέγγιση της προσαρμοστικής εκπαίδευσης της μεθόδου των «δύο πηγών»

Κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης, το TSAL καταγράφει εκείνα δεδομένα των εκπαιδευομένων που είναι χρήσιμα για να καθοριστούν τα προσαρμοστικά αντικείμενα για κάθε εκπαιδευόμενο. Στη σύγχρονη προσέγγιση, δύο πηγές πληροφορίας έχουν χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της εξατομίκευσης και αυτές είναι: α) τα προσωπικά μαθησιακά στυλ (Δεξιότητες Διαδοχικής Επεξεργασίας, Δεξιότητες Διακρίσεων, Αναλυτικές Δεξιότητες και Χωρικές Δεξιότητες) και β) οι εκπαιδευτικές συμπεριφορές (αποτελεσματικότητα μάθησης, βαθμός συγκέντρωσης και προόδου), όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 6. Στις επόμενες ενότητες παρουσιάζονται οι παράμετροι για την περιγραφή των χαρακτηριστικών των εκπαιδευομένων και η προσέγγιση του καθορισμού του εξατομικευμένων εκπαιδευτικών υλικών για κάθε εκπαιδευόμενο.



Εικόνα 6. Το μοντέλο των "δύο πηγών" της προσαρμοστικής εκπαίδευσης

### 4.3.4 Οι παράμετροι που αξιολογούνται από το TSAL

Στο TSAL, πολλοί παράμετροι χρησιμοποιούνται για να καθοριστεί το επίπεδο δυσκολίας και το στυλ της παρουσίασης του εκπαιδευτικού υλικού για κάθε εκπαιδευόμενο. Στις παραμέτρους για το Μαθησιακό Στυλ περιλαμβάνονται:

1. Η Δεξιότητα Διαδοχικής Επεξεργασίας (Sequential Processing Skill (SPS)) του κάθε εκπαιδευόμενου, η οποία αντιπροσωπεύει τη δυνατότητα της επεξεργασίας των πληροφοριών σειριακά, δηλαδή η δυνατότητα να αντλούνται νοήματα από πληροφορίες που παρουσιάζονται βήμα-βήμα, σε ένα σειριακό περιβάλλον μάθησης. Ο εκπαιδευόμενος με υψηλή τιμή SPS έχει τάση να προτιμά εκπαιδευτικό υλικό που έχει οργανωθεί με σειριακό τρόπο, ενώ αυτός με χαμηλή τιμή SPS έχει τάση να προτιμά υπερμεσικό υλικό που παρουσιάζεται με μη σειριακό τρόπο.
2. Η Δεξιότητα Διάκρισης (Discrimination Skill) του κάθε εκπαιδευόμενου είναι η δυνατότητα να διακρίνει τα σημαντικά στοιχεία μιας εργασίας, να επικεντρώνει την προσοχή του στα ουσιαστικά τμήματα και να αποφεύγει τη διάσπαση προσοχής.

3. Η Αναλυτική Δεξιότητα (Analytic Skill) του κάθε εκπαιδευόμενου είναι η δυνατότητα αναγνώρισης απλών εννοιών κρυμμένες σε ένα πολύπλοκο αντικείμενο και να χρησιμοποιεί τα σημαντικά στοιχεία ενός προβλήματος με διαφορετικό τρόπο.
4. Η Χωρική Δεξιότητα (Spatial Skill) του κάθε εκπαιδευόμενου είναι η δυνατότητα αναγνώρισης γεωμετρικών σχημάτων και η περιστροφή αντικειμένων χρησιμοποιώντας τη φαντασία έτσι ώστε νοητά να αναγνωρίζει και να κατασκευάζει αντικείμενα.

Στις παραμέτρους εκπαιδευτικής συμπεριφοράς περιλαμβάνονται:

1. Η Εκπαιδευτική Πρόοδος (Learning Achievement) που είναι η βαθμολογία του κάθε εκπαιδευόμενου σε κάθε διαγώνισμα ενότητας.
2. Η Αποτελεσματικότητα Μάθησης (Learning Effectiveness ή *βαθμός αφομοίωσης*) που επιδεικνύει σε κάθε ενότητα ο κάθε εκπαιδευόμενος, η οποία καθορίζεται συγκρίνοντας, για την κάθε εκπαιδευτική ενότητα, τον αναμενόμενο χρόνο εκμάθησης (expected learning time) με τον δαπανηθέντα χρόνο εκμάθησης από τον κάθε εκπαιδευόμενο (Hwang, 1998). Ο αναμενόμενος χρόνος εκμάθησης για κάθε ενότητα είναι προκαθορισμένος από τον εκπαιδευτή ή καθορίζεται από το χρόνο που χρησιμοποιήθηκε από παλαιότερους εκπαιδευόμενους. Ο χρόνος εκμάθησης της κάθε ενότητας αντιπροσωπεύει τον πραγματικό χρόνο που χρειάζεται ο εκπαιδευόμενος για να μάθει το υλικό της ενότητας, χωρίς να υπολογίζεται ο χρόνος αδράνειας και ο χρόνος που χρησιμοποιήθηκε για να ολοκληρωθεί το διαγώνισμα (αξιολόγηση προόδου) ενότητας.
3. Ο Βαθμός Συγκέντρωσης (Concentration Degree) του κάθε εκπαιδευόμενου στη μάθηση εκτιμάται συγκρίνοντας το χρόνο απόκρισης του κάθε εκπαιδευόμενου με τον μέσο χρόνο απόκρισης όλων των εκπαιδευόμενων σε αιτήματα ή προτροπές του συστήματος (Hwang, 1998).

Όταν οι εκπαιδευόμενοι εισάγονται για πρώτη φορά στο TSAL, τους ζητείται να συμπληρώσουν ένα ερωτηματολόγιο για να καθοριστεί το Μαθησιακό Στυλ τους. Το ερωτηματολόγιο βασίζεται πάνω στην προσέγγιση του Keefe (1987) στο θέμα των Μαθησιακών Στυλ. Το TSAL τότε καθορίζει το Επίπεδο Δυσκολίας και το Στυλ Παρουσίασης της ενότητας σύμφωνα με το Μαθησιακό Στυλ και την Μαθησιακή Συμπεριφορά. Ακολουθούν οι διαβαθμίσεις των παραπάνω:

1. Το Επίπεδο Δυσκολίας της ενότητας. Διατίθενται τρεις εκδόσεις της ίδιας εκπαιδευτικής ενότητας με διαφορετικό επίπεδο δυσκολίας : Αρχικό (Εύκολο), Ενδιάμεσο (Μεσαίας δυσκολίας) και Ανώτερο (Δύσκολο) επίπεδο.
2. Το Στυλ Παρουσίασης της ενότητας. Δύο ειδών Μαθησιακού Στυλ χρησιμοποιούνται εδώ, το Σειριακό (Sequential Frames) και το Υπερμεσικό (Hypermedia).

#### 4.1.1 Ανάλυση των Στυλ Παρουσίασης

Βασιζόμενο στον έλεγχο του Μαθησιακού Στυλ του Keefe, το TSAL καθορίζει το στυλ παρουσίασης του εκπαιδευτικού υλικού. Αν ο εκπαιδευόμενος συγκεντρώσει υψηλή βαθμολογία στη Δεξιότητα Διαδοχικής Επεξεργασίας (Sequential Processing Skill (SPS)), τότε αυτό σημαίνει ότι αυτός/αυτή μαθαίνει καλύτερα με την χρήση σειριακού υλικού (Sequential Frame materials) αλλιώς φαίνεται ως καταλληλότερη η «Υπερμεσική» παρουσίαση.

Για τους εκπαιδευόμενους που λαμβάνουν μεγαλύτερη βαθμολογία στη Δεξιότητα Διάκρισης (Discrimination Skill), το TSAL εκτιμά ότι θα χρησιμοποιήσουν περισσότερο χρόνο για να διαβάσουν το εκπαιδευτικό υλικό και ορίζει μεγαλύτερο αναμενόμενο χρόνο πλοήγησης για αυτούς. Αντίθετα, για τους εκπαιδευόμενους που πέτυχαν χαμηλότερη βαθμολογία στην Δεξιότητα Διάκρισης, το TSAL, εκτιμώντας ότι δεν προτίθενται να δαπανήσουν πολύ χρόνο στο διάβασμα του εκπαιδευτικού υλικού, ορίζει μικρότερο αναμενόμενο χρόνο πλοήγησης για αυτούς. Αν ο χρόνος πλοήγησης ενός εκπαιδευόμενου ξεπεράσει τον αναμενόμενο, τότε το TSAL εμφανίζει παράθυρο μηνύματος ζητώντας απόκριση. Αν ο χρόνος απόκρισης του εκπαιδευόμενου ξεπεράσει το προκαθορισμένο όριο, το οποίο σημαίνει ότι ο εκπαιδευόμενος δεν έχει συγκεντρωθεί στην πλοήγηση και μελέτη του εκπαιδευτικού υλικού τη συγκεκριμένη στιγμή, τότε μία ενέργεια, π.χ. παρουσίαση ενός σύντομου ερωτηματολογίου ή μηνύματος υπενθύμισης, που έχει προετοιμαστεί από τον εκπαιδευτή θα χρησιμοποιηθεί για να αυξήσει το βαθμό συγκέντρωσης του εκπαιδευόμενου.

#### 4.3.5 Καθορισμός επιπέδου δυσκολίας εκπαιδευτικού υλικού

Το TSAL καθορίζει τους βαθμούς δυσκολίας σύμφωνα με το προφίλ του εκπαιδευόμενου. Όταν ο εκπαιδευόμενος μελετά ένα μάθημα Μαθηματικών, το TSAL καθορίζει το βαθμό δυσκολίας της ενότητας ανάλογα με την βαθμολογία που έχει λάβει ο εκπαιδευόμενος στον έλεγχο της Αναλυτικής Δεξιότητας (Analytic Skill). Δηλαδή, για κάθε μάθημα θα χρησιμοποιηθούν διαφορετικά κριτήρια για να καθοριστεί ο βαθμός δυσκολίας τους.

Αν ο εκπαιδευόμενος πετύχει στο τεστ της ενότητας, του επιτρέπεται να προχωρήσει στην επόμενη ενότητα. Αν ταυτόχρονα, η Αποτελεσματικότητα Μάθησης (Learning Effectiveness) και η βαθμολογία στο τεστ της εκπαιδευτικής ενότητας είναι πολύ υψηλή, τότε το επίπεδο δυσκολίας της επόμενης ενότητας θα αυξηθεί. Αντίθετα, αν η Αποτελεσματικότητα Μάθησης και η βαθμολογία στο τεστ της εκπαιδευτικής ενότητας είναι πολύ χαμηλή, το οποίο σημαίνει ότι το εκπαιδευτικό υλικό μπορεί να ήταν πολύ δύσκολο για τον εκπαιδευόμενο, το επίπεδο δυσκολίας της επόμενης ενότητας θα μειωθεί. Αν η (Learning Effectiveness) Αποτελεσματικότητα Μάθησης και η βαθμολογία στο τεστ της εκπαιδευτικής ενότητας είναι κοντά στην μέση τιμή των γενικά εμφανιζόμενων τιμών, τότε το επίπεδο δυσκολίας της επόμενης ενότητας παραμένει ίδιο με της προηγούμενης.

#### 4.3.6 Πειραματική αξιολόγηση και συμπεράσματα

Από την ανάλυση των πειραματικών αποτελεσμάτων δύο παρατηρήσεις μπορούν να εξαχθούν:

(1) Τα προσαρμοστικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα (συμπεριλαμβανομένων και των συστημάτων δύο πηγών πληροφοριών και των συστημάτων μίας πηγής πληροφοριών) μπορούν να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα (*efficacy*) μάθησης σε σύγκριση με τα μη προσαρμοστικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα.

(2) Το προσαρμοστικό εκπαιδευτικό περιβάλλον των δύο πηγών μπορεί να βελτιώσει την εκπαιδευτική αποδοτικότητα (*efficiency*) σε σύγκριση με προσαρμοστικό περιβάλλον εκπαίδευσης μιας πηγής.

Τα θέματα που αφορούν την προσαρμοστική εκπαίδευση έχουν ευρύτατα συζητηθεί τις προηγούμενες δεκαετίες. Τα τελευταία χρόνια, λόγω της δημοτικότητας των υπολογιστών και των δικτυακών τεχνολογιών, έχουν αναπτυχθεί πολλά προσαρμοστικά συστήματα υπερμέσων που βασίζονται σε διάφορες μεθόδους εξατομίκευσης. Παρόλα αυτά, η επιδράσεις αυτών των προσεγγίσεων εξατομίκευσης σε πρακτικές εφαρμογές, ειδικά τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ διαφορετικών πληροφοριών εξατομίκευσης, σπάνια συζητούνται.

Συνοψίζοντας, στην εργασία των Tseng J.C.R. et al. (2008) προτάθηκε μία προσαρμοστική εκπαιδευτική πλατφόρμα που ονομάστηκε TSAL, η οποία λαμβάνει υπόψη πολλαπλές πηγές πληροφοριών για να επιτύχει την εξατομίκευση του εκπαιδευτικού της περιβάλλον, συμπεριλαμβανομένων και των προσωπικών εκπαιδευτικών συμπεριφορών και των μαθησιακών στυλ. Το TSAL είναι ένα «ευφύες» εκπαιδευτικό περιβάλλον που μπορεί να βοηθήσει τους εκπαιδευτές να αναπτύξουν διαδικτυακά μαθήματα και να προσφέρουν στους εκπαιδευόμενους κατάλληλο εκπαιδευτικό υλικό για να βελτιώσουν την μαθησιακή τους απόδοση. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων μετά από πειραματική χρήση του παραπάνω εκπαιδευτικού περιβάλλοντος, έδειξε ότι η χρήση προσαρμοστικού εκπαιδευτικού υλικού με προσαρμοστικό στυλ παρουσίασης βοηθά τους εκπαιδευόμενους να βελτιώσουν και τα μαθησιακά τους επιτεύγματα και την μαθησιακή τους απόδοση.

Παρόλα τα πλεονεκτήματα της προσέγγισης στην προσαρμοστική εκπαίδευση που παρουσιάστηκε παραπάνω, παρουσιάστηκαν και περιορισμοί στην πραγματική εφαρμογή της μεθόδου. Η μεγαλύτερη δυσκολία βασίζεται στην ανάγκη ανάπτυξης έξι εκδόσεων του εκπαιδευτικού υλικού έτσι ώστε να καλύπτονται οι απαιτήσεις για την εξατομίκευση. Αυτή η δυσκολία θα μπορούσε να προσπεραστεί με την ανάπτυξη ενός εργαλείου συγγραφής εκπαιδευτικού υλικού που θα βοηθούσε τους εκπαιδευτές να δημιουργήσουν πολλαπλές εκδόσεις του εκπαιδευτικού υλικού ανάλογα με τις πληροφορίες εξατομίκευσης.

