

Εξατομικευμένη Ηλεκτρονική Μάθηση

Κωνσταντίνος Μάρκελλος
Ερευνητικό Ακαδημαϊκό Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών,
Ρήγα Φεραίου 61, 26221 Πάτρα, Ελλάδα
Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών και Πληροφορικής
Πανεπιστημιούπολη, 26500 Ρίο, Ελλάδα
kmarkel@cti.gr

Πηνελόπη Μαρκέλλου
Ερευνητικό Ακαδημαϊκό Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών
Ρήγα Φεραίου 61, 26221 Πάτρα, Ελλάδα
Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών και Πληροφορικής
Πανεπιστημιούπολη, 26500 Ρίο, Ελλάδα
markel@cti.gr

Μαρία Ρήγκου
Ερευνητικό Ακαδημαϊκό Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών
Ρήγα Φεραίου 61, 26221 Πάτρα, Ελλάδα
Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών και Πληροφορικής
Πανεπιστημιούπολη, 26500 Ρίο, Ελλάδα
rigou@cti.gr

Σπύρος Συρμακέσης
Ερευνητικό Ακαδημαϊκό Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών
Ρήγα Φεραίου 61, 26221 Πάτρα, Ελλάδα
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Μεσολογγίου, Τμήμα Εφαρμογών Πληροφορικής στη Διοίκηση και
Οικονομία, Νέα Κτίρια, 30200 Μεσολόγγι, Ελλάδα
syrma@cti.gr

Αθανάσιος Τσακαλίδης
Ερευνητικό Ακαδημαϊκό Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών
Ρήγα Φεραίου 61, 26221 Πάτρα, Ελλάδα
Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών και Πληροφορικής
Πανεπιστημιούπολη, 26500 Ρίο, Ελλάδα
tsak@cti.gr

Περίληψη: Η παρούσα εργασία εξετάζει ζητήματα σχετικά με τα προφίλ των χρηστών σε συστήματα ηλεκτρονικής μάθησης στο web και τον τρόπο που μπορούμε να εξαγάγουμε πληροφορίες από αυτά προκειμένου να βελτιώσουμε τη μαθησιακή εμπειρία ενσωματώνοντας τεχνικές εξατομίκευσης. Οι τεχνικές αυτές χρησιμοποιούν τα προφίλ ώστε να καθορίσουν το εκπαιδευτικό υλικό και τον τρόπο που θα παρουσιαστεί στους αποδέκτες του, από άποψη δομής και μορφής. Οι εξατομικευμένες σελίδες που προκύπτουν σαν αποτέλεσμα (και ικανοποιούν τις ανάγκες/προτιμήσεις κάθε χρήστη ή ομάδας χρηστών) υπαγορεύονται από ένα σύνολο προσαρμογών που με τη σειρά τους προέρχονται από την εφαρμογή τεχνικών web mining στα δεδομένα των προφίλ και στην καταγεγραμμένη συμπεριφορά των χρηστών.

Abstract: This paper addresses the issues relating to user profiles in web-based learning systems and the way we can mine them in order to improve the learning experience by integrating personalization techniques. These techniques use the information extracted from the profiles to determine the educational material and the way it will be presented to its recipients, in terms of structure and form. The resulting personalized pages (that satisfy the needs and preferences of each individual user or group of users) are dictated by a set of adaptations, which in turn derive from the application of web mining techniques to the profile data, as well as the recorded user behavior.

Λέξεις κλειδιά: ηλεκτρονική μάθηση, εξόρυξη γνώσης από το web, προφίλ χρηστών, εξατομικευμένη μάθηση

Keywords: e-learning, web mining, user profiling, personalized learning

1. Εισαγωγή

Η αλματώδης εξέλιξη των νέων τεχνολογιών της πληροφορικής και της επικοινωνίας τα τελευταία χρόνια έχει επηρεάσει όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας και η εκπαίδευση δεν θα μπορούσε να αποτελέσει εξαίρεση. Ιδιαίτερα η ολοένα και αυξανόμενη χρήση του διαδικτύου άνοιξε το δρόμο για νέες εκπαιδευτικές προσεγγίσεις και πρακτικές τόσο σε σύγχρονες όσο και σε ασύγχρονες μορφές. Από την άλλη μεριά, οι συνεχώς μεταβαλλόμενες συνθήκες της αγοράς εργασίας δημιουργούν απαιτήσεις και ανάγκες ενημέρωσης, κατάρτισης και εξειδίκευσης του ανθρώπινου δυναμικού ώστε να διασφαλιστεί η ευελιξία και η προσαρμοστικότητα των προσόντων και των δεξιοτήτων του. Μια λύση σε αυτό το πρόβλημα δίνει η **εκπαίδευση από απόσταση (distance learning)** με χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή. Η εφαρμογή της μάλιστα αποτέλεσε το έναυσμα για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη συστημάτων **ηλεκτρονικής μάθησης (electronic learning ή e-learning)** για μεγάλη ποικιλία γνωστικών αντικειμένων (Urduan & Weggen, 2000), (Wentling et al., 2000), (Fry, 2001).

Καθώς η περιοχή της ηλεκτρονικής μάθησης ωριμάζει, παρατηρούμε νέες σύγχρονες και ασύγχρονες υπηρεσίες που καλύπτουν ποικίλες μαθησιακές ανάγκες και που ξεπερνούν κατά πολύ τα απλά σενάρια «επιλέγω και διαβάζω» που χαρακτηρίζαν το χώρο μέχρι σήμερα. Ιστοσελίδες μαθημάτων, προσομοιώσεις, διαδραστικές ασκήσεις, τεστ αυτοαξιολόγησης, ηλεκτρονικές ομάδες συζήτησης (forums και chats), πίνακες ανακοινώσεων (bulletin boards) αποτελούν μόνο μερικά από τα εκπαιδευτικά εργαλεία που χρησιμοποιούν αυτά τα συστήματα. Εντούτοις, η πραγματική δύναμή τους δεν είναι το γεγονός ότι επιτρέπουν στον καθένα, οπουδήποτε και οποτεδήποτε να αποκτήσει πρόσβαση στη γνώση αλλά η ικανότητά τους να παρέχουν την **κατάλληλη πληροφορία, στους κατάλληλους ανθρώπους, την κατάλληλη χρονική στιγμή**. Στο μέλλον μάλιστα προβλέπεται ότι ο εκπαιδευόμενος θα μπορεί να ελέγχει και να προσαρμόζει σε πολύ μεγάλο βαθμό την προσωπική του εκπαιδευτική εμπειρία αυξάνοντας παράλληλα την αποδοτικότητά του.