#### **4.4 Η χρήση ενός συστήματος αποικίας μυρμηγκιών βασισμένο σε μαθησιακά στυλ για την προσαρμοστική εκπαίδευση**

Στην εργασία των Wang T.-I. et al. (2008) προτείνεται μία εκτενής προσέγγιση της βελτιστοποίησης της αποικίας μυρμηγκιών που βασίζεται σε πρόσφατη μεταερευνητική μέθοδο για την ανακάλυψη ομαδικών προτύπων που σχεδιάζονται για να βοηθήσουν τους εκπαιδευόμενους να αναβαθμίσουν την διαδικτυακή τους εκπαίδευση σε ένα προσαρμοστικό μονοπάτι μάθησης. Η συμβολή των συστημάτων αποικίας μυρμηγκιών (Style-based Ant Colony Systems (SACS)) που θα περιγραφεί παρακάτω είναι διαφορετική από εκείνες πολλών υπαρχόντων προτύπων χρηστών επειδή στηρίζεται στη σχέση του περιεχομένου εκμάθησης με το μαθησιακό στυλ κάθε εκπαιδευόμενου για την εύρεση των βέλτιστων μονοπατιών-διαδρομών εκμάθησης.

##### **4.4.1 Δυναμικά περιβάλλοντα εκπαίδευσης και διαδρομές εκπαίδευσης**

Η δυναμική εκμάθηση ορίζεται ουσιαστικά ως ένα σύνολο αλληλένδετων στοιχείων πληροφοριών στα συγκεκριμένα θέματα. Σε πολλές εκπαιδευτικές δραστηριότητες, η πλοήγηση σε σχετικά στοιχεία πληροφοριών προωθεί άμεσα την εξατομικευμένη εκπαίδευση. Η αναγκαιότητα της δημιουργίας επαναχρησιμοποιούμενων και μεταβαλλόμενων εκπαιδευτικών στρατηγικών ώστε να δημιουργηθεί εξατομικευμένη εκπαίδευση οδήγησε στην δημιουργία των εκπαιδευτικών αντικειμένων (learning object). Το εκπαιδευτικό αντικείμενο είναι ένα πακέτο - σύνολο μεγάλου αριθμού εκπαιδευτικών πηγών που χρησιμοποιείται στην απλοποίηση και προάγει την επαναχρησιμοποίηση στην εκπαιδευτική διαδικασία. Στην ηλεκτρονική εκπαίδευση χρησιμοποιείται ευρύτατα μία διεθνής προδιαγραφή με το όνομα SCROM (Sharable Contents Objects References Model, ADL, 2002) για τη δημιουργία εκπαιδευτικών αντικειμένων: εκπαιδευτικό υλικό σε μορφή πολυμέσων, εικόνων, διαφανειών ή και άλλων μορφών μπορούν να ενταχθούν σε ένα πακέτο και να διαμορφώσουν εκπαιδευτικά αντικείμενα που να είναι σύμφωνα με το πρότυπο SCROM. Έτσι, αυτά τα σχετιζόμενα εκπαιδευτικά αντικείμενα μπορούν αρχικά να οργανωθούν και στη συνέχεια ενδεχομένως να αναδιοργανωθούν σε ακολουθία η οποία περιγράφει το αντικείμενο εκπαίδευσης, τους εκπαιδευτικούς στόχους και τις οδηγίες για το πώς θα επιτευχθεί – εκτελεστεί το πρόγραμμα σπουδών. Ακόμα, όταν πρόκειται να δημιουργηθεί εκπαιδευτικό περιεχόμενο (υλικό), να οργανωθεί και να τοποθετηθεί σε μία εκπαιδευτική ακολουθία ενός μαθήματος, αυτή η ακολουθία είναι παρόμοια με την πορεία του μαθήματος. Με την ακολουθία εκπαιδευτικών αντικειμένων του μαθήματος, οι εκπαιδευτές και οι εκπαιδευόμενοι μπορούν να συμμετέχουν στο πρόγραμμα σπουδών διαδικτυακά.

Τρεις προσεγγίσεις αναπτύχθηκαν στο πεδίο της προσαρμοζόμενης ακολουθίας εκπαιδευτικών αντικειμένων μαθήματος: i) σύστημα συντήρησης μαθήματος, ii) προσαρμοστική παραγωγή εκπαιδευτικού λογισμικού και iii) δυναμική παραγωγή εκπαιδευτικού λογισμικού. Αυτές οι τρεις προσεγγίσεις μπορούν να επιτρέψουν την αυτόματη παραγωγή εξατομικευμένων μαθημάτων για κάθε εκπαιδευόμενο, επιλέγοντας δυναμικά τη βέλτιστη εκπαιδευτική λειτουργία όπου η ακολουθία εκπαίδευσης μπορεί να βοηθήσει στη χρήση προσαρμοζόμενης πλοήγησης.

#### **4.4.2 Η βελτιστοποίηση του συστήματος αποικίας μυρμηγκιών (Ant colony optimization - ACO) για την εύρεση βέλτιστων διαδρομών εκπαίδευσης.**

Το εκπαιδευτικό περιεχόμενο μίας διαδικτυακής σελίδας εκπαίδευσης μπορεί να μοντελοποιηθεί ως ένας γράφος πλοήγησης, όπου οι κόμβοι είναι τα εκπαιδευτικά στοιχεία (π.χ. ενότητες ή ασκήσεις) και οι ακμές είναι οι εκπαιδευτικές δραστηριότητες που οδηγούν από τη μία ενότητα στην άλλη. Με την αύξηση του μεγέθους του γράφου όμως, έγινε δύσκολη η επιλογή της ακμής που πρέπει να διασχισθεί για να μεταβεί ο εκπαιδευόμενος στον κόμβο με το πιο κατάλληλο υλικό. Για τη λύση του προβλήματος αυτού χρησιμοποιήθηκαν μέθοδοι όπως αυτή της λύσης του προβλήματος του περιπλανώμενου πωλητή (traveling salesman problem - TSP). Το Ant System βασίζεται στη συμπεριφορά των μυρμηγκιών κατά την αναζήτηση της συντομότερης διαδρομής μεταξύ της πηγής τροφής και της φωλιάς. Ένα μυρμήγκι διαθέτει φερομόνη και ευρητηριακές πληροφορίες για να σηματοδοτήσει την διαδρομή. Όταν η διαδρομή αξιολογείται από τα άλλα μυρμήγκια, μερικές από τις διαδρομές μπορεί να ενισχυθούν και άλλες μπορεί να επιτραπεί να αποδυναμωθούν (evaporate). Η φερομόνη μιας διαδρομής μπορεί να παρατηρηθεί μέσω του πλήθους των μυρμηγκιών που περνούν από αυτή τη διαδρομή. Ένας επαναληπτικός αλγόριθμος τοπικής αναζήτησης προσπαθεί να συνδέσει την τρέχουσα διαδρομή με τις γειτονικές μέχρι να βρεθεί καλύτερη λύση.

Προτάθηκαν επίσης και λύσεις όπως ο αλγόριθμος MIN-MAX Ant System (MMAS), το μοντέλο Καλύτερο-Χειρότερο Σύστημα Μυρμηγκιών (Best-Worst Ant System BWAS) που χρησιμοποιούσε κανόνες μετάβασης και μηχανισμούς εξάτμισης φερομόνης για να βελτιστοποιήσει την λύση των μυρμηγκιών και η μέθοδος «ant-hill» που είναι εξειδικευμένες μορφές της μεθόδου ACO η οποία τελικά κρίθηκε ως η πλέον κατάλληλη για να υλοποιηθεί προσαρμοστική εκπαίδευση σε ένα δυναμικό περιβάλλον εκπαίδευσης.

#### **4.4.3 Σύστημα αποικίας μυρμηγκιών βασισμένο σε μαθησιακά στυλ**

Το SACS είναι μία μέθοδος για να βρεθεί η διαδρομή μάθησης και έπειτα να προσφερθούν προσαρμοζόμενες συστάσεις στους εκπαιδευόμενους. Το SACS παράγεται από μία επέκταση του Ant Colony System το οποίο ενημερώνει την φερομόνη των διαδρομών σύμφωνα με το διαφορετικό στυλ ομάδας εκπαιδευόμενων με σκοπό να δημιουργήσει μία ευέλικτη και δυναμικά μεταβαλλόμενη διαδρομή μάθησης. Για να επιτευχθεί αυτό υπάρχουν δύο προϋποθέσεις ώστε να εφαρμοστεί το SACS : 1) το σύστημα εκπαίδευσης «γνωρίζει» το στυλ μάθησης του εκπαιδευόμενου, για παράδειγμα, οι εκπαιδευόμενοι έχουν χαρακτηριστεί χρησιμοποιώντας το σύνολο μαθησιακών στυλ VARK (το οποίο παρουσιάστηκε στην παράγραφο 2.2.2), ή το προτιμώμενο μαθησιακό στυλ έχει τεθεί από τον ίδιο τον εκπαιδευόμενο και 2) το εκπαιδευτικό περιεχόμενο (ή εκπαιδευτικό αντικείμενο) έχει χαρακτηριστεί σύμφωνα με το σύνολο εκπαιδευτικών στυλ VARK από τον εκπαιδευτή. Για παράδειγμα, οι εκπαιδευόμενοι που έχουν χαρακτηριστεί ότι έχουν “V” μαθησιακό στυλ προτιμούν εκπαιδευτικά αντικείμενα τύπου «κινούμενης εικόνας» (Video-style) (βίντεο ή κινούμενα σχέδια) περισσότερο από αντικείμενα τύπου κειμένου (Text-style). Ο αλγόριθμος SACS χρησιμοποιείται για να δημιουργήσει τις συσχετίσεις μεταξύ των εκπαιδευόμενων και του εκπαιδευτικού περιεχομένου σε ότι αφορά το μαθησιακό στυλ εκπαίδευσης. Το SACS

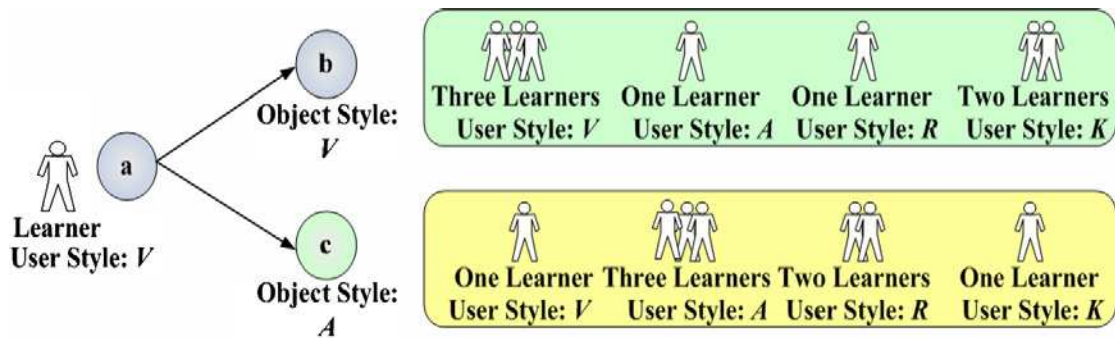
χρησιμοποιεί για την καταγραφή των κινήσεων των εκπαιδευόμενων έναν πίνακα τιμών. Οι δραστηριότητες των εκπαιδευόμενων καταγράφονται σε μία μήτρα μετάβασης (Learning Transition Matrix, LTM) που είναι ένας πίνακας με στοιχεία το πλήθος των μεταβάσεων  $x_{ij}$  όλων των εκπαιδευόμενων από ένα εκπαιδευτικό αντικείμενο (learning object) σε ένα άλλο. Για παράδειγμα, αν ένας χρήστης μεταβεί από το εκπαιδευτικό αντικείμενο  $a$  στο εκπαιδευτικό αντικείμενο  $b$ , αυτό καταχωρείται στο στοιχείο  $[a, b]$  του πίνακα τιμών, το οποίο συμβολίζεται με  $x_{ab}$ .

Η έννοια των ομοιογενών μυρμηγκιών χρησιμοποιείται επίσης στο SACS. Τα ομοιογενή μυρμήγκια (Homogeneous ants) είναι παρόμοια μυρμήγκια, ίδιου τύπου με παρόμοια λειτουργικότητα και ίδιο μαθησιακό στυλ.

Στο SACS, το αν οι ευρεστικές πληροφορίες θα ενισχυθούν, στηρίζεται σε δύο είδη πηγών φερομόνης: η μία είναι ο αριθμός των γενικών μυρμηγκιών στον κόμβο  $A$  και η άλλη είναι ο αριθμός των "ομοιογενών μυρμηγκιών" στον κόμβο  $A$ . Ως εκ τούτου, για τους εκπαιδευόμενους με το ίδιο στυλ μάθησης, ο κόμβος  $A$  αντιμετωπίζεται ως μέρος μιας βέλτιστης διαδρομής που βρέθηκε. Η στρατηγική των «ομοιογενών» μυρμηγκιών μπορεί να αποκαλύψει μια προσαρμοστική πορεία στις παιδαγωγικές διεργασίες.

Στην Εικόνα 7 παρουσιάζεται ένα απλό παράδειγμα για να γίνει κατανοητός ο προσαρμοστικός κανόνας. Όταν ο εκπαιδευόμενος τελειώσει την μελέτη του εκπαιδευτικού κόμβου  $a$ , επιθυμεί να προχωρήσει στον επόμενο κόμβο. Το σύστημα ανακαλεί πληροφορίες από την μήτρα μετάβασης (Learning Transition Matrix, LTM) καθορίζοντας ότι ο επόμενος κόμβος είναι ο  $b$  ή ο  $c$ . Για ένα τυπικό μοντέλο εκπαιδευόμενου, όταν το πλήθος μεταβάσεων και στους δύο κόμβους  $b$  και  $c$  είναι 7, τότε κι οι δύο θα πρέπει να προταθούν ως δυνητικοί επόμενοι κόμβοι. Εμπλέκοντας όμως τον προσαρμοστικό κανόνα και υποθέτοντας, για το συγκεκριμένο παράδειγμα ότι ο εκπαιδευόμενος έχει, σύμφωνα με το σύστημα κατάταξης μαθησιακών στυλ VARK, οπτικό τύπο μάθησης (V-στυλ), παρατηρείται ότι λόγω της πυκνότητας μεταβάσεων ο κόμβος  $b$  έχει μεγαλύτερη πιθανότητα να προταθεί σε έναν εκπαιδευόμενο με V-στυλ σε σύγκριση με τον κόμβο  $c$ . Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του συστήματος, ο κόμβος  $b$  είναι κόμβος οπτικού στυλ μάθησης (V-στυλ) που τον έχουν επισκεφθεί τρία ομοιογενή (ίδιου στυλ) μυρμήγκια που είναι περισσότερα από τα ομοιογενή (ίδιου στυλ) μυρμήγκια που έχουν επισκεφθεί τον κόμβο  $c$  που είναι μόνο ένα. Για έναν εκπαιδευόμενο οπτικού στυλ μάθησης (V-στυλ) το ίχνος της φερομόνης είναι δυνατότερο στον V-στυλ κόμβο  $b$  από ότι στον A-στυλ (ακουστικού στυλ μάθησης).





Εικόνα 7. Τμήμα του εκπαιδευτικού "μονοπατιού" του εκπαιδευόμενου.

Ο αλγόριθμος του SACS με την προσθήκη α) της ευρεστικής συνάρτησης (πληροφορίας) που συνυπολογίζει την απώλεια μνήμης σύμφωνα με την καμπύλη μνήμης που έχει ήδη αναφερθεί, και ορίζεται ως η δυνατότητα που έχει ο εκπαιδευόμενος να θυμάται αυτά που μελέτησε σε προηγούμενο κόμβο και να ανακαλεί αποκτηθείσα γνώση, εκφράζει την πιθανότητα να επιτύχει τον εκπαιδευτικό στόχο του επόμενου κόμβου, και β) της ενημέρωσης της πυκνότητα φερρομόνης του κάθε κόμβου συνυπολογιζόμενου του βαθμού εξάτμισης (evaporation) της φερρομόνης, οδηγεί σταδιακά στα προτιμώμενα εκπαιδευτικά μονοπάτια για εκπαιδευόμενους με διαφορετικό στυλ μάθησης.

#### 4.5 Προσαρμοστική εκπαίδευση με το σύστημα LS-Plan

Η εξατομίκευση και η προσαρμοστικότητα στα εκπαιδευτικά συστήματα συχνά σχετίζεται με την ακολουθία του μαθήματος που παράγει μία εξατομικευμένη ακολουθία εκπαιδευτικών υλικών ή δραστηριοτήτων για κάθε εκπαιδευόμενο, επιλέγοντας δυναμικά τα πιο κατάλληλα κάθε στιγμή. Σε αυτό το πλαίσιο, η ευρέως ακολουθούμενη προσέγγιση είναι η Δυναμική Παραγωγή Μαθημάτων (Dynamic Courseware Generation) όπου παράγεται προσωποποιημένη εξιδανικευμένη δομή μαθήματος η οποία θα καθοδηγεί τον εκπαιδευόμενο από το αρχικό σημείο γνώσης μέχρι την κάλυψη των εκπαιδευτικών στόχων.

##### 4.5.1 Το σύστημα LS-PLAN

Αντίθετα από τις άλλες προσαρμοστικές εκπαιδευτικές εφαρμογές, το LS-PLAN που παρουσίασαν οι Limongelli C. et al. (2009), παρέχει μια μηχανή εξατομίκευσης που μπορεί να συνδεθεί σε οποιοδήποτε εκπαιδευτικό σύστημα.

Δύο κύρια χαρακτηριστικά γνωρίσματα του συστήματος LS-PLAN αφορούν τη διαχείριση μορφών εκμάθησης (learning styles) και το είδος αλληλουχίας – ακολουθίας που παράγονται. Υιοθετώντας το πρότυπο μορφών εκμάθησης Felder and Silverman's Learning Styles Model (1988), το LS-PLAN διαμορφώνει - τυποποιεί τα μαθησιακά στυλ (learning styles) ως τάσεις και εκτιμήσεις σχετικά με το πώς το διδακτικό υλικό επηρεάζει στην επιτυχία της διαδικασίας εκμάθησης. Συγκεκριμένα, ο διδάσκων συσχετίζει με τους κόμβους μάθησης, κάποιους δείκτες (σχετικούς με το μαθησιακό στυλ), οι οποίοι εκφράζουν την καταλληλότητα του εκπαιδευτικού υλικού ανάλογα με τις προτιμήσεις εκπαίδευσης. Αν ο εκπαιδευόμενος μελετά με επιτυχία το προβαλλόμενο εκπαιδευτικό υλικό, τότε αυτό σημαίνει ότι ο τρόπος παρουσίασης του υλικού ταυτίζεται (συνάδει) με τον προτιμώμενο από τον (ή/και για τον) εκπαιδευόμενο τρόπο εκμάθησης, οπότε το

μαθησιακό στυλ (learning style) του εκπαιδευόμενου προσεγγίζει το εκπαιδευτικό στυλ (learning style) του κόμβου. Αντίθετα, αν η μελέτη δεν εξελίσσεται πετυχημένα, όπως θα έπρεπε, τότε το μαθησιακό στυλ του εκπαιδευόμενου απομακρύνεται από το εκπαιδευτικό στυλ του κόμβου. Το LS-PLAN προσφέρει αλληλουχία εκπαιδευτικών κόμβων σχεδιάζοντας ολόκληρη τη διαδρομή μάθησης πριν την έναρξη και την ανοικοδομεί, ενδεχομένως βήμα με βήμα, κατά την πορεία της εκπαίδευσης.

Οι τεχνικές αλληλουχίας μαθήματος, χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- Αλληλουχία που οργανώνει όλο το μονοπάτι εκπαίδευσης στην αρχή και έπειτα το τροποποιεί όταν η μελέτη – πρόοδος του εκπαιδευόμενου δεν εξελίσσεται όπως θα έπρεπε.
- αλληλουχία δημιουργείται με σταδιακό ή/και έμμεσο τρόπο, βήμα προς βήμα, με τεχνικές προσαρμοστικής πλοήγησης, όπως επισήμανση συνδέσμων, άμεση καθοδήγηση κ.τ.λ.

Σχετικά με την διερεύνηση του επιπέδου γνώσης των εκπαιδευομένων, το LS-PLAN χρησιμοποιεί ένα ποιοτικό μοντέλο επικαλυπτόμενης προσέγγισης (overlay approach), χρησιμοποιώντας τρία επίπεδα της Bloom Taxonomy (1956). Το επίπεδο γνώσης των εκπαιδευομένων εκτιμάται μέσω διαγωνισμάτων – εξετάσεων (test) και όπου δεν υπάρχουν, εκτιμάται μέσω της καταγραφής των σελίδων που έχει «δει» ο εκπαιδευόμενος.

Το LS-PLAN μέσω του αλγορίθμου προσαρμοστικότητας επιτρέπει επίσης, την εκτίμηση της απώλειας της μνήμης ή μιας λανθασμένης εκτίμησης της γνώσης των εκπαιδευομένων για μια δεδομένη έννοια.

Σχετικά με το μαθησιακό στυλ, και την επίδραση της προσαρμοστικότητας βασισμένης στο μαθησιακό στυλ, μελέτες έχουν καταλήξει στο ότι επηρεάζει θετικά την πρόοδο των εκπαιδευομένων, αυξάνοντας την παρακίνηση, την κατανόηση, τη συμμετοχή, και την αποτελεσματικότητα της μάθησης. Συγκεκριμένα, το μοντέλο μαθησιακού στυλ FSL (Felder and Silverman, 1988) έχει συχνά αναφερθεί στη βιβλιογραφία και οι λόγοι για αυτό είναι πολλαπλοί: 1) αυτό το μοντέλο είναι συνδυασμός άλλων μοντέλων όπως του Kolbs (1984) και του Pask (1976b). 2) παρέχει αριθμητική εκτίμηση του μαθησιακού στυλ, που είναι σημαντικός παράγοντας σε συστήματα ηλεκτρονικής εκπαίδευσης και, 3) η αξιοπιστία του και η εγκυρότητά του έχουν ελεγχθεί με επιτυχία.

Σε νεότερες μελέτες σχετικά με την σταθερότητα του μαθησιακού στυλ έχουν καταλήξει στο ότι τα μαθησιακά στυλ αποτελούν τάσεις και μπορεί να τροποποιηθούν κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης.

Το LS-PLAN επιτρέπει στους εκπαιδευτές να αναθέσουν διαφορετικά βάρη σε κάθε εκπαιδευτικό αντικείμενο – υλικό σύμφωνα με τις τέσσερις διαστάσεις του μοντέλου FLSM (το οποίο έχει ήδη αναφερθεί στην §2.2.2 του δεύτερου κεφαλαίου). Με αυτόν τον τρόπο, το σύστημα δίνει τη δυνατότητα στον εκπαιδευτή να συνθέσει διαφορετικές

στρατηγικές για διαφορετικούς εκπαιδευόμενους. Επίσης το LS-PLAN λαμβάνει υπόψη τις πληροφορίες που συγκεντρώνονται από την συμπεριφορά του εκπαιδευόμενου, αξιολογώντας πληροφορίες που αντλούνται από την πλοήγηση και από τις αυτοαξιολογήσεις για να εκτιμήσει την αποτελεσματικότητα της τρέχουσας εκπαιδευτικής στρατηγικής, και να την τροποποιήσει αν απαιτείται.

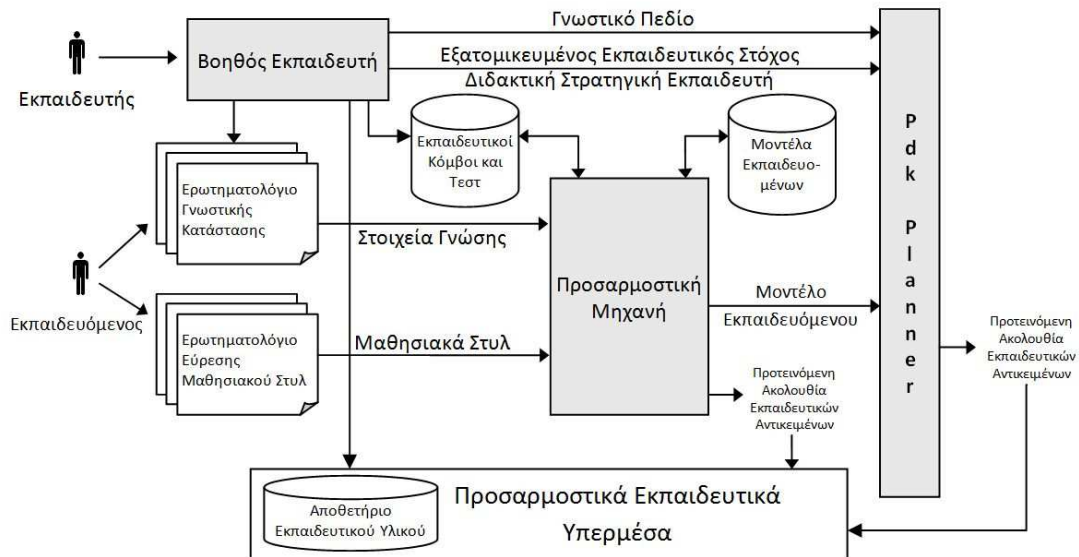
#### 4.5.2 Το προσαρμοστικό σύστημα

Το LS-PLAN προσφέρει εκπαιδευτικά υπερμέσα με προσαρμοστικότητα. Τα κύρια λειτουργικά τμήματα του συστήματος εμφανίζονται στην Εικόνα 8 με γκρι χρώμα.

Ο *Βοηθός του Εκπαιδευτή* τον βοηθάει να δημιουργήσει μία δεξαμενή από εκπαιδευτικά αντικείμενα, δηλαδή, μαθησιακούς κόμβους, ορίζοντας όλα τα μεταδεδομένα που είναι απαραίτητα για τη σήμανση του υλικού. Ο βοηθός επιτρέπει επίσης στον εκπαιδευτή να ορίσει σύνολα ασκήσεων που σχετίζονται με τον κάθε κόμβο, καθώς και να δημιουργήσει το αρχικό Ερωτηματολόγιο Γνωστικής Κατάστασης για να αξιολογηθεί η υπάρχουσα γνώση στο προς εκπαίδευση αντικείμενο. Ο εκπαιδευόμενος συμπληρώνει και το Ερωτηματολόγιο Γνωστικής Κατάστασης και το Ερωτηματολόγιο Μαθησιακού Στυλ δηλαδή ένα (test) διαγώνισμα - σύνολο ερωτήσεων που δημιουργήθηκε από τους Felder και Soloman το οποίο εξάγει τις εκπαιδευτικές προτιμήσεις σύμφωνα με τις τέσσερις διαστάσεις του FSLSM: active-reflective, sensing-intuitive, visual-verbal, sequential-global. Αυτή η πληροφορία χρησιμοποιείται από την Προσαρμοστική Μηχανή (Adaptation Engine) με σκοπό να αρχικοποιήσει το μοντέλο εκπαιδευόμενου στη βάση δεδομένων των μοντέλων εκπαιδευομένων (Student Models Database). Μέσω του *Βοηθού του Εκπαιδευτή*, ο εκπαιδευτής επίσης καθορίζει τις διδακτικές στρατηγικές και τους εκπαιδευτικούς στόχους για κάθε εκπαιδευόμενο. Αυτές οι πληροφορίες, μαζί με τα αποτελέσματα των δύο ερωτηματολογίων και τις περιγραφές των μαθησιακών κόμβων κωδικοποιούνται σε αρχεία PDDL και στέλνονται στο PDK Planner.

Η PDDL είναι μία γλώσσα ορισμού του πεδίου σχεδιασμού (planning domain definition language), ενώ το PDK είναι μία συνιστώσα σχεδιασμού βάσει της γνώσης πεδίου. Στον Αυτοματοποιημένο σχεδιασμό-προγραμματισμό, οι γλώσσες σχεδιασμού χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν προβλήματα με έναν γενικό και απλό τρόπο. Στο πλαίσιο του σχεδιασμού μαθήματος, τα προβλήματα σχεδιασμού-προγραμματισμού περιγράφονται από «δράσεις» (actions), με «προϋποθέσεις» (preconditions) δράσεων και «αποτελέσματα δράσεων» (action effects) καθώς και «αρχική κατάσταση» (initial state) και «στόχο» (goal). Εκτός από όλα αυτά τα βασικά στοιχεία, ο εκπαιδευτής μπορεί να εφαρμόσει διδακτικές στρατηγικές όπως προτιμήσεις σχετικά με την ανάλυση εννοιών. Στην εργασία των (Limongelli, Sciarrone, and Vaste, 2008) χρησιμοποιείται η γλώσσα PDDL-K και ο PDK Planner (Planning with Domain Knowledge), οι οποίοι επεκτείνουν υπάρχουσες γλώσσες και συνιστώσες σχεδιασμού για να λάβουν υπ' όψιν τις ιδιαιτερότητες του σχεδιασμού μαθημάτων. Η προσέγγιση συμβαδίζει με το υπόδειγμα του «προγραμματισμού ικανοποιησιμότητας»: η λογική που χρησιμοποιήθηκε για την κωδικοποίηση προβλημάτων σχεδιασμού-προγραμματισμού είναι η Linear Time Logic (LTL). Η σχετική γλώσσα σχεδιασμού-προγραμματισμού PDDL-K οδηγεί τον εκπαιδευτή μέσω του *Βοηθού του Εκπαιδευτή* (teacher assistant), στις προδιαγραφές της ευρεστικής

γνώσης, προτείνοντας ένα σύνολο από σχήματα ελέγχου, που είναι ένας απλός τρόπος έκφρασης ελέγχου γνώσης. Η γλώσσα διαθέτει, μέσω της μετάφρασής της σε LTL, εκτελέσιμη σημασιολογία.