Για τη δημιουργία μιας σειράς ηλεκτρονικών μαθημάτων συνήθως χρησιμοποιούνται εκπαιδευτικά περιβάλλοντα βασισμένα στο web (παγκόσμιος ιστός πληροφοριών). Πρόκειται για ολοκληρωμένα πακέτα λογισμικού που προσφέρουν όλα εκείνα τα χαρακτηριστικά και τις υπηρεσίες που απαιτούνται για την υλοποίηση μιας ολοκληρωμένης λύσης ηλεκτρονικής μάθησης (π.χ. διαχείριση-πιστοποίηση χρηστών, διαχείριση περιεχομένου, δυναμική διαμόρφωση προγραμμάτων και σειρών μαθημάτων, δυνατότητες συνεργατικής μάθησης, επικοινωνιακά εργαλεία, κλπ.). Τα τελευταία χρόνια έχουν εμφανιστεί πάρα πολλά τέτοια εκπαιδευτικά περιβάλλοντα όπως: webCT (<http://www.webct.com>), Librarian (<http://www.click2learn.com>), Lotus Learning Space (<http://www.lotus.com>), Blackboard (<http://www.blackboard.net>), Ecollege (<http://www.ecollege.com>), eduprise (<http://www.eduprise.com>), TopClass (<http://www.wbtsystems.com>), Intralearn (<http://www.intralearn.com>), Embanet (<http://www.embanet.com>), κλπ.

Για μια πραγματικά όμως δημιουργική εκπαιδευτική εμπειρία είναι πολύ σημαντικό οι εφαρμογές να σχεδιαστούν και να υλοποιηθούν με βάση τις συγκεκριμένες εξατομικευμένες απαιτήσεις των χρηστών. Τα **προσαρμοστικά εκπαιδευτικά συστήματα που βασίζονται στο web (adaptive web-based educational systems)** επιτρέπουν οι σειρές των μαθημάτων να δημιουργούνται ικανοποιώντας τις ανάγκες των εκπαιδευόμενων στα διάφορα γνωστικά αντικείμενα χωρίς να σπαταλούν το χρόνο τους σε περιοχές που ήδη κατέχουν ή που δεν τους ενδιαφέρουν (Brusilovsky, 2003). Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος είναι απαραίτητη η ακριβής γνώση του **προφίλ** του κάθε χρήστη το οποίο περιλαμβάνει πληροφορίες όπως δημογραφικά στοιχεία, προτιμήσεις, ενδιαφέροντα, δεξιότητες, εκπαιδευτικό υπόβαθρο, κλπ. Συνήθως για τη συλλογή αυτής της γνώσης απαιτείται η συμπλήρωση εξαντλητικών ερωτηματολογίων ή φορμών τα οποία οι χρήστες γενικά δεν είναι πρόθυμοι να απαντήσουν. Παράλληλα είναι αναγκαία και η καταγραφή της συμπεριφοράς των χρηστών κατά τη χρήση του συστήματος ηλεκτρονικής μάθησης.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι να εξετάσει θέματα σχετικά με τα προφίλ των εκπαιδευόμενων και τον τρόπο που μπορούμε να εξαγάγουμε συμπεράσματα από αυτά προκειμένου να βελτιώσουμε τη μαθησιακή τους εμπειρία. Η γνώση αυτή για τους χρήστες μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον καθορισμό τόσο του πλάνου, της μορφής όσο και της παρουσίας του εκπαιδευτικού υλικού. Τεχνικές web mining μπορούν να εφαρμοστούν στα δεδομένα των χρηστών για να τα αναλύσουν και να παράγουν εξατομικευμένες σελίδες που προσαρμόζονται στις ανάγκες και τις προτιμήσεις τους. Η δομή της εργασίας είναι η ακόλουθη. Στην ενότητα 2 γίνεται μια σύντομη επισκόπηση της περιοχής. Στην ενότητα

3 παρουσιάζονται τα βήματα της διαδικασίας εξόρυξης γνώσης που εφαρμόζεται στα προφίλ των χρηστών, ξεκινώντας από τον τύπο των στοιχείων που συλλέγονται ως τον τρόπο που υποστηρίζεται η εξατομικευμένη εμπειρία ηλεκτρονικής μάθησης. Οι βασικές λειτουργικότητες του προτεινόμενου συστήματος περιγράφονται στην ενότητα 4. Στην ενότητα 5 αναφέρονται τόσο οι δυνατότητες όσο και οι περιορισμοί της διαδικασίας εξατομικεύσης στην ηλεκτρονική μάθηση. Η τελευταία ενότητα παρουσιάζει τα συμπεράσματα αλλά και σκέψεις για μελλοντική έρευνα.

2. Σύντομη Επισκόπηση της Περιοχής

Έχουν περάσει αρκετά χρόνια από την εργασία του Brusilovsky (1996) σχετικά με μεθόδους και τεχνικές για την υλοποίηση **προσαρμοστικών συστημάτων υπερμέσων (adaptive hypemedia systems)**. Σήμερα, η ερευνητική δραστηριότητα στην περιοχή της ηλεκτρονικής μάθησης και ιδιαίτερα στον τρόπο που τα συστήματα αυτά ενσωματώνουν προσαρμοστικά χαρακτηριστικά βρίσκεται σε έξαρση. Ένας σημαντικός αριθμός από εμπορικά αλλά και ερευνητικά περιβάλλοντα ηλεκτρονικής μάθησης έχουν σχεδιαστεί και αναπτυχθεί με στόχο την παροχή εξατομικευμένης μάθησης (Brusilovsky, 1998), (Neumann, Zirvas, 1998). Στην πλειοψηφία τους είναι βασισμένα στο web, δεδομένου ότι πλέον τα «ευφυή» συστήματα μετάδοσης γνώσης χρησιμοποιούν αυτό το μέσο. Αυτά τα συστήματα συλλέγουν «γνώση» για κάθε χρήστη, την αναλύουν, και έπειτα τη «μετατρέπουν» σε εξατομικευμένη εμπειρία μάθησης (Blom, 2000), (Zaoane, 2002). Παρέχουν δηλαδή προσωποποιημένες (personalized), αλληλεπιδραστικές (interactive), ανά πάσα στιγμή (just-in-time), άμεσες (current) και κεντρικοποιημένες προς το χρήστη (user-centric) υπηρεσίες. Τα συστήματα αυτά περιλαμβάνουν όλες τις λειτουργικότητες μιας σειράς μαθημάτων και παράλληλα μπορούν και διαφοροποιούνται κατά τη διάρκεια χρήσης τους ώστε να προσαρμόζονται στις απαιτήσεις των χρηστών και να γίνονται περισσότερο αποδοτικά.

Στα πιο αντιπροσωπευτικά ανήκουν το InterBook (Brusilovsky et al., 1998) το οποίο εστιάζει στην παροχή προσαρμοστικής πλοήγησης σε συστήματα ηλεκτρονικής μάθησης και συγκεκριμένα σε τεχνικές σήμανσης υπερσυνδέσμων, ενώ το AHA! (adaptive hypermedia architecture) χρησιμοποιεί την τεχνική απόκρυψης υπερσυνδέσμων (De Bra & Calvi, 1998). Το NetCoach (Weber & Kuhl, 2001) προέκυψε από το ELM-ART που ήταν ένα από τα πρώτα προσαρμοστικά εκπαιδευτικά συστήματα βασισμένα στο web (Weber & Specht, 1997), επιτρέπει στους συγγραφείς να δημιουργούν προσαρμοστικά μαθήματα χωρίς να απαιτούνται από αυτούς προγραμματιστικές γνώσεις. Το WebPersonalizer (Mobasher et al., 2000) είναι ένα σύστημα πιο γενικού σκοπού το οποίο παρέχει μια λίστα από προτεινόμενους υπερσυνδέσμους στο χρήστη καθώς αυτός πλοηγείται στο website. Τέλος, το INSPIRE (intelligent system for personalized instruction in a remote environment) δημιουργεί μαθήματα με δυναμικό τρόπο τα οποία καλύπτουν σταδιακά το γνωστικό στόχο που έχει επιλέξει ο εκπαιδευόμενος ακολουθώντας το γνωστικό του επίπεδο, το στυλ μάθησής του αλλά και την εξέλιξή του (Papanikolaou et al., 2003)

Ένα από τα ανοικτά προβλήματα της περιοχής σχετίζεται με το πώς θα συνδυαστούν οι κατάλληλες πηγές στοιχείων, θα βρεθούν οι σωστές και χρήσιμες πληροφορίες κάθε φορά και θα γίνει κατανοητή η συμπεριφορά του χρήστη, ώστε να υποστηριχθεί μια ικανοποιητική και εξατομικευμένη ηλεκτρονική μάθηση. Ένα νέο αλλά ελπιδοφόρο πεδίο ερευνητικής δραστηριότητας που θα μπορούσε να εκπληρώσει τα παραπάνω είναι αυτό της **εξόρυξης γνώσης από το web** ή αλλιώς **web mining**. Web mining είναι η εφαρμογή των τεχνικών εξόρυξης δεδομένων (data mining) σε αρχεία του web προκειμένου να βρεθούν χρήσιμα πρότυπα χρηστών αλλά και συμπεριφορών τους (Eirinaki & Vazirgiannis, 2003). Σαν όρος πρωτοεμφανίστηκε στην εργασία (Etzioni, 1996) και χωρίζεται σε τρεις βασικές κατηγορίες: **web content mining**, **web structure mining** και **web usage mining**. Η πρώτη κατηγορία αφορά στην εξόρυξη χρήσιμης γνώσης από το περιεχόμενο των ιστοσελίδων ενός website. Η δεύτερη κατηγορία αφορά στην εφαρμογή data mining τεχνικών στη δομή του website. Τέλος, η τρίτη κατηγορία εστιάζει στην ανάλυση των log files του εξυπηρετητή (server) καθώς και άλλων πηγών δεδομένων αναφορικά με τις αλληλεπιδράσεις των χρηστών με το website (Kosala & Blockeel, 2000), (Mandria et al., 1999).

Λαμβάνοντας υπόψη αυτόν τον ορισμό, η εφαρμογή του web mining στην ηλεκτρονική μάθηση αφορά:

- στη **συλλογή πληροφοριών για το χρήστη** (στόχοι, γνωστικό επίπεδο, προτιμήσεις, ενδιαφέροντα) καθώς και άλλων πρόσθετων δεδομένων που αφορούν το περιβάλλον χρήσης (υλικό, λογισμικό, σύνδεση, εκδόσεις), τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για τη **δημιουργία και ενημέρωση του προφίλ του**,

- στην **ανάλυση της συμπεριφοράς του χρήστη** με βάση τεχνικές όπως κανόνες συσχέτισης (association rules), ομαδοποίηση (clustering), κατηγοριοποίηση (classification), ανακάλυψη προτύπων (patterns discovery),
- στην **εξαγωγή συμπερασμάτων**,
- και τέλος στην **παραγωγή εξατομικευμένων διεπαφών χρήσης**.