**Εικόνα 8.** Λειτουργικό διάγραμμα προσαρμοστικού συστήματος

Το PDK Planner εξάγει μία Εξατομικευμένη Αλληλουχία Εκπαιδευτικών Αντικειμένων (personalized Learning Object Sequence (LOS)) για κάθε εκπαιδευόμενο. Ο εκπαιδευόμενος δεν είναι αναγκασμένος να ακολουθήσει αυτή την ακολουθία αντικειμένων LOS.

Η Προσαρμοστική Μηχανή (Adaptation Engine) παρακολουθεί την πρόοδο του εκπαιδευομένου κατά την εξέλιξη του μαθήματος, λαμβάνοντας υπόψη αποτελέσματα ενδιάμεσων ερωτηματολογίων και τον χρόνο μελέτης του κάθε κόμβου. Αυτή η πληροφορία χρησιμοποιούνται και για την ενημέρωση του μοντέλου του εκπαιδευομένου και για την λήψη αποφάσεων προσαρμογής.

#### 4.5.2.1 Η Προσαρμοστική Μηχανή

Η προσαρμοστική μηχανή εκτελεί αρχικά την Αρχικοποίηση Μοντέλου Εκπαιδευόμενου. Ο εκπαιδευόμενος με την πρώτη πρόσβαση στο σύστημα, συμπληρώνει το ερωτηματολόγιο Γνωστικής Κατάστασης που αποτελείται από κάποιες ερωτήσεις που σχετίζονται με το γνωστικό αντικείμενο που θα διδαχθεί. Όλες οι απαντήσεις που δίνονται καθορίζουν το σύνολο των τιμών που αποτυπώνει την γνωστική κατάσταση του εκπαιδευόμενου. Το παραπάνω σύνολο μπορεί να είναι και κενό αν ο εκπαιδευόμενος δεν γνωρίζει τίποτα για το γνωστικό πεδίο στο οποίο πρόκειται να εκπαιδευτεί. Ο εκπαιδευόμενος ακολούθως συμπληρώνει και το Ερωτηματολόγιο Εύρεσης Μαθησιακού Στυλ (Index of Learning Styles Questionnaire - ILS Questionnaire) από όπου εξάγεται το Μαθησιακό Στυλ του εκπαιδευομένου.

Στη συνέχεια, πραγματοποιείται ενημέρωση του μοντέλου εκπαιδευομένου και προσαρμογή. Σε κάθε βήμα της εκπαιδευτικής διαδικασίας, δηλαδή μετά την ολοκλήρωση της μελέτης ενός εκπαιδευτικού κόμβου, ο αλγόριθμος εκτελεί τις δύο παρακάτω ενέργειες: 1) ενημέρωση του μοντέλου εκπαιδευομένου, 2) υπολογισμός του προτεινόμενου Επόμενου Κόμβου για μελέτη (Next Node) μαζί με την νέα (Ακολουθία) Αλληλουχία Εκπαιδευτικών Αντικειμένων (Learning Object Sequence). Βασικά ο αλγόριθμος λειτουργεί όπως περίπου θα συμπεριφερόταν ο εκπαιδευτής: Εξηγεί πάλι την έννοια που δεν έχει γίνει κατανοητή (προτείνοντας για μελέτη το ίδιο εκπαιδευτικό υλικό) και έπειτα προσπαθεί να προτείνει διαφορετικό εκπαιδευτικό υλικό για την ίδια έννοια, και τελικά σε επόμενη αποτυχία, θεωρεί ότι κάποιες από τις προαπαιτούμενες γνώσεις, που είχαν θεωρηθεί ότι είχαν αποκτηθεί, είναι η πηγή του προβλήματος και προτείνεται η επανεξέταση αυτών.

#### 4.5.2.2 To Pdk Planner

Η μονάδα σχεδιασμού (Pdk Planner) είναι υπεύθυνη για τον προγραμματισμό – σχεδιασμό της ακολουθίας «δράσεων» ("actions") του μαθήματος. Στο πλαίσιο του σχηματισμού του μαθήματος, τα προβλήματα σχεδιασμού αποτελούνται από δράσεις με συγκεκριμένες προϋποθέσεις και αποτελέσματα καθώς και με την αρχική κατάσταση και το στόχο. Η μονάδα Pdk Planner είναι υπεύθυνη για τη δημιουργία ακολουθίας μαθήματος. Οι αρχικές συνθήκες δίνονται από την γνωστική κατάσταση του αρχικού μοντέλου εκπαιδευομένου. Το ζητούμενο στο πρόβλημα αντιστοιχεί στον εκπαιδευτικό στόχο του μαθήματος. Με αυτόν τον τρόπο η αλληλουχία - ακολουθία μαθήματος είναι η σύνθεση των «δράσεων» που παράγει ο οργανωτής (planner) για να επιτευχθεί ο στόχος. Επίσης η μονάδα Pdk Planner ελέγχει τη συνέπεια της δεξαμενής εκπαιδευτικών αντικειμένων ανιχνεύοντας τις δράσεις που δεν θα πρέπει να εκτελεστούν καθώς και τους περιττούς εκπαιδευτικούς κόμβους, ενώ η χρησιμοποιούμενη γλώσσα PDDL-K παρέχει σχήματα ελέγχου που επιτρέπουν στους εκπαιδευτές να συνθέσουν ειδικές διδακτικές στρατηγικές όπως ειδικό επίπεδο δυσκολίας, ειδικό τρόπο παρουσίασης ενός θέματος κ.ά.

Παρατηρήθηκε ότι η αυτόματη δημιουργία αλληλουχίας μαθήματος είναι προγραμματιστικά ένα δύσκολο αντικείμενο. Ο χρόνος εκτέλεσης εξαρτάται από πολλές μεταβλητές όπως ο αριθμός των προϋποθέσεων, των δράσεων και ο αριθμός των στόχων. Παρ' όλα αυτά οι δομές ελέγχου υψηλού επιπέδου της PDDL-K παρέχουν ένα σύνολο από προκατασκευασμένα σχήματα και επιτρέπουν εύκολο και «φυσικό» τρόπο καθορισμού ευρεστικών γνώσεων, χωρίς την απαίτηση προγραμματιστικών δεξιοτήτων.

#### 4.5.3 Συμπεράσματα

Οι Limongelli C. et al. (2009), εκτελώντας πειραματική αξιολόγηση του LS-PLAN, παρουσίασαν: α) μία ολική αξιολόγηση, στην οποία δύο ομάδες εκπαιδευομένων παρακολούθησαν το ίδιο διαδικτυακό μάθημα, η μία ομάδα με την υποστήριξη του LS-PLAN και η άλλη χωρίς, και καταδείχθηκε ότι η πρώτη ομάδα κατέγραψε βελτίωση 27,54% στη μάθηση έναντι της δεύτερης, και β) στην τμηματική (layered) αξιολόγηση υπήρξαν καλά αποτελέσματα στην καταλληλότητα των μοντέλων εκπαιδευομένων και στην λήψη προσαρμοστικών αποφάσεων, επιβεβαιώνοντας την ικανοποίηση των

απαιτήσεων (i) επιτυχούς ανίχνευσης των χαρακτηριστικών των εκπαιδευομένων και (ii) καταλληλότητας των αποφάσεων προσαρμογής για δεδομένα μοντέλα εκπαιδευομένων.

Το κύριο συμπέρασμα είναι ότι η αξιολόγηση ενός προσαρμοστικού συστήματος απαιτεί μία συνολική πειραματική αντιμετώπιση όπου όλες οι κύριες διαστάσεις πρέπει να ληφθούν υπόψη. Η χρήση δύο προσεγγίσεων πειραματικής μέτρησης, η ολική αξιολόγηση και η τμηματική αξιολόγηση ήταν επιτυχείς. Με την πειραματική ολική αξιολόγηση που εκτέλεσαν οι Limongelli C. et al. (2009) επετεύχθη υπολογισμός της προστιθέμενης αξίας της προσαρμοστικής λειτουργίας, ενώ με την τμηματική αξιολόγηση, επιβεβαιώθηκε ότι η προστιθέμενη αξία του συστήματος υπάρχει λόγω της προσαρμοστικής μηχανής.

#### **4.6 Ένα υπολογιστικό μοντέλο για την ανάπτυξη σημασιολογικών διαδικτυακών εκπαιδευτικών συστημάτων**

##### **4.6.1 Εισαγωγή**

Η ενσωμάτωση της χρήσης πηγών του σημασιολογικού ιστού στον σχεδιασμό και στην αρχιτεκτονική των συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης στην εκπαίδευση (Artificial Intelligence in Education - AIED) είναι μία κατεύθυνση που κατά το τελευταίο διάστημα έχει προσελκύσει το ερευνητικό ενδιαφέρον. Η κεντρική ιδέα είναι η προσπάθεια να αναπαρασταθούν πληροφορίες στο Web σε τέτοια μορφή ώστε να μπορούν να τις καταλάβουν και να τις χειριστούν οι υπολογιστές, με τελικό σκοπό την δημιουργία πιο προσαρμοστικών, εξατομικευμένων και ευφύων εκπαιδευτικών συστημάτων. Η νέα γενιά των συστημάτων AIED δημιουργείται από τον συνδυασμό i) συστημάτων ηλεκτρονικής εκπαίδευσης ή συστημάτων διαχείρισης εκπαίδευσης (Learning Management Systems – LMS) τα οποία προσφέρουν την επικοινωνία – αλληλεπίδραση μεταξύ των εκπαιδευομένων και των εκπαιδευτών με σύγχρονο ή ασύγχρονο τρόπο με τη χρήση συστημάτων πληροφορικής και ii) συστημάτων AIED που χρησιμοποιούν τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης για να παρέχουν εξατομικευμένη επικοινωνία, με σκοπό να βελτιώσουν τις διαδικασίες εκπαίδευσης και λύσης προβλημάτων. Το αποτέλεσμα αποκαλείται σημασιολογικό διαδικτυακό σύστημα εκπαίδευσης (semantic web-based educational system - SWBES).

Η κατασκευή SWBES είναι ένα πολύπλοκο αντικείμενο με προκλήσεις και από την πλευρά της μηχανικής λογισμικού και από την πλευρά της τεχνητής νοημοσύνης, αντιμετωπίζοντας ζητήματα όπως η επεκτασιμότητα, η διαλειτουργικότητα, η πλαισίωση δεδομένα περιβάλλουσας πληροφορίας (contextualization) και η συνέπεια των σχετικών μεταδεδομένων, η δυναμική ακολουθία της εκπαίδευσης και του εκπαιδευτικού υλικού, η ενσωμάτωση και επαναχρησιμοποίηση του εκπαιδευτικού περιεχομένου και των τεχνικών τεχνητής νοημοσύνης, η διανομή των υπηρεσιών μάθησης και τα νέα μοντέλα μάθησης. Τα παραπάνω θέματα, εξετάζεται αν είναι δυνατόν να αντιμετωπιστούν μέσω της αναπαράστασης των πληροφοριών στο διαδίκτυο με τέτοιο τρόπο ώστε οι υπολογιστές να μπορούν να τις καταλάβουν και χειριστούν. Λόγω των παραπάνω, τα SWBE ονομάστηκαν η νέα γενιά των διαδικτυακών συστημάτων εκπαίδευσης που

χρησιμοποιούν τεχνολογίες σημασιολογικού ιστού για να δημιουργήσουν πιο εξατομικευμένα, προσαρμοστικά, και ευφυή εκπαιδευτικά συστήματα.

#### **4.6.2 Ανασκόπηση εκπαιδευτικών συστημάτων και πεδίο έρευνας**

##### **4.6.2.1 Ευφυή εκπαιδευτικά συστήματα**

Η χρήση της Τεχνητής Νοημοσύνης στην ανάπτυξη ψηφιακών εκπαιδευτικών συστημάτων είναι απαραίτητη για την παροχή εξατομικευμένης διάδρασης με κάθε εκπαιδευόμενο. Γενικότερα, η τεχνητή νοημοσύνη στην εκπαίδευση αφορούσε στο να αποδοθούν στα συστήματα δυνατότητες από τη γνωστική περιοχή της τεχνητής νοημοσύνης όπως: παρουσίαση γνώσεων και αιτιότητα, προγραμματισμός, διάγνωση, μάθηση, αβεβαιότητα στη γνώση και επεξεργασία διαλόγου. Τα Συστήματα Ευφυών Οδηγών (Intelligent Tutoring Systems ITS) όπως αρχικά ονομάστηκαν, γενικά αποτελούνταν από τέσσερα τμήματα: α) το πεδίο γνώσης, β) το μοντέλο των εκπαιδευομένων, γ) το παιδαγωγικό και δ) το τμήμα επικοινωνίας.

Τα παραπάνω συστήματα είναι πια γνωστά ως AIED και τα τελευταία δέκα χρόνια ο σχεδιασμός των διαδικτυακών συστημάτων ηλεκτρονικής εκπαίδευσης κινείται προς την κατεύθυνση των AIED σχεδιάζοντας τα λεγόμενα προσαρμοστικά διαδικτυακά εκπαιδευτικά συστήματα (Adaptive Web-Based Educational Systems – AWBES).

##### **4.6.2.2 Προσαρμοστικά Διαδικτυακά Εκπαιδευτικά Συστήματα (Adaptive Web-Based Educational Systems – AWBES)**

Ένα AWBES είναι ένα σύστημα που τροποποιείται – προσαρμόζεται με σκοπό τη βελτίωση της μάθησης των εκπαιδευομένων. Ο σκοπός είναι να προσφέρει στους εκπαιδευόμενους προσαρμοσμένες αλληλεπιδράσεις για να βελτιώσει την ποιότητα της εκπαιδευτικής υπηρεσίας. Οι τύποι προσαρμοστικότητας που χρησιμοποιούνται είναι:

- Καθηγητοκεντρικό προσαρμοστικό μοντέλο εκπαίδευσης: σε αυτή τη μορφή προσαρμοστικότητας οι εκπαιδευόμενοι λαμβάνουν διαφορετικό εκπαιδευτικό υλικό, δραστηριότητες, και γενικά εκπαιδευτικές υπηρεσίες ανάλογα με τις προδιαγραφές που έχει καθορίσει ο συντάκτης του εκπαιδευτικού έργου.
- Προσαρμοστική αλληλεπίδραση: σε αυτή τη μορφή προσαρμοστικότητας παρέχεται υποστήριξη στους εκπαιδευόμενους, ενώ αλληλεπιδρούν με τα στοιχεία του μαθήματος.
- Προσαρμοστική παρουσίαση: σε αυτή τη μορφή παρουσιάζεται διαφορετική διεπαφή σε κάθε εκπαιδευόμενο ανάλογα με το μοντέλο του.