Παραδείγματα τέτοιων εξατομικευμένων αλληλεπιδράσεων των εκπαιδευόμενων με μια εφαρμογή ηλεκτρονικής μάθησης (Brusilovsky, 2001), (Markellou et al., 2004) θα μπορούσαν να είναι τα ακόλουθα: ένας χρήστης επιθυμεί περισσότερο οπτικό υλικό από ότι κείμενο ενώ κάποιος άλλος το αντίστροφο ή ένας χρήστης θέλει πρώτα να ολοκληρώσει μια ενότητα και μετά να προχωρήσει σε άλλες, ή προτείνεται σε ένα χρήστη να λύσει μια άσκηση μετά τη μελέτη μιας συγκεκριμένης ενότητας την οποία συνήθως λύνουν οι χρήστες που έχουν παρακολουθήσει την ίδια ενότητα. Επίσης θα μπορούσαν να αφορούν στο πλάνο μελέτης, σε προτάσεις για περαιτέρω μελέτη, σε σχετικούς υπερσυνδέσμους, στην εμφάνιση ή απόκρυψη υπερσυνδέσμων, κλπ. Για να επιτευχθούν τα ανωτέρω, τη βάση αποτελεί ένα καλό **μοντέλο χρηστών (user modeling)**, στο οποίο φυλάσσονται πάντα ενημερωμένες πληροφορίες για αυτούς δεδομένου ότι οι χρήστες δεν είναι στατικοί και αλλάζουν χαρακτηριστικά και συμπεριφορά με την πάροδο του χρόνου (Cooley et al., 1999), (Mobasher et al., 2002).

3. Η Διαδικασία Εξατομίκευσης στην Ηλεκτρονική Μάθηση

Το πρώτο στάδιο σε μια διαδικασία εξόρυξης γνώσης από δεδομένα web είναι η **συλλογή δεδομένων**, ή αλλιώς η καταγραφή και καταχώρηση πληροφοριών που αφορούν τους χρήστες. Η συλλογή των δεδομένων αποτελεί τη βάση της διαδικασίας εξόρυξης γνώσης αφού τα τελικά αποτελέσματα εξαρτώνται τόσο από τη **διαθεσιμότητα** των στοιχείων όσο και από την **ποιότητά** τους. Υπάρχουν πολλοί τρόποι για να συλλεχθούν στοιχεία για τους χρήστες μιας εφαρμογής στο web. Τα στοιχεία αυτά μπορούν να παρασχεθούν είτε **ρητά** (ζητώντας τα από το χρήστη), είτε **έμμεσα** (καταγράφοντας τη συμπεριφορά και ακολουθώντας τα «ίχνη» του στο μονοπάτι πλοήγησης που επιλέγει). Πιο συγκεκριμένα, τα στοιχεία που συγκεντρώνονται για τους χρήστες περιλαμβάνουν:

- **Δεδομένα που εισάγουν ρητά οι χρήστες.**
 - **Πληροφορίες προφίλ.** Ο χρήστης εισάγει ρητά στο σύστημα δεδομένα σχετικά με δημογραφικά στοιχεία που τον αφορούν, καθώς και πληροφορίες για το εκπαιδευτικό του υπόβαθρο, τις δεξιότητές του, τις ανάγκες και τις προτιμήσεις του αναφορικά με τη χρήση του συστήματος ή τα περιεχόμενα και τη δομή της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Τα δεδομένα αυτής της κατηγορίας συγκεντρώνονται συνήθως χρησιμοποιώντας ένα ηλεκτρονικό ερωτηματολόγιο το οποίο εμφανίζεται σε κάποιο στάδιο της διαδικασίας εγγραφής του χρήστη στο σύστημα και αποτελεί την προσωπική του καρτέλα (ή εγγραφή/record). Είναι σκόπιμο, οι χρήστες να έχουν δυνατότητα πρόσβασης στα στοιχεία αυτά καθώς και επεξεργασίας τους ώστε να είναι συνεχώς ενημερωμένο το σύστημα και να μπορεί να παίρνει τις κατάλληλες αποφάσεις κατά τη διαδικασία της εξατομίκευσης. Μέρος του προφίλ αποτελούν και τα δεδομένα που εισάγει ο χρήστης κατά τη διαδικασία πιστοποίησής του κάθε φορά που θέλει να μπει στο σύστημα, δηλαδή το όνομα και τον κωδικό πρόσβασης. Με αυτόν τον τρόπο αναγνωρίζεται μονοσήμαντα, καταγράφεται η συμπεριφορά του και το ιστορικό του στο σύστημα και ενημερώνεται το προφίλ του ώστε να εφαρμοστούν με μεγαλύτερη ακρίβεια οι τεχνικές εξατομίκευσης.
 - **Δεδομένα αξιολόγησης του συστήματος.** Σε ορισμένα συστήματα ηλεκτρονικής μάθησης σε περιβάλλον web που υποστηρίζουν εξατομίκευση, στα δεδομένα που εισάγουν οι χρήστες περιλαμβάνονται και αξιολογήσεις τους για την εκπαιδευτική διαδικασία που εφαρμόζεται στο σύστημα ή για επιμέρους συστατικά της. Η μορφή τους μπορεί να είναι βαθμολόγηση σε κλίμακα Likert ή σχόλια ελεύθερου κειμένου σε forums και bulletin boards τους συστήματος (στην τελευταία περίπτωση, οι πληροφορίες δεν είναι άμεσα χρησιμοποιήσιμες από το σύστημα και απαιτείται η παρέμβαση του ανθρώπινου παράγοντα ώστε να εξαχθούν ποιοτικά συμπεράσματα).
- **Δεδομένα που συγκεντρώνει το σύστημα για το χρήστη.**
 - **Αρχεία log.** Στα αρχεία αυτά, τα οποία κρατούνται στους εξυπηρετητές, καταγράφονται λεπτομέρειες που αφορούν κάθε αίτηση για εξυπηρέτηση όλων των ιστοσελίδων που βρίσκονται αποθηκευμένες στο συγκεκριμένο εξυπηρετητή. Πιο

συγκεκριμένα ένα αρχείο log περιέχει (Luotonen, 1995) τη διεύθυνση IP του χρήστη, τη χρονική στιγμή που παρέλαβε την αίτηση για μια συγκεκριμένη ιστοσελίδα, τη διάρκεια παραμονής του σε αυτή, το URL της ιστοσελίδας από όπου πραγματοποιήθηκε η αίτηση, και ένα σύνολο από επιπλέον στοιχεία που ενδέχεται να είναι εξίσου χρήσιμα ανάλογα με το σχεδιασμό των αλγορίθμων εξατομίκευσης που θα εφαρμοστούν. Στην εικόνα 1 παρουσιάζεται απόσπασμα ενός αρχείου log όπως καταγράφηκε από τον εξυπηρετητή στον οποίο είναι εγκατεστημένο το πιλοτικό σύστημα.

- **Cookies.** Τα αρχεία αυτά (η χρήση των οποίων συχνά συνδυάζεται με τα αρχεία log) είναι δυνατό να περιέχουν ποικίλες πληροφορίες, συμπεριλαμβανομένων των σελίδων που ο χρήστης έχει επισκεφθεί, των κωδικών πρόσβασης που έχει εισαγάγει, κλπ. Ένα cookie αποθηκεύει τις πληροφορίες στον τοπικό δίσκο του χρήστη (κάτι που συνήθως συμβαίνει την πρώτη φορά που ζητάει εξυπηρέτηση ο χρήστης) και εκεί έχει πρόσβαση ο εξυπηρετητής σε κάθε μελλοντική αίτηση για εξυπηρέτηση που θα παραλάβει από το συγκεκριμένο χρήστη, επιτρέποντας με αυτό το «διαφανή» τρόπο την αυτόματη αναγνώριση του χρήστη από το σύστημα. Αξίζει όμως να σημειωθεί ότι είναι εύκολο οι χρήστες να απενεργοποιήσουν τα cookies από αντίστοιχη ρύθμιση του browser (φυλλομετρητή).

```
10:08:31 150.140.142.30 - GET /elearning/index.asp 200 16 Mozilla/4.0+(compatible;+MSIE+5.01;+windows+NT+5.0)
10:08:31 150.140.142.30 - GET /elearning/styles/cuglobals.css 200 93 Mozilla/4.0+(compatible;+MSIE+5.01;+windows+NT+5.0)
10:08:31 150.140.142.30 - GET /elearning/scripts/cuglobals.js 200 78 Mozilla/4.0+(compatible;+MSIE+5.01;+windows+NT+5.0)
10:08:31 150.140.142.30 - GET /elearning/images/bg_training.gif 200 0 Mozilla/4.0+(compatible;+MSIE+5.01;+windows+NT+5.0)
10:08:31 150.140.142.30 - GET /elearning/images/spacer.gif 404 0 Mozilla/4.0+(compatible;+MSIE+5.01;+windows+NT+5.0)
10:08:31 150.140.142.30 - GET /elearning/images/osyl1.gif 200 32 Mozilla/4.0+(compatible;+MSIE+5.01;+windows+NT+5.0)
10:08:31 150.140.142.30 - GET /elearning/images/matchma.gif 200 15 Mozilla/4.0+(compatible;+MSIE+5.01;+windows+NT+5.0)
10:08:31 150.140.142.30 - GET /elearning/images/spacer.gif 404 0 Mozilla/4.0+(compatible;+MSIE+5.01;+windows+NT+5.0)
10:08:31 150.140.142.30 - GET /elearning/images/header_sbt_c_2.gif 200 31 Mozilla/4.0+(compatible;+MSIE+5.01;+windows+NT+5.0)
10:08:31 150.140.142.30 - GET /elearning/images/line.gif 200 0 Mozilla/4.0+(compatible;+MSIE+5.01;+windows+NT+5.0)
10:08:31 150.140.142.30 - GET /elearning/images/epilogos.gif 200 15 Mozilla/4.0+(compatible;+MSIE+5.01;+windows+NT+5.0)
10:08:31 150.140.142.30 - GET /elearning/images/cmos.jpg 200 15 Mozilla/4.0+(compatible;+MSIE+5.01;+windows+NT+5.0)
10:08:31 150.140.142.30 - GET /elearning/images/lpt.gif 404 0 Mozilla/4.0+(compatible;+MSIE+5.01;+windows+NT+5.0)
10:08:31 150.140.142.30 - GET /elearning/images/arrow_link_sm.gif 200 0 Mozilla/4.0+(compatible;+MSIE+5.01;+windows+NT+5.0)
10:08:31 150.140.142.30 - GET /elearning/images/vertdot.gif 200 141 Mozilla/4.0+(compatible;+MSIE+5.01;+windows+NT+5.0)
10:08:43 150.140.142.21 - GET /elearning/302 0 Mozilla/4.0+(compatible;+MSIE+5.01;+windows+NT+5.0)
10:08:43 150.140.142.21 - GET /elearning/index.asp 200 16 Mozilla/4.0+(compatible;+MSIE+5.01;+windows+NT+5.0)
```

Εικόνα 1: Παράδειγμα log file.

Μετά την ολοκλήρωση της συλλογής, ακολουθεί η φάση του **καθαρισμού των δεδομένων** κατά την οποία αφαιρούνται όλες οι περιττές πληροφορίες ώστε στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν τα «καθαρά» δεδομένα για την κατασκευή ή την ενημέρωση των προφίλ των χρηστών. Το προφίλ κάθε χρήστη αναπαριστάται εσωτερικά με βάση κάποιο μοντέλο το οποίο επιλέγεται κατάλληλα ώστε να επιτρέψει την αποδοτικότερη εφαρμογή των κανόνων εξόρυξης γνώσης που θα χρησιμοποιηθούν σε τελικό στάδιο για την εξατομίκευση της ηλεκτρονικής μαθησιακής εμπειρίας (η διαδικασία καθορισμού του μοντέλου αυτού είναι γνωστή σαν **user modeling**). Τα προφίλ περιέχουν το σύνολο των πληροφοριών που έχουν συλλεχθεί για κάθε χρήστη και κρατούνται σε μια βάση δεδομένων (βλέπε εικόνα 2), η οποία και ενημερώνεται συνεχώς με τις νέες πληροφορίες που καταγράφονται κατά την παρακολούθηση των ενεργειών κάθε χρήστη στο σύστημα.