##### **4.6.2.3 Προβλήματα στην ανάπτυξη των AWBES**

Πολλά προβλήματα, τα οποία θα αναφερθούν αναλυτικά σε επόμενη παράγραφο, εμφανίστηκαν κατά την εξέλιξη των εκπαιδευτικών συστημάτων τέτοιου είδους, που είχαν σχέση με την παραμετροποίηση, την ανάπτυξη και τη συντήρηση. Τα προβλήματα αυτά κατέδειξαν ότι τα συστήματα του συγκεκριμένου είδους είναι ιδιαίτερα πολύπλοκα και γενικά χρονοβόρα κατά την παραμετροποίηση, ανάπτυξη, συντήρηση και επέκτασή τους. Ένας από τους καλύτερους τρόπους διαχείρισης της πολυπλοκότητας αυτών των

συστημάτων είναι η αποσύνθεση των ζητημάτων που απαντώνται σε αυτά τα συστήματα. Η λύση των παραπάνω προβλημάτων σχετίζεται με τις προσπάθειες που γίνονται να αναπαρασταθεί η πληροφορία στο διαδίκτυο, με τέτοιο τρόπο, ώστε οι υπολογιστές να μπορούν να την καταλάβουν και να την χειριστούν. Η ερευνητική αυτή προσπάθεια ονομάζεται έρευνα σχετικά με τον σημασιολογικό ιστό (semantic web). Ακολουθεί η περιγραφή του μοντέλου αναφοράς για σημασιολογικά, διαδικτυακά εκπαιδευτικά συστήματα.

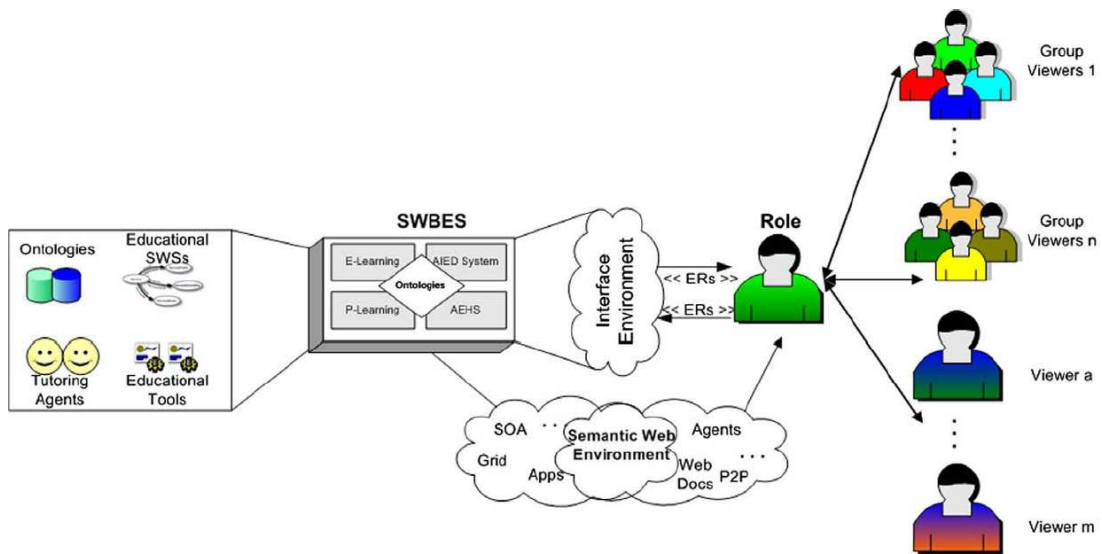
#### 4.6.3 Μοντέλο αναφοράς

Ο σημασιολογικός ιστός (semantic web ή SW) επεκτείνει το κλασικό διαδίκτυο επιτρέποντας μία σημασιολογική δομή των ιστοσελίδων η οποία υποστηρίζει τα φυσικά πρόσωπα καθώς και «πράκτορες» τεχνητής ευφυΐας να κατανοήσουν το περιεχόμενο των διαδικτυακών εφαρμογών. Ως αποτέλεσμα, ο Σημασιολογικός Ιστός (SW) προσφέρει το περιβάλλον που επιτρέπει σε πράκτορες λογισμικού να πλοηγηθούν μέσα σε δικτυακά έγγραφα και να εκτελέσουν περίπλοκες εργασίες. Ο SW προσφέρει πολλαπλές βελτιώσεις στο πλαίσιο των διαδικτυακών εκπαιδευτικών συστημάτων οι οποίες συνεισφέρουν στην αναβάθμιση της ποιότητας της εκπαίδευσης.

Σύμφωνα με τον Anderson (2004) ο εκπαιδευτικός σημασιολογικός ιστός βασίζεται σε τρεις θεμελιώδεις δυνατότητες. Η πρώτη είναι η ικανότητα για αποτελεσματική αποθήκευση και ανάκτηση πληροφοριών. Η δεύτερη είναι η ικανότητα των τεχνητών αυτόνομων πρακτόρων να αυξήσουν τη μάθηση και την ανάκτηση πληροφοριών – γνώσεων σε ανθρώπους. Τέλος, η τρίτη είναι η ικανότητα του διαδικτύου να υποστηρίξει, επεκτείνει και διευρύνει τις δυνατότητες επικοινωνίας μεταξύ των ανθρώπων με πολλαπλούς τρόπους πέρα από τα όρια του χρόνου και του χώρου.

Γενικά, το ευρύτερο θέμα σχετικά με τα συστήματα SWBES είναι η αλληλεπίδραση μεταξύ δύο τουλάχιστον πλευρών, του εκπαιδευτικού συστήματος που είναι υπεύθυνο να παρέχει πληροφορίες σχετικές με το εκπαιδευτικό πλαίσιο ή εκπαιδευτικό πεδίο και του χρήστη που θα έχει καθορισμένο ρόλο. Η Εικόνα 9 περιγράφει το μοντέλο αναφοράς (γενικό) ενός σημασιολογικού διαδικτυακού εκπαιδευτικού συστήματος (SWBES).





**Εικόνα 9. Γενικό μοντέλο σημασιολογικού διαδικτυακού εκπαιδευτικού συστήματος (SWBES)**

Ακολουθεί αναφορά σε κάθε τμήμα ενός σημασιολογικού διαδικτυακού εκπαιδευτικού συστήματος.

- *Ρόλος:* Πολλές δραστηριότητες έχουν ενσωματωθεί σε SWBES, όπως εκπαίδευση, μάθηση, συνεργασία και συγγραφή - σύνταξη εκπαιδευτικού υλικού. Αυτές οι δραστηριότητες κατανέμονται σύμφωνα με τον ρόλο του κάθε συμβαλλόμενου ως εξής:
  - *Ρόλος Εκπαιδευτή:* οι εκπαιδευτές είναι αυτοί που παρακολουθούν τη δραστηριότητα των εκπαιδευομένων (λύσεις προβλημάτων, εκτιμήσεις προόδου κ.τ.λ.) και ρυθμίζουν τις εκπαιδευτικές στρατηγικές.
  - *Ρόλος Εκπαιδευομένου:* το κύριο ενδιαφέρον των εκπαιδευομένων είναι να αλληλεπιδρούν με το σύστημα για να αναπτύξουν τις γνώσεις τους και να εκπληρώσουν τους εκπαιδευτικούς τους στόχους. Αυτή η αλληλεπίδραση βασίζεται σε εξατομικευμένο και προσαρμοστικό εκπαιδευτικό περιεχόμενο.
  - *Ρόλος Συγγραφέα:* οι συγγραφείς είναι υπεύθυνοι για την δόμηση των εκπαιδευτικών περιεχομένων. Επίσης, οι δραστηριότητες συγγραφής χωρίζονται α) εκπαιδευτικό περιεχόμενο, β) εκπαιδευτική διαδικασία και γ) προσαρμογή και εξατομίκευση.
  - *Ρόλος Ομάδας Εκπαιδευομένων:* πολλές εφαρμογές λαμβάνουν υπόψη την εκπαιδευτική διαδικασία μέσω ομάδων. Λαμβάνονται υπόψη η συνεργατική μάθηση, η αλληλεπίδραση μεταξύ εκπαιδευομένων για την επίτευξη προσωπικών στόχων, ο διαμοιρασμός γνώσεων, η μετά-γνώση, η παρακίνηση, και οι συναισθηματικές σχέσεις με άλλους εκπαιδευόμενους.

- *Ρόλος Προγραμματιστή:* είναι υπεύθυνοι για την ανάπτυξη και προσθήκη νέων λειτουργιών στο σημασιολογικό διαδικτυακό εκπαιδευτικό σύστημα. Επίσης, κατασκευή οντολογιών για τον καθορισμό των μεθόδων ως κώδικα για την παράθεση των εφαρμογών.
- *Περιβάλλον Διεπαφής:* καθοδηγεί τη διασύνδεση μεταξύ του SWBES και των εκπαιδευομένων εντός του εκπαιδευτικού πεδίου.
- *Εκπαιδευτικές Πηγές:* αντιπροσωπεύουν τα εκπαιδευτικά αντικείμενα ενός εκπαιδευτικού συστήματος, όπως παραδείγματα, προβλήματα, αντιπαραδείγματα και εκπαιδευτικές δραστηριότητες.
- *SWBES:* υποστηρίζει αποτελεσματικά πολλούς εκπαιδευόμενους καθοδηγώντας και βοηθώντας τους να επιτύχουν τους μαθησιακούς τους στόχους. Πρόκειται για μία νέα γενιά διαδικτυακών εκπαιδευτικών συστημάτων τα οποία προσφέρουν πολλές βελτιώσεις στην ποιότητα των υπηρεσιών εκπαίδευσης μέσω της τεχνολογίας του σημασιολογικού ιστού.
  - *Οντολογίες:* σκοπός τους είναι να καθορίσουν με μεγάλη προσοχή τμήματα του συνόλου των δεδομένων και να επιτρέψουν έτσι διασυνδέσεις μεταξύ δεδομένων διαφορετικών μορφών (formats). Επιπροσθέτως, οι οντολογίες έχουν αναφερθεί ως απαραίτητες προϋποθέσεις για να εξασφαλιστεί η διαλειτουργικότητα μεταξύ των εκπαιδευτικών συστημάτων (συστήματα AIED, διάχυτα (pervasive) εκπαιδευτικά συστήματα, συστήματα ηλεκτρονικής εκπαίδευσης, προσαρμοστικά εκπαιδευτικά συστήματα υπερμέσων).
  - *Εκπαιδευτικοί Πράκτορες :* βοηθούν την εκπαιδευτική διαδικασία με πολλούς τρόπους. Για παράδειγμα, εκτιμούν ομοιότητες μεταξύ των προφίλ με σκοπό να προτείνουν το κατάλληλο εκπαιδευτικό υλικό.
  - *Εργαλεία:* πολλά εργαλεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα διαδικτυακό εκπαιδευτικό σύστημα. Μερικά από αυτά είναι: συνεργατική προσομοίωση, ευφυή και συγγραφικά εργαλεία.
  - *Υπηρεσίες:* οι σημασιολογικές διαδικτυακές υπηρεσίες (semantic web services SWS) προσφέρουν αρκετές και διαφορετικές μεταξύ τους εκπαιδευτικές δραστηριότητες οι οποίες μετατρέπουν μία στατική συλλογή πληροφοριών σε μία κατανεμημένη πηγή πληροφοριών με βάση τις τεχνολογίες σημασιολογικού ιστού κάνοντας το διαδικτυακό περιεχόμενο επεξεργάσιμο και ερμηνεύσιμο από υπολογιστικές μηχανές. Παραδείγματα SWS είναι η εξατομίκευση του εκπαιδευτικού περιεχομένου και των διεπαφών, εκτιμήσεις, συνεργασία και συμβουλευτική.

- *Περιβάλλον Σημασιολογικού Ιστού:* αντιπροσωπεύει το περιβάλλον αλληλεπίδρασης του SWBES και των εκπαιδευομένων οι οποίοι μπορούν να ανακαλύψουν, να πλοηγηθούν, να επιλέξουν και να επικαλεστούν πηγές στο διαδίκτυο σύμφωνα με πολλές τεχνολογίες και αρχιτεκτονικές που περιγράφονται σημασιολογικά.

#### 4.6.4 Συζήτηση πάνω σε προβλήματα

Πολλά προβλήματα παρουσιάστηκαν κατά τη διάρκεια ανάπτυξης των εκπαιδευτικών συστημάτων. Σε αυτή την ενότητα παρατίθενται τα επιμέρους προβλήματα των εκπαιδευτικών συστημάτων και αντίστοιχα οι λύσεις που δόθηκαν μέσα από τα SWBES.

- *Υψηλό κόστος ανάπτυξης:* μέχρι τώρα οι ερευνητές ήταν αναγκασμένοι να σχεδιάσουν μόνοι τους την αρχιτεκτονική του συστήματός τους, αναπτύσσοντας στρατηγικές παρουσίασης της γνώσης και μηχανισμούς αιτιολογίας, και συλλέγοντας και κωδικοποιώντας όλα τα σχετικά πεδία εκπαιδευτικής γνώσης. Επιπροσθέτως, πολλές διαστάσεις έπρεπε να ληφθούν υπόψη σχετικά με τις παιδαγωγικές στρατηγικές και τις πληροφορίες σχετικά με τους εκπαιδευόμενους. Με τα SWBES το κόστος ανάπτυξης μειώνεται λόγω της επαναχρησιμοποίησης της αρχιτεκτονικής που βασίζεται σε ευφυείς πράκτορες, των οντολογιών και την μεθοδολογία που αποτελούν τα βασικά χαρακτηριστικά των SWBES.
- *Πολυπλοκότητα στην ανάπτυξη αλγορίθμων τεχνητής ευφυΐας:* η πολυπλοκότητα αυτών των αλγορίθμων αντιμετωπίστηκε μέσω της επαναχρησιμοποίησης κάποιων μηχανισμών συμπερασμού και την υποστήριξη της διευκόλυνσης της ενσωμάτωσης νέων μηχανισμών μέσω της χρήσης των σημασιολογικών διαδικτυακών υπηρεσιών.
- *Ενσωμάτωση τεχνικών τεχνητής ευφυΐας:* η ανάπτυξη και συντήρηση των υβριδικών ευφύων συστημάτων είναι δύσκολη. Το πρόβλημα αυτό λύθηκε μέσω της χρήσης των σημασιολογικών διαδικτυακών υπηρεσιών (semantic web services SWS) οι οποίες ήταν ικανές να ανακαλύψουν, να συνθέσουν, επικαλεστούν-αναφερθούν και να εκτελέσουν τέτοιους μηχανισμούς.
- *Εργαλεία αλληλεπίδρασης:* η προσφορά στους εκπαιδευόμενους, τέτοιων μέσων ώστε να μπορούν να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους οδηγεί στην αποτελεσματικότερη εκπαίδευση. Το σύστημα διαχείρισης εκπαίδευσης (LMS) (Sakai, 2008) μπορεί να παρέχει εργαλεία σύγχρονης και ασύγχρονης εκπαίδευσης τα οποία μπορούν να υποστηρίξουν τους χρήστες του συστήματος και στον ορισμό των εκπαιδευτικών αντικειμένων και στην εκπαιδευτική διαδικασία.
- *Κλιμάκωση:* τα εκπαιδευτικά συστήματα πρέπει να έχουν την δυνατότητα ανάπτυξης (κλιμάκωσης) με την έννοια της ταυτόχρονης χρήσης των από μεγάλο αριθμό χρηστών. Με τον Σύνδεσμο Διανομής (Distribution connector) που είναι ένα αρχιτεκτονικό στοιχείο που μεσολαβεί στην επικοινωνία μεταξύ