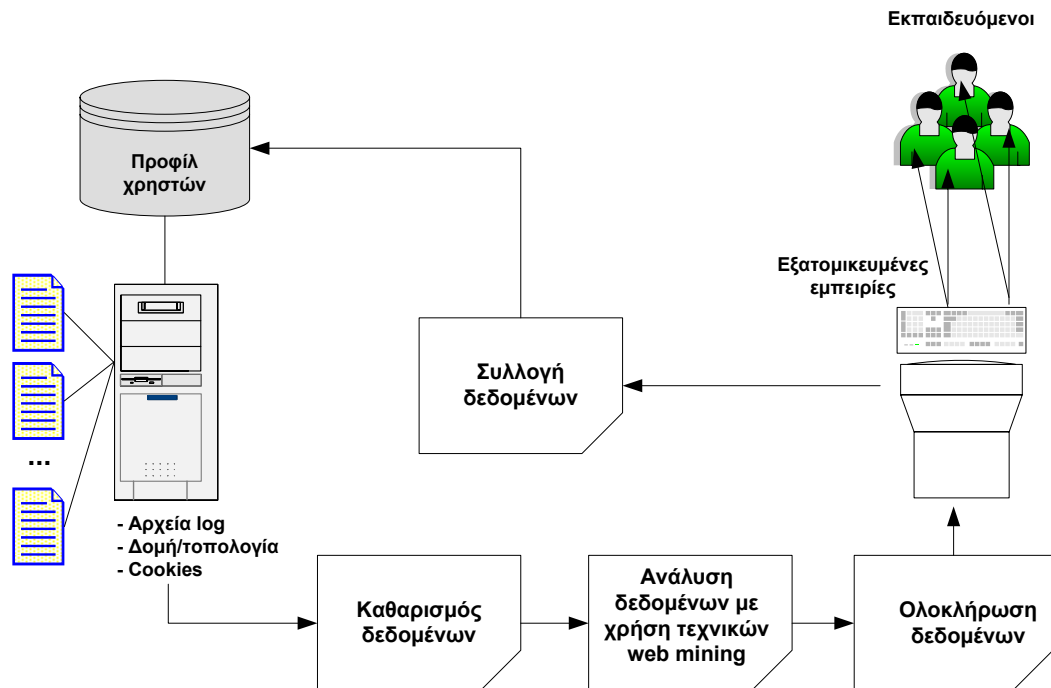
Μετά από τη φάση συλλογής των δεδομένων και καθαρισμού τους, ακολουθεί η περαιτέρω επεξεργασία τους προκειμένου να εντοπιστούν **πρότυπα ή μοτίβα (patterns)** συμπεριφορών. Έτσι, το επόμενο βήμα είναι η **ανάλυση** των διαθέσιμων στοιχείων και η **εφαρμογή τεχνικών web mining**. Στις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες τεχνικές περιλαμβάνονται οι:

- **Κατηγοριοποίηση (classification).** Εφαρμόζεται στο σύνολο των δεδομένων ώστε να εξαχθούν οι κλάσεις των χρηστών με βάση **προαποφασισμένες ετικέτες (class labels)**. Για παράδειγμα, έστω ότι θέλουμε να δημιουργήσουμε τις κλάσεις των χρηστών που παρακολουθούν τη θεματική ενότητα Microsoft Excel. Με τη βοήθεια **δένδρων αποφάσεων (decision trees)** μπορούμε να βρούμε ότι το προφίλ αυτών των χρηστών είναι: άτομα ηλικίας μικρότερης των 30 ετών, ανύπαντρα και χωρίς παιδιά, απόφοιτοι τριτοβάθμιας εκπαίδευσης που χρησιμοποιούν ηλεκτρονικό υπολογιστή στην εργασία τους. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν αργότερα για να προτείνουμε συγκεκριμένο εκπαιδευτικό πλάνο σε κάθε χρήστη. Η κατηγοριοποίηση ανήκει στις **προγνωστικές τεχνικές (predictive web mining)**.
- **Ομαδοποίηση (clustering).** Η λογική της τεχνικής είναι ο διαχωρισμός των χρηστών σε ομάδες με βάση το ότι χρήστες που ανήκουν στην ίδια ομάδα είναι όσο το δυνατόν περισσότερο όμοιοι, ενώ χρήστες διαφορετικών ομάδων είναι όσο το δυνατόν πιο διαφορετικοί. Η ομοιότητα μετριέται χρησιμοποιώντας μια **συνάρτηση ομοιότητας (similarity function)** που εφαρμόζεται

στα προφίλ των χρηστών. Αφού δημιουργηθούν οι ομάδες, είναι στη συνέχεια δυνατό να τους αποδοθούν ετικέτες ανάλογα με το είδος της κάθε ομάδας και να χρησιμοποιηθούν οι ετικέτες αυτές σα βάση για την εφαρμογή κατηγοριοποίησης (με αυτό τον τρόπο χρησιμοποιούμε την ομαδοποίηση σαν ένα αρχικό βοηθητικό στάδιο πριν εφαρμόσουμε κατηγοριοποίηση, στις περιπτώσεις που δεν είναι εύκολο να προκαθορίσουμε τις κλάσεις).