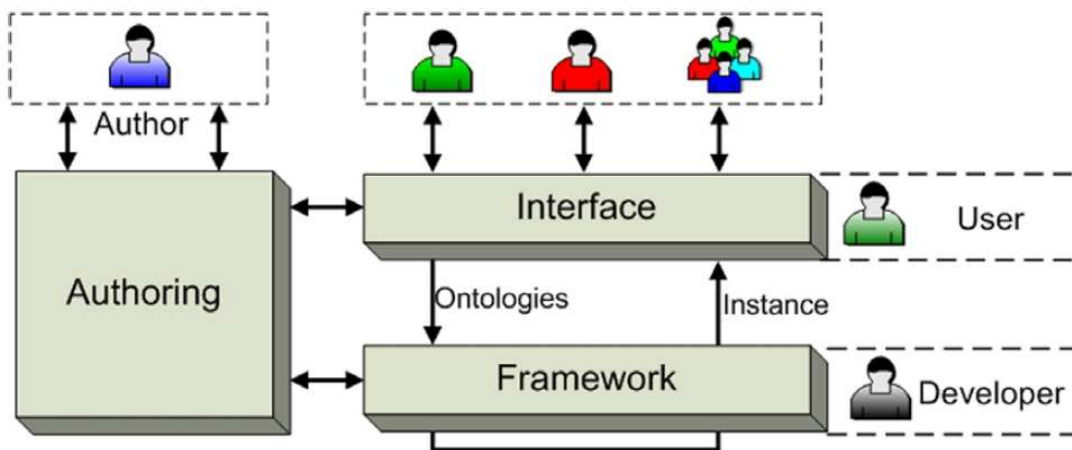
των πελατών (clients) και των κεντρικών υπολογιστών (servers) εφαρμόζοντας κατανομή φορτίου μεταξύ των διαθέσιμων κεντρικών υπολογιστών είναι εφικτή η κλιμάκωση του συστήματος.

- *Δυσκολία στην κοινή χρήση υλικού:* τα υπάρχοντα ευφυή εκπαιδευτικά συστήματα χρησιμοποιούν συγκεκριμένο φορμαλισμό, αρχιτεκτονική, εσωτερικά δεδομένα και ιδιαίτερο έλεγχο ροής. Αυτό σημαίνει ότι έχουν τη δική τους δομή και αυτό κάνει γενικά δύσκολο τον διαμοιρασμό και την ενσωμάτωση υλικού. Στα SWBES η χρήση των οντολογιών επιτρέπει τον διαμοιρασμό και την επαναχρησιμοποίηση της γνώσης.
- *Συνέπεια των μεταδεδομένων:* οι οντολογίες των γνωστικών πεδίων πρέπει να κατασκευαστούν και να συντηρούνται. Αυτό όμως μπορεί να είναι ιδιαίτερα δύσκολο σε ένα ρεαλιστικό συνεργατικό περιβάλλον σύνταξης οντολογιών. Πολλές οντολογίες μπορεί ήδη να υπάρχουν και είναι σε συνεχή ανάπτυξη και σταδιακά βελτιώνονται από συνεργαζόμενους ειδικούς των γνωστικών πεδίων και από πειραματικά αποτελέσματα κατά την εκπαίδευση χρηστών. Στα SWBES γίνεται χρήση της OWL-DL, η οποία υποστηρίζει πιστοποίηση συνέπειας των οντολογιών.
- *Επεκτασιμότητα:* υπάρχουν δύο ειδών προβλήματα επεκτασιμότητας α) επεκτασιμότητα του συστήματος ώστε να συμπεριληφθούν σε αυτό νέες λειτουργίες και β) επεκτασιμότητα σε νέα γλωσσικά πρότυπα. Το υπολογιστικό πλαίσιο (framework) του SWBES που αποτελείται από τις οντολογίες μαθήματος, συμπερασμού και αλληλεπίδρασης δίνει τη δυνατότητα ενσωμάτωσης νέων λειτουργιών ενώ ταυτόχρονα η χρήση της OWL υποστηρίζει την ενσωμάτωση νέων γλωσσών που βασίζονται στην XML.
- *Διαλειτουργικότητα:* η ενοποίηση συστημάτων ηλεκτρονικής εκπαίδευσης (e-learning systems) με συστήματα τεχνητής νοημοσύνης στην εκπαίδευση (AIEd systems) κάνει απαραίτητη την διαλειτουργικότητα των δεδομένων και υπηρεσιών. Στα SWBES το πρόβλημα της διαλειτουργικότητας λύνεται με την συνδυασμένη χρήση των οντολογιών για την διάχυση των νοημάτων των εμπλεκόμενων εννοιών και των πρακτόρων για την λύση προβλημάτων αλληλεπιδρώντας σε κατανεμημένο περιβάλλον.
- *Κατανομή των υπηρεσιών:* ο συνδυασμός των συστημάτων ηλεκτρονικής εκπαίδευσης (e-learning systems) με τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης στην εκπαίδευση (AIEd systems) απαιτεί κατανεμημένη αρχιτεκτονική η οποία υπάρχει στις διαδικτυακές υπηρεσίες των SWBES.
- *Υψηλό κόστος συντήρησης:* τα προσαρμοστικά συστήματα ηλεκτρονικής εκπαίδευσης είναι σύνθετες ενσωματωμένες εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης με πολλά τμήματα (modules) όπως εργαλεία αλληλεπίδρασης, ευφυείς πράκτορες και οντολογίες. Συνεπώς, για οποιαδήποτε τροποποίηση

στο σύστημα απαιτείται επέμβαση σε πολλά τμήματα του συστήματος. Στα SWBES την λύση δίνουν α) η στρώση σύνταξης-δημιουργίας (authoring layer) η οποία διαθέτει μία πολύ φιλική διεπαφή στους δημιουργούς και β) οι υπηρεσίες σημασιολογικού ιστού μέσω της αυτόματης ανακάλυψης – ανάκτησης, συγκρότησης και αναφοράς.

#### 4.6.5 Το υπολογιστικό μοντέλο

Στην ενότητα αυτή περιγράφεται ένα υπολογιστικό μοντέλο με το όνομα e-Mathema, που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη σημασιολογικών διαδικτυακών εκπαιδευτικών συστημάτων και βασίζεται στο Μοντέλο Αναφοράς το οποίο αναφέρθηκε στην παράγραφο 4.6.3 της παρούσας εργασίας. Το μοντέλο e-Mathema είναι ένα μοντέλο πολυεπίπεδης αρχιτεκτονικής (multi-layer architecture), όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 10.



Εικόνα 10 : Η αρχιτεκτονική του μοντέλου

Τα τρία επίπεδα της αρχιτεκτονικής του μοντέλου είναι:

- Το επίπεδο πλαισίου εργασίας (framework): συντηρείται από τους προγραμματιστές που μπορούν να προσθέτουν νέες λειτουργίες. Οι είσοδοι αυτού του επιπέδου είναι τρεις οντολογίες: 1) Η οντολογία του μαθήματος (Mathema ontology): αφορά τις εκπαιδευτικές προδιαγραφές που καθορίζουν το παιδαγωγικό μοντέλο, το μοντέλο εκπαιδευόμενου και το μοντέλο του γνωστικού πεδίου, 2) η οντολογία συμπερασμού: αντιπροσωπεύει την οντολογία που χρησιμοποιούν οι ειδικοί για να ρυθμίσουν τους μηχανισμούς συμπερασμού και 3) η οντολογία αλληλεπίδρασης (επικοινωνίας) που είναι αρμόδια για την αλληλεπίδραση μεταξύ των πρακτόρων. Η έξοδος αυτού του επιπέδου είναι ένα στιγμιότυπο του πλαισίου εργασίας.
- Το επίπεδο εφαρμογής (application): αυτό το επίπεδο αντιπροσωπεύει την εφαρμογή του χρήστη και χρησιμοποιείται για να καθορίσει τις απαιτήσεις του επιθυμητού συστήματος, όπου αυτές οι απαιτήσεις αφορούν θεμελιώδεις πληροφορίες για συστήματα εξατομικευμένης εκπαίδευσης, σε ό,τι αφορά εκπαιδευόμενους, εκπαιδευτές και άλλους χρήστες.

- *Το επίπεδο σύνταξης (authoring)*: το επίπεδο αυτό είναι υπεύθυνο να προσφέρει στους συντάκτες ένα φιλικό περιβάλλον διεπαφής για τη σύνταξη των οντολογιών. Οι εισοδοί αυτού του επιπέδου είναι οι απαιτήσεις της επιθυμητής εκπαιδευτικής εφαρμογής και η έξοδος είναι οι οντολογίες, όπου έχουν εισαχθεί στιγμιότυπα σύμφωνα με τις απαιτήσεις.
- *Σύνδεσμος κατανομής (distribution connector)*: αυτό το στοιχείο της αρχιτεκτονικής μεσολαβεί στην επικοινωνία μεταξύ των εξυπηρετούμενων (clients) και των εξυπηρετών (servers), υλοποιώντας κατανομή και εξισορρόπηση φόρτου ανάμεσα στους διαθέσιμους εξυπηρετητές.

#### 4.6.5.1 Οι Οντολογίες

Οι οντολογίες που χρησιμοποιούνται στα τρία αρχιτεκτονικά επίπεδα του μοντέλου είναι οι ακόλουθες:

##### 4.6.5.1.1 Η οντολογία του μοντέλου του γνωστικού πεδίου

Τα χαρακτηριστικά του πεδίου γνώσης δίδονται μέσα από μία πολυδιάστατη οπτική αυτής της γνώσης. Μερικές κλάσεις της οντολογίας αφορούν το πεδίο εκπαίδευσης, την επαναχρησιμοποίηση των εκπαιδευτικών αντικειμένων, τη διαλειτουργικότητα των ερωτήσεων καθώς και το πρόγραμμα εκπαίδευσης αποτελούμενο από τμήματα του γνωστικού πεδίου.

##### 4.6.5.1.2 Η οντολογία του μοντέλου των εκπαιδευομένων

Το μοντέλο εκπαιδευόμενου εμπεριέχει τη γνώση του ποιός θα εκπαιδευτεί, δηλαδή, το μοντέλο περιέχει πληροφορίες για τους εκπαιδευόμενους. Η κατασκευή του μοντέλου έγινε λαμβάνοντας υπόψη κάποιες στατικές και δυναμικές πληροφορίες για τον εκπαιδευόμενο. Οι *Στατικές Πληροφορίες* είναι αυτές που δεν τροποποιούνται κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης του εκπαιδευόμενου με το σύστημα. Αυτή η οντολογία έχει ενσωματωθεί στο πρότυπο IMS Learner Information Package (IMS LIP)<sup>1</sup>.

Οι *Δυναμικές Πληροφορίες* είναι αυτές που τροποποιούνται κατά την αλληλεπίδραση του εκπαιδευόμενου με το σύστημα και συνήθως έχουν σχέση με το γνωστικό πεδίο. Όλες οι πληροφορίες για τις δράσεις του συστήματος και του εκπαιδευόμενου καταγράφονται σε

<sup>1</sup> Το Learner Information είναι μία συλλογή πληροφοριών που αφορούν τον εκπαιδευόμενο (είτε ως άτομο είτε ως μέλος ομάδας) ή τον Παραγωγό εκπαιδευτικού περιεχομένου (δημιουργοί και πάροχοι). Οι προδιαγραφές βάσει του IMS Learner Information Package (IMS LIP) αναφέρονται στη διαλειτουργικότητα των διαδικτυακών συστημάτων Learner Information με άλλα συστήματα που υποστηρίζουν την εκπαίδευση μέσω διαδικτύου. Ο σκοπός των συγκεκριμένων προδιαγραφών είναι ο καθορισμός ενός συνόλου πακέτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εισαχθούν ή εξαχθούν δεδομένα σε/από έναν Learner Information εξυπηρετή συμβατό με IMS. Ο εξυπηρετής μπορεί να ανταλλάσει δεδομένα με συστήματα Learner Delivery ή με άλλους Learner Information εξυπηρετές. Είναι ευθύνη του εξυπηρετή Learner Information να επιτρέψει στον ιδιοκτήτη της πληροφορίας να καθορίσει ποιο τμήμα αυτής μπορεί να διαμοιραστεί σε άλλα συστήματα. Οι κεντρικές δομές του IMS LIP βασίζονται σε: προσβασιμότητες, δραστηριότητες, διασυνδέσεις, ικανότητες, στόχους, ταυτοποιήσεις, ενδιαφέροντα, προσόντα, πιστοποιήσεις και άδειες, σχέσεις, κλειδιά ασφαλείας και καταγραφές (ενεργειών, συμβάντων κ.λπ.).

κλάσεις. Υπάρχει επίσης κλάση όπου συλλέγονται πληροφορίες όπως μέσος χρόνος απάντησης σε ερώτηση ή πλήθος προσπαθειών για τη λύση ενός προβλήματος. Παρ' όλο που όλες οι κλάσεις χρησιμοποιούνται για να μοντελοποιηθούν οι γνωσιακές ικανότητες του εκπαιδευομένου, η κύρια πληροφόρηση προέρχεται από την κλάση λύσης των προβλημάτων (ProblemSolving class).

#### 4.6.5.1.3 Η οντολογία του παιδαγωγικού μοντέλου

Περιέχει τη γνώση του πως γίνεται η διδασκαλία, πως επιτυγχάνεται η αλληλεπίδραση. Συνήθως η αλληλεπίδραση επιτυγχάνεται μέσω ενός εκπαιδευτικού προγράμματος που λαμβάνει υπόψη του γνωσιακές όψεις των εκπαιδευομένων. Η κατασκευή του παιδαγωγικού μοντέλου βασίστηκε στις παιδαγωγικές στρατηγικές.

Ακόμα, το εκπαιδευτικό πρόγραμμα χρησιμοποιεί παιδαγωγικές στρατηγικές που αντιστοιχούν στον τρόπο που εκπαιδευόμενοι ή ομάδες εκπαιδευομένων διδάσκονται. Για να καθοριστεί το εκπαιδευτικό πρόγραμμα, είναι απαραίτητη η σύνθεση μιας οντολογίας γνωστικού πεδίου, που θα περιλαμβάνει παιδαγωγικές στρατηγικές και τακτικές.