- **Κανόνες συσχέτισης (association rules).** Χρησιμοποιούνται για να εντοπίσουν ομοιότητες μεταξύ διαφορετικών τύπων δεδομένων και να επιτευχθεί καλύτερη κατανόηση της συμπεριφοράς των χρηστών. Οι κανόνες αυτοί συνδέουν ένα ή περισσότερα (αρχικά μη συσχετιζόμενα) γεγονότα και ανακαλύπτουν σχέσεις που δεν μπορούν (εύκολα) να προβλεφθούν. Για παράδειγμα, στο πιλοτικό σύστημα ένας κανόνας συσχέτισης θα μπορούσε να είναι ότι το «20% των χρηστών που μελετούν το μάθημα Microsoft Windows 2000 επιλέγουν στη συνέχεια να μελετήσουν το μάθημα Microsoft Word 2000», ή ότι το «50% των χρηστών που επισκέφθηκαν τις σελίδες της βοήθειας ανήκουν στην ηλικιακή ομάδα 25-30».

Τα συμπεράσματα και η γνώση που εξορύσσεται με βάση μια ή περισσότερες από τις παραπάνω τεχνικές χρησιμοποιούνται σαν είσοδος στην επόμενη φάση της διαδικασίας εξατομίκευσης που είναι γνωστή σαν **ολοκλήρωση δεδομένων**, καθώς συνδυάζει το σύνολο των πληροφοριών που είτε συλλέχθηκαν είτε παράχθηκαν στην πορεία. Ανάλογα με την κατά περίπτωση τεχνική (ή τις τεχνικές) εξατομίκευσης που εφαρμόζει ένα σύστημα ηλεκτρονικής μάθησης, ενδέχεται να χρησιμοποιεί σαν είσοδο και πληροφορίες που σχετίζονται με τη δομή και την τοπολογία του εκπαιδευτικού υλικού, το ακριβές περιεχόμενο ή το σκοπό μιας ιστοσελίδας, το πάτημα κάποιου κουμπιού, την επιλογή κάποιου συγκεκριμένου συνδέσμου, το χρόνο παραμονής σε μια ιστοσελίδα, και γενικότερα δεδομένα που σχετίζονται με τη συμπεριφορά των χρηστών σε επίπεδο ακολουθίας κλικ (clickstream) σε συνδυασμό όμως με τη σημασιολογία κάθε ενέργειας στα πλαίσια του συγκεκριμένου συστήματος. Σε αυτές τις περιπτώσεις, εκτός από το λογικό επακόλουθο της αύξησης της πολυπλοκότητας του συστήματος, όσο και των απαιτήσεών του σε πόρους, για την εξαγωγή συμπερασμάτων, είναι απαραίτητη η συμβολή εκπαιδευτών οι οποίοι μπορούν να αντιληφθούν και να επεξηγήσουν τη μαθησιακή συμπεριφορά των χρηστών και να προτείνουν το είδος κατάλληλης εξατομικευμένης προσαρμογής.



Εικόνα 2: Διαδικασία εξόρυξης γνώσης.

Στη συνέχεια περνάμε στην τελική φάση στην οποία παράγουμε για κάθε χρήστη μια διαφορετική **εξατομικευμένη εμπειρία μάθησης** με βάση τις συγκεκριμένες προτιμήσεις και τις ανάγκες του, ώστε κάθε φορά που επιστρέφει ο χρήστης στο σύστημα, αυτό να προσαρμόζεται κατά το δυνατό στο δικό του προφίλ. Αυτό το γεγονός αυξάνει τη φιλικότητα του συστήματος προς το χρήστη κάνοντας την εκπαιδευτική διαδικασία αποδοτικότερη και διευκολύνοντας την απόκτηση νέων δεξιοτήτων, παρέχει αμεσότητα στην αλληλεπίδραση, αυξάνει την εμπιστοσύνη των χρηστών προς το σύστημα και βελτιώνει τη συνολική εμπειρία της ηλεκτρονικής μάθησης. Ενδεικτικές προσαρμογές που μπορούν να πραγματοποιηθούν σε ένα σύστημα ηλεκτρονικής μάθησης ώστε να επιτευχθεί εξατομίκευση περιλαμβάνουν:

- Διαφοροποιήσεις στο **εκπαιδευτικό περιεχόμενο**: εισαγωγή/αφαίρεση θεματικών ενοτήτων, τμημάτων, ή παραγράφων, προαιρετικές εξηγήσεις ή αναλυτικές πληροφορίες, εξατομικευμένες συστάσεις για μελέτη άλλων θεματικών ενοτήτων.
- Διαφοροποιήσεις στη **δομή** του εκπαιδευτικού υλικού: τρόπος ταξινόμησης, κρύψιμο, προσθήκη, αφαίρεση ή σήμανση υπερσυνδέσμων.
- Διαφοροποιήσεις στον **τρόπο παρουσίασης** του εκπαιδευτικού περιεχομένου: με περισσότερες ή λιγότερες εικόνες, με ή χωρίς ήχο, με ή χωρίς βίντεο, με μεγαλύτερη ή μικρότερη γραμματοσειρά, χρωματισμένο κείμενο ή όχι.

Η εικόνα 2 αναπαριστά τη συνολική διαδικασία εξατομίκευσης με χρήση τεχνικών web mining.