#### 4.6.5.1.4 Η οντολογία αλληλεπίδρασης

Αυτή η οντολογία στοχεύει στην περιγραφή πολυπρακτορικών συστημάτων και βασίζεται στη μεθοδολογία GAIA. Από αυτή την άποψη, ο σχεδιαστής του συστήματος χρειάζεται να έχει μόνο γνώση σχετική με το εκπαιδευτικό πεδίο. Οι προδιαγραφές του πεδίου δημιουργούν αυτόματα, μέσω κατάλληλου λογισμικού, το πολυπρακτορικό σύστημα.

#### 4.6.5.2 Το επίπεδο πλαισίου

Στην εργασία (Bittencourt et al., 2009) περιγράφεται ένα σημασιολογικό διαδικτυακό πλαίσιο που αναπτύχθηκε για να διευκολύνει την ανάπτυξη πολυπρακτορικών εκπαιδευτικών συστημάτων. Το πλαίσιο τρεις στόχους: α) τη μείωση του χρόνου ανάπτυξης του συστήματος και την ελαχιστοποίηση της απαιτούμενης τροποποίησης κώδικα, β) την παροχή προσαρμοστικής εφαρμογής σύμφωνα με τις ανάγκες των χρηστών, και γ) την εξέλιξη της γνώσης και της ικανότητας συμπερασμού των αυτόνομων εκπαιδευτικών πρακτόρων.

Οι οντότητες του επιπέδου πλαισίου είναι οι ακόλουθες:

- Υπηρεσίες μόνιμης αποθήκευσης (Persistence services): αφορούν μηχανισμούς μόνιμης αποθήκευσης και ανάκτησης με την χρήση των εργαλείων Jena (<http://jena.sourceforge.net/>) και Hibernate (<http://www.hibernate.org/>).
- Πράκτορες (Agents): Οι πράκτορες διασφαλίζουν την προσαρμοστικότητα της εκπαιδευτικής διαδικασίας και είναι οι κάτωθι:
  - ο Ο πράκτορας μεσολάβησης (Mediator Agent): που έχει δύο λειτουργίες α) να προτείνει πράκτορες σύμφωνα με τις ανάγκες του αιτούντος πράκτορα και β) να συντονίζει τη διαδικασία λύσης περίπλοκων προβλημάτων.

- Ο πράκτορας ελέγχου (Controller Agent): είναι ο πράκτορας που έχει τρεις θεμελιώδεις δυνατότητες: α) να εκκινεί τους πράκτορες, β) να προσθέτει, να αφαιρεί και να ενημερώνει την τους πράκτορες της κοινωνίας πρακτόρων (Agent Society), (γ) και να προσθέτει, να αφαιρεί και να ενημερώνει τις υπηρεσίες των πρακτόρων.
- Η κοινωνία πρακτόρων (Agent Society): αποτελείται από ένα ετερογενές σύνολο πρακτόρων και απαρτίζεται από: α) *πράκτορες υποστήριξης* οι οποίοι διαθέτουν πληροφορίες για συμπερασμούς, σύμφωνα με έναν προεπιλεγμένο μηχανισμό και β) *αυτόνομους πράκτορες εκπαίδευσης* οι οποίοι διαθέτουν πληροφορίες για εκπαιδευτικά θέματα (γνωστικά, παρακίνησης και συναισθηματικής κατάστασης).
- Υπηρεσίες σημασιολογικού ιστού (Semantic Web Services): Οι υπηρεσίες σημασιολογικού ιστού (SWS) διαθέτουν την κατάλληλη λειτουργικότητα για να εξασφαλίσουν την αυτόματη ανακάλυψη, τη σύνθεση και την κλήση των υπηρεσιών από τους πράκτορες. Οι SWS χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία των Bittencourt, I.I. et al.(2009) για την εξατομίκευση του εκπαιδευτικού περιεχομένου, των αξιολογήσεων, της επίλυσης προβλημάτων και στη χρήση τεχνικών τεχνητής ευφυΐας.

#### **4.6.5.3 Το επίπεδο Εφαρμογής**

Αυτό το επίπεδο αναπτύχθηκε για να διευκολυνθεί η αυτόματη ανάπτυξη των στιγμιότυπων του πλαισίου (framework instances). Οι στόχοι αυτού του επιπέδου είναι δύο: α) να εξασφαλίσει την αυτόματη δόμηση διαδικτυακών εφαρμογών (βασισμένων στο επίπεδο πλαισίου) και β) να παρέχει προσαρμοστικές εφαρμογές υπερμέσων σύμφωνα με τις ανάγκες του χρήστη.

#### **4.6.5.4 Το επίπεδο Σύνταξης**

Αυτό το επίπεδο παρέχει το σύστημα σύνταξης βασισμένο στη μεθοδολογία ανάπτυξης εκπαιδευτικών συστημάτων. Επίσης, αυτό το επίπεδο προσφέρει διεπαφές με καλή χρηστικότητα, έτσι ώστε οι συντάκτες να μπορούν να ρυθμίσουν και να ορίσουν τα σύνολα οντολογιών του υπολογιστικού μοντέλου.

Η μεθοδολογία στο σύνολό της παρέχει στον συντάκτη ευκολίες για να ορίσει με συστηματικό τρόπο τους σκοπούς και τις οπτικές που σχετίζονται με ένα σύνολο δραστηριοτήτων, έτσι ώστε να καθορίσει τους πράκτορες και τις πιθανές τους σχέσεις.

#### **4.6.6 Συμπεράσματα**

Σε αυτή την ενότητα έγινε μία επισκόπηση της ανάπτυξης σημασιολογικών διαδικτυακών εκπαιδευτικών συστημάτων (SWBES), όπως αυτή η διαδικασία προσεγγίζεται στην εργασία των Bittencourt I.I. et al. (2009) . Η συγκεκριμένη προσέγγιση προσφέρει στους συγγραφείς-δημιουργούς και στους προγραμματιστές έναν εύκολο και αποδοτικό τρόπο δημιουργήσουν τέτοια εκπαιδευτικά συστήματα. Το υπολογιστικό αυτό μοντέλο προσφέρει χαμηλό κόστος ανάπτυξης, δυνατότητα κλιμάκωσης, επεκτασιμότητα,



διαλειτουργικότητα και χαμηλό κόστος συντήρησης. Επίσης, με αυτή την προσέγγιση δίνεται η δυνατότητα να αντιμετωπιστεί η εμπλοκή μεθόδων τεχνητής νοημοσύνης, η δημιουργία αλληλεπιδραστικών εργαλείων, η δυσκολία διαμοιρασμού των εκπαιδευτικών πηγών, η διανομή των υπηρεσιών, και η χρήση των οντολογιών γνωστικού πεδίου.

Στην εργασία των Bittencourt I.I. et al. (2009) παρατίθεται και μία αξιολόγηση του συστήματος μέσω μιας μελέτης περίπτωσης, όπου τα αποτελέσματα της εφαρμογής του συστήματος αξιολογούνται ως θετικά, όσον αφορά τις ευκολίες και την αποτελεσματικότητα δόμησης ειδικών εκπαιδευτικών εφαρμογών. Η χρήση των ευφύων πρακτόρων, των υπηρεσιών σημασιολογικού ιστού και της τεχνολογίας των οντολογιών οδηγεί στην κατασκευή σημασιολογικών διαδικτυακών συστημάτων. Η προτεινόμενη προσέγγιση πρέπει ωστόσο να επαληθευτεί μέσω πειραμάτων και σε άλλα γνωστικά πεδία όπως η ιατρική και τα μαθηματικά. Επίσης, θα πρέπει να αναπτυχθούν νέες σημασιολογικές διαδικτυακές υπηρεσίες όπως μηχανισμοί προσαρμοστικών υπερμέσων και εξόρυξης κειμένων.

## Κεφάλαιο 5. Συμπεράσματα - Προβληματισμοί

Για τουλάχιστον μία εικοσαετία, η προσαρμοστικότητα (adaptivity) αποτελεί ένα σημαντικότερο ερευνητικό πεδίο, ειδικότερα στο πλαίσιο της ηλεκτρονικής εκπαίδευσης (e-learning). Την προηγούμενη εικοσαετία στον τομέα της ηλεκτρονικής εκπαίδευσης χρησιμοποιήθηκαν συστήματα που είχαν μόνο τα «τυπικά» χαρακτηριστικά ενός συστήματος ηλεκτρονικής εκπαίδευσης (LMS) όπως διαχείριση εκπαιδευτικού περιεχομένου, δυνατότητες τηλε-συνεργασίας, δυνατότητες επικοινωνίας κ.ά. ενώ, όποια συστήματα συμπεριλάμβαναν προσαρμοστικά χαρακτηριστικά λειτουργούσαν, ως επί το πλείστον, σε ερευνητικό επίπεδο. Μέσα από τη μεγάλη πλειοψηφία των διαθέσιμων LMS παρουσιαζόταν στους εκπαιδευόμενους το ίδιο εκπαιδευτικό υλικό και με τον ίδιο τρόπο χωρίς να εξετάζονται τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κάθε εκπαιδευόμενου όπως το μαθησιακό στυλ, το γνωσιακό υπόβαθρο, οι μαθησιακοί στόχοι αλλά ακόμα και η απόδοση του ίδιου του εκπαιδευόμενου καθώς μελετά το εκπαιδευτικό υλικό. Η ανάγκη παροχής εξατομικευμένης μορφής εκπαίδευσης μέσα από τις πλατφόρμες ηλεκτρονικής εκπαίδευσης τα τελευταία χρόνια (περίπου την τελευταία δεκαετία) οδήγησε σε πολύ έντονη ερευνητική προσπάθεια ενσωμάτωσης προσαρμοστικών χαρακτηριστικών σε καθιερωμένα συστήματα ηλεκτρονικής εκπαίδευσης ή και ανάπτυξης νέων προσαρμοστικών εκπαιδευτικών συστημάτων, τα οποία, αφού βέβαια συμπεριλαμβάνουν και τα «τυπικά» χαρακτηριστικά ενός εκπαιδευτικού συστήματος, θα αντικαταστήσουν τα παλαιότερα.

Η έρευνα γύρω από την προσαρμοστική ηλεκτρονική εκπαίδευση έχει τους παρακάτω βασικούς άξονες: α) χειρισμός των αποδεκτών – εκπαιδευομένων, β) χειρισμός εκπαιδευτικού υλικού, εκπαιδευτικές μεθοδολογίες και στρατηγικές, και γ) τεχνικές και μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία προσαρμοστικών συστημάτων ηλεκτρονικής εκπαίδευσης. Είναι ευνόητο ότι οι παραπάνω τρεις άξονες είναι άρρηκτα συνδεδεμένοι και οποιαδήποτε προσπάθεια θέλει να έχει ελπίδες διάκρισης και εφαρμογής θα πρέπει να προτείνει ικανοποιητικές λύσεις για όλα τα θέματα που αφορούν και τους τρεις άξονες.

Η παρούσα εργασία αφορούσε στην εξέταση τριών παραγόντων που σχετίζονται με την προσαρμοστική εκπαίδευση: α) τον καθορισμό των μαθησιακών στυλ των εκπαιδευομένων και την ανάμιξή τους στη δημιουργία προσαρμοστικής εκπαίδευσης, β) τη μοντελοποίηση των εκπαιδευομένων ως διαδικασία συγκέντρωσης πληροφοριών και κατασκευής - ενημέρωσης του μοντέλου εκπαιδευομένου και γ) τις τεχνικές και εφαρμογές που έχουν χρησιμοποιηθεί ή δύναται να χρησιμοποιηθούν στην προσαρμοστική ηλεκτρονική εκπαίδευση.

Σε πολλές εργασίες ερευνητών που ασχολήθηκαν με το θέμα των μαθησιακών στυλ εκτελέστηκαν πειράματα κατατάσσοντας πραγματικούς εκπαιδευόμενους σε διάφορα μαθησιακά στυλ και εκπαιδεύοντας τους σε πραγματικά εκπαιδευτικά αντικείμενα με διάφορες εκπαιδευτικές στρατηγικές. Σε γενικές γραμμές, τα αποτελέσματα των πειραμάτων έδειξαν ότι η τακτική της ταύτισης του μαθησιακού στυλ του

εκπαιδευομένου με το διδακτικό στυλ της εκπαιδευτικής στρατηγικής όπου ακολουθήθηκε, έφερε καλύτερα αποτελέσματα στην εκπαιδευτική πρόοδο και των εκπαιδευομένων και στη γνώση την οποία αποκομίζουν. Υπήρχαν και εργασίες που κατέληξαν στο αποτέλεσμα ότι δεν υπήρχε αισθητή διαφορά απόδοσης – γνώσης των εκπαιδευομένων που εκπαιδεύτηκαν με τακτική ταύτισης του μαθησιακού στυλ των εκπαιδευομένων με το διδακτικό στυλ, σε σχέση με τους εκπαιδευόμενους που εκπαιδεύτηκαν με την τακτική της μη ταύτισης μαθησιακού στυλ – διδακτικού στυλ. Ακόμα, υποστηρίχθηκε ότι σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, η προσφορά ακόμα και εκπαίδευσης κατά την οποία δεν ταυτίζεται το μαθησιακό στυλ των εκπαιδευομένων με το διδακτικό στυλ, θα μπορούσε να αναπτύξει την ευελιξία, καθώς και τις κριτικές και νοητικές ικανότητες των εκπαιδευομένων. Αυτή η μη ταύτιση των στυλ θα μπορούσε επιτυχώς να εφαρμοστεί σε εκπαιδευόμενους που είναι ήδη «εκπαιδευτικά ώριμοι» π.χ. φοιτητές ανώτατης εκπαίδευσης ή σε εκπαιδευόμενους που έχουν γνώση του διδασκόμενου αντικειμένου και σκοπός της εκπαίδευσης είναι η εμπάθυνση ή η επέκταση της γνώσης. Όλες οι ερευνητικές εργασίες που έχουν καταλήξει σε αποτελέσματα μετά από πειράματα γύρω από την αποτελεσματικότητα της χρήσης μαθησιακών στυλ εκπαιδευομένων στη προσαρμοστική εκπαίδευση επισημαίνουν ότι δεν μπορεί να ληφθούν τα αποτελέσματα ως απόλυτα σωστά και καθολικά εφαρμόσιμα, καθότι απαιτείται εκτενέστερος πειραματισμός, ο οποίος θα καλύψει περισσότερα γνωστικά πεδία και εκπαιδευτικές βαθμίδες, καθώς και μεγαλύτερο πλήθος εκπαιδευομένων ώστε να εξαχθούν πιο αξιόπιστα και άμεσα εφαρμόσιμα συμπεράσματα.

Ένα μέρος της έρευνας σχετικά με την εφαρμογή μαθησιακών στυλ στην προσαρμοστική εκπαίδευση είναι και η διαδικασία ανίχνευσης των μαθησιακών στυλ των εκπαιδευομένων. Γενικότερα, ανακύπτει το πρόβλημα της μοντελοποίησης των χρηστών της προσαρμοστικής εκπαίδευσης, δηλαδή, ο καθορισμός του συνόλου αυτών των χαρακτηριστικών του χρήστη-εκπαιδευόμενου που σχετίζονται με κάποιο τρόπο με την εκπαιδευτική διαδικασία. Αυτό το σύνολο ονομάζεται μοντέλο χρήστη. Σε αυτόν το τομέα η έρευνα αντιμετωπίζει τριών ειδών προκλήσεις : α) τον καθορισμό των χαρακτηριστικών εκείνων που είναι σημαντικά για να καθορίσουν το «εκπαιδευτικό» προφίλ του εκπαιδευόμενου, β) την εύρεση του ενδεδειγμένου και αποτελεσματικού τρόπου αναζήτησης και καθορισμού των τιμών των χαρακτηριστικών του εκπαιδευόμενου και γ) την εύρεση του τρόπου ανίχνευσης αλλαγών των χαρακτηριστικών του εκπαιδευόμενου και κατ' επέκταση την εύρεση του τρόπου συνεχούς ενημέρωσης του προφίλ του εκπαιδευόμενου. Διαπιστώθηκε πειραματικά ότι πολλά χαρακτηριστικά του εκπαιδευόμενου μεταβάλλονται κατά την πορεία της εκπαίδευσής του, οπότε είναι πολύ σημαντικό να ενημερώνεται συχνά το μοντέλο του κάθε εκπαιδευόμενου. Η μοντελοποίηση των εκπαιδευομένων γίνεται σε τρία στάδια: α) την Αρχικοποίηση, όπου μέσω ερωτηματολόγιων ή/και αναγνωριστικών τεστ συλλέγονται πληροφορίες και δεδομένα για τον χρήστη και δομείται το μοντέλο χρήστη από αυτές τις πληροφορίες, β) την Ενημέρωση του μοντέλου, η οποία πραγματοποιείται μέσα από την παρακολούθηση των κινήσεων και της απόδοσης του εκπαιδευόμενου και τέλος γ) τη συλλογιστική και εξαγωγή νέων πληροφοριών για τον χρήστη από τα διαθέσιμα δεδομένα. Μερικά από τα μοντέλα που έχουν χρησιμοποιηθεί και αναλύονται μεταξύ άλλων στην τρέχουσα

εργασία είναι το μοντέλο Στερεοτύπων και το μοντέλο Επικάλυψης. Με την χρήση υπό συνθήκη πιθανοτήτων (κυρίως μεθόδων βασισμένων σε δίκτυα Bayes – BN) και σημασιολογικών μεθόδων η έρευνα αναζητά νέους τρόπους χειρισμού των πληροφοριών για κατασκευή και διατήρηση αξιόπιστων μοντέλων εκπαιδευομένων.

Η κατασκευή αξιόπιστων μοντέλων χρηστών είναι πολύ σημαντική για την προσαρμοστική εκπαίδευση. Το μοντέλο του εκπαιδευομένου δρα ως πυξίδα για τη μηχανή προσαρμογής του συστήματος ηλεκτρονικής εκπαίδευσης. Ένα σωστά δομημένο και ενημερωμένο μοντέλο εκπαιδευομένου, επιτρέπει στο προσαρμοστικό σύστημα να επιλέξει την κατάλληλη εκπαιδευτική τακτική που θα πρέπει να ακολουθηθεί για τον συγκεκριμένο εκπαιδευόμενο. Στο τέταρτο κεφάλαιο της εργασίας παρουσιάζονται τεχνικές και εφαρμογές που έχουν χρησιμοποιηθεί ή δύναται να χρησιμοποιηθούν στην προσαρμοστική ηλεκτρονική εκπαίδευση. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η διατήρηση ενός ενημερωμένου μοντέλου εκπαιδευομένου είναι πολύ σημαντική στην προσαρμοστική εκπαίδευση. Στην αρχή του τέταρτου κεφαλαίου παρουσιάζονται τεχνικές εξόρυξης δεδομένων από συστήματα διαχείρισης περιεχομένου (CMS). Τα δεδομένα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την ενημέρωση των μοντέλων ή και για την τροποποίηση ανεπαρκών εκπαιδευτικών τεχνικών που πιθανόν έχουν χρησιμοποιηθεί σε ένα σύστημα. Στη συνέχεια, στο ίδιο κεφάλαιο της εργασίας παρουσιάζεται μία πολλά υποσχόμενη τεχνική που θα μπορούσε λειτουργώντας παράλληλα με το προσαρμοστικό σύστημα κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης να προβλέψει έγκαιρα τους εκπαιδευόμενους που τείνουν να αποτύχουν να ολοκληρώσουν επιτυχώς το μάθημα. Ο συνδυασμός του συστήματος πρόβλεψης αποτυχίας και του προσαρμοστικού συστήματος εκπαίδευσης θα μπορούσε να αυξήσει το ποσοστό των εκπαιδευομένων που ολοκληρώνουν επιτυχώς το εκάστοτε διδασκόμενο μάθημα.

Στο τελευταίο τμήμα του τέταρτου κεφαλαίου παρουσιάζονται τέσσερις διαφορετικές μέθοδοι εφαρμογής της προσαρμοστικής ηλεκτρονικής εκπαίδευσης: α) χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα δύο διαφορετικές πηγές πληροφόρησης του προσαρμοστικού συστήματος, β) λαμβάνοντας υπόψη τις προτιμήσεις των ίδιων των εκπαιδευομένων μέσα από το λεγόμενο «σύστημα αποικίας μυρμηγκιών» (ant colony system), γ) δημιουργώντας ένα συνεχώς μεταβαλλόμενο πλάνο ακολουθίας εκπαιδευτικών αντικειμένων και τέλος δ) αναπτύσσοντας ένα σημασιολογικό διαδικτυακό εκπαιδευτικό σύστημα το οποίο εκμεταλλεύεται το πεδίο της τεχνητής νοημοσύνης και τις δυνατότητες του σημασιολογικού ιστού για να προσφέρει εξατομικευμένα εκπαιδευτικά προγράμματα προσαρμοσμένα στον κάθε εκπαιδευόμενο.

Τα πιο σύγχρονα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι ερευνητές στην προσαρμοστική ηλεκτρονική εκπαίδευση είναι η επεκτασιμότητα, η διαλειτουργικότητα και η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης εκπαιδευτικών οντοτήτων (εκπαιδευτικό υλικό, μεθόδους, τακτικές, μοντέλα κ.ά.). Ελπίδα στην ανάπτυξη προσαρμοστικών συστημάτων μικρότερου κόστους και πολυπλοκότητας με ταυτόχρονη αντιμετώπιση των παραπάνω προβλημάτων φαίνεται να προσφέρει η χρήση οντολογιών και τεχνητής νοημοσύνης.

Τα προσαρμοστικά συστήματα ηλεκτρονικής εκπαίδευσης νέας γενιάς θα πρέπει να συμπεριλαμβάνουν, εκτός των δυνατοτήτων ευφυούς προσαρμοστικότητας στα χαρακτηριστικά του κάθε εκπαιδευομένου, την ενεργή δικτύωση μεταξύ των εκπαιδευομένων, την προώθηση της συνεργασίας μεταξύ μεγάλων απομακρυσμένων ομάδων εκπαιδευτών, ώστε να μπορούν να μοιράζονται την γνώση και να ανταλλάσσουν εκπαιδευτικά αντικείμενα και την ευκολότερη και αποτελεσματικότερη λειτουργία μέσω φιλικότερης διεπαφής, τόσο για τους εκπαιδευτές όσο και για τους εκπαιδευόμενους που θα την χαρακτηρίζει η συνεργατικότητα, η ευφυΐα και η φορητότητα.

## Βιβλιογραφία

- ADL, (2004). Advanced distributed learning initiative. Sharable content object reference model (SCORM) 2004, 3rd ed. overview. ADL Web Site. <<http://www.adlnet.gov/scorm>> Retrieved 10.05.2006.
- Anderson T., Whitelock D. , The educational semantic web: visioning and practicing the future of education, *Journal of Interactive Media in Education – JIME* 7 (2004) 1–15.
- Ardissono, L., Console, L., Torre, I.: An adaptive system for the personalised access to news. *AI Communications* 14 (2001) 129-147
- Bittencourt, I.I. & Costa, E. & Silva, M., Soares, E. (2009) A computational model for developing semantic web-based educational systems
- Bloom, B.S.: *Taxonomy of Educational Objectives, Handbook I: The Cognitive Domain*. David McKay Co Inc., New York (1956)
- Briggs Myers, I. (1962). *Manual: The Myers-Briggs Type Indicator*. Consulting Psychologists Press, Palo Alto, CA.
- Brusilovsky, P. (1998). Methods and techniques of adaptive hypermedia. In A. Kobsa & J. Vassileva (Eds.), *Adaptive hypermedia and hypermedia* (pp. 1–43). London: Kluwer Academic Publishers.
- Colman, A. M. (2006). *A Dictionary of Psychology*. Oxford University Press, Oxford.
- Daniel, J., & Martin, B. (1999). Hands-on experiences to enhance learning of design: Effectiveness in a redesign context when correlated with MBTI and VARK types. In *ASEE annual conference & exposition: Engineering: Education to serve the world*, Charlotte, NC; USA, 20–23 June.
- Dunn, R., and Dunn, K. (1974). Learning Style as a Criterion for Placement in Alternative Programs. *Phi Delta Kappan*, 56 (4), 275-278.
- Ebbinghaus, H. (1913). *Memory: A contribution to experimental psychology*. New York: Teachers College, Columbia University.
- Felder, R. M. (1996). Matters of Style. *ASEE Prism*, 6 (4), 18-23.
- Felder, R. M., & Silverman, L. K. (1988). Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering Education*, 78(7), 674–681.
- Felder, R. M., and Soloman, B. A. (1997). Index of Learning Styles Questionnaire. Retrieved 30 November, 2007, from <http://www.engr.ncsu.edu/learningstyles/ilsweb.html>
- Herzog, S. (2006). Estimating student retention and degree-completion time: Decision trees and neural networks vis-u<sup>ν</sup>-vis regression. *New Directions for Institutional Research*, 2006(131), 17–33.
- Honey, P., and Mumford, A. (1982). *The Manual of Learning Styles*. Peter Honey, Maidenhead.
- Hwang, G. J. (1998). A tutoring strategy supporting system for distance learning on computer networks. *IEEE Transactions on Education*, 41(4), 343–351.
- Jameson, A., Smyth, B.: Recommendation to groups In: Brusilovsky, P., Kobsa, A., Neidl, W. (eds.): *The Adaptive Web: Methods and Strategies of Web Personalization*. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 4321. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York (2007)
- Keefe, J. W. (1991). *Learning style: Cognitive and thinking skills*. Reston, VA: National Association of Secondary School Principals.
- Keller, F. S. (1994). The Fred S. Keller School: CABAS at work. *The Current Repertoire*, 10, 3–4.
- Kember, D. (1996). The intention to both memorise and understand: Another approach to learning? *Higher Education*, 31, 341–354.
- Kolb, D. A. (1981). Learning Styles and Disciplinary Differences. In A. W. Chickering (Ed.), *The Modern American College: Responding to the New Realities of Diverse Students and a Changing Society*. San Francisco, Jossey-Bass, pp. 232-255.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Kotsiantis, S., Pierrakeas, C., & Pintelas, P. (2003). Preventing student dropout in distance learning using machine learning techniques. *Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems*, 267–274.
- Liegle, J.O. & Janichi T.N. (2006) The effect of learning styles on the navigation needs of Web-

- based learners
- Limongelli C. & Sciarrone F. & Temperini M. & Vaste G. (2009) Adaptive Learning with the LS-Plan System: A Field Evaluation
- Lo, J. J., Wang, H. M., & Yeh, S. W. (2004). Effects of confidence scores and remedial instruction on prepositions learning in adaptive hypermedia. *Computers & Education*, 42(1), 45–63.
- Melara, G. E. (1996). Investigating Learning Styles on Different Hypertext Environments: Hierarchical-Like and Network-Like Structures. *Journal of Research on Computing in Education*, 14(4), 313–328.
- Martinez, M., & Bunderson, C. V. (2000). Building interactive world wide web learning environments to match and support individual learning differences. *Journal of Interactive Learning Research*, 11(2), 131–162.
- Marion, F., Watkins, D., & Tang, C. (1997). Discontinuities and continuities in the experience of learning: An interview study of high-school students in Hong Kong. *Learning and Instruction*, 7(1), 21–48.
- Miller, G. A. (1956). The Magic Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limit of Our Capacity for Processing Information. *Psychology Review*, 63 (2), 81-96.
- Montgomery, S. M. (1995, November). Addressing diverse learning styles through the use of multimedia. Paper presented at the engineering education for the 21st century: Proceedings of the 25th annual frontiers in education conference. Atlanta, GA.
- Moseley, L. G., & Mead, D. M. (2008). Predicting who will drop out of nursing courses: A machine learning exercise. *Nurse Education Today*, 28(4), 469–475.
- Mumford, A., & Honey, P. (1996). Using your learning styles. Maidenhead: Peter Honey.
- Paolucci, R. (1998, June 20–25). Hypermedia and learning: The relationship of cognitive style and knowledge structure. In *Proceedings of ED-MEDIA/ED-TELECOM 1998*, Freiburg, Germany.
- Pask, G. (1976b). Styles and Strategies of Learning. *British Journal of Educational Psychology*, 46, 128-148.
- Pickett, J. P. (2001). *American Heritage Dictionary*. Houghton Mifflin Company, Boston.
- Richards-Ward, L. A. (1996). Investigating the Relationship between Two Approaches to Verbal Information Processing in Working Memory: An Examination of the Construct of Working Memory Coupled with an Investigation of Meta-Working Memory. PhD thesis, Massey University, Palmerston North, New Zealand.
- Russell, T. (1997). Technology wars: Winners and losers. *Educom Review*, 32(2), 44–46.
- SAKAI (2008). Collaboration and learning environment for education. <<http://sakaiproject.org/>>.
- Snow, R., & Farr, M. (1987). Cognitive-conative-affective processes in aptitude, learning, and instruction: An introduction. *Conative and affective process analysis*, 3, 1–10.
- Tan, S. T. (1996). Architecture of a Generic Instructional Planner. *Journal of Network and Computer Applications*, 19, 265–274.
- Tseng, Judy C.R. & Chu, Hui-Chun & Hwang, Gwo-Jen & Tsai Chin-Chung, (2008), Development of an adaptive learning system with two sources of personalization information
- Watkins, D., & Biggs, J. (Eds.). (1996). *The Chinese learner: Cultural, Psychological and contextual influences*. Hong Kong: Central Printing.
- Xenos, M. (2004). Prediction and assessment of student behaviour in open and distance education in computers using Bayesian networks. *Computers and Education*, 43(4), 345-359.