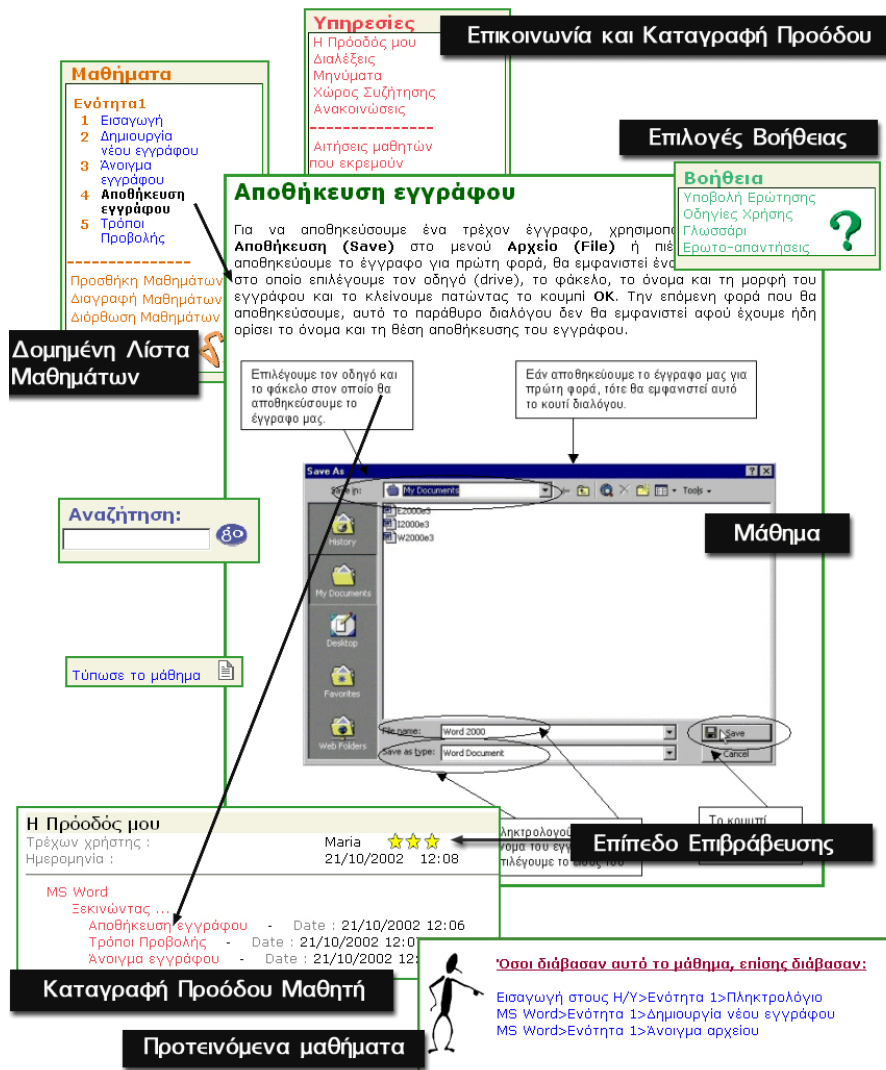
4. Πιλοτικό Σύστημα Ηλεκτρονικής Μάθησης με Δυνατότητες Εξατομίκευσης

Το πιλοτικό σύστημα που αναπτύχθηκε για την πρακτική εφαρμογή των δυνατοτήτων εξατομίκευσης σε περιβάλλον μάθησης μέσω του web παρέχει προς το παρόν 8 μαθήματα που απευθύνονται σε αρχάριους χρήστες (Συρμακέσης et al., 2003). Το σύστημα υποστηρίζει 3 διακριτές διαμορφώσεις του περιβάλλοντος χρήσης που αντιστοιχούν σε μαθητές, διδάσκοντες και διαχειριστές. Νέα μαθήματα μπορούν να προστεθούν και να δομηθούν μέσω ενός απλού περιβάλλοντος web που επίσης επιτρέπει διαχείριση λογαριασμών, καθορισμό αλληλοσυσχετίσεων ανάμεσα σε θεματικά μαθημάτων (που σε επόμενο στάδιο παράγουν συστάσεις) και ένα σύνολο από άλλες άμεσες ή έμμεσες προσαρμογές.

Κατά το σχεδιασμό και την υλοποίηση του πιλοτικού ακολουθήθηκε η αρθρωτή προσέγγιση η οποία εξασφαλίζει την αποδοτικότητα, την ευελιξία, και την επεκτασιμότητά της εφαρμογής σε μελλοντικές αλλαγές, βελτιώσεις ή προσθήκες (π.χ. εναλλακτικές τεχνικές ανάλυσης των δεδομένων). Το σύστημα μπορεί να χειριστεί δυναμικά όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες, σχετικά με τους χρήστες ή τις ομάδες χρηστών, το περιεχόμενο του διαθέσιμου εκπαιδευτικού υλικού, τη δομή του, κλπ. Η εφαρμογή είναι προσβάσιμη μέσω του web ή/και ενός ενδοδικτύου (intranet), ενώ η παρεχόμενη λειτουργικότητα μπορεί να συνοψιστεί στα παρακάτω:

- Εξατομικευμένη μάθηση για κάθε εκπαιδευόμενο αφού μπορεί να επιλέξει τις πληροφορίες από τις προσαρμοσμένες σελίδες με βάση την εργασία, τους στόχους, το εκπαιδευτικό υπόβαθρο, την εμπειρία, τα ενδιαφέροντα, τις προτιμήσεις του, κλπ.
- Συνεργατική μάθηση αφού επιτρέπει τη σύνδεση-επικοινωνία με άλλους εκπαιδευόμενους-συναδέλφους, εκπαιδευτές, ή εμπειρογνώμονες.
- Διαχείριση και επίβλεψη μαθημάτων, ασκήσεων αξιολόγησης, τεστ.
- Διαχείριση χρηστών, πιστοποίηση ταυτότητας χρηστών, χρήστες με συγκεκριμένους ρόλους όπως εκπαιδευτικός, εκπαιδευόμενος, αξιολογητής.
- Δημιουργία και τροποποίηση των προφίλ των χρηστών.
- Συστάσεις προς τους χρήστες σχετικά με την καταλληλότερη ανά περίπτωση ακολουθία των διδακτικών ενοτήτων.
- Παροχή υποστήριξης με τη μορφή βοήθειας, συχνών ερωτήσεων (FAQ), forum, chat, bulletin board.
- Απόδοση επιβράβευσης σε κάθε μαθητή με βάση το βαθμό δραστηριοποίησής του στο σύστημα (ο βαθμός υπολογίζεται με μια συνάρτηση που καθορίζεται από τους διδάσκοντες και ο αριθμός αστεριών που προκύπτει εμφανίζεται δίπλα στο αναγνωριστικό όνομα κάθε μαθητή).

Στην εικόνα 3 παρουσιάζονται στιγμιότυπα με επιλεγμένες λειτουργικότητες από το περιβάλλον αλληλεπίδρασης στη μορφή που εμφανίζονται στον τελικό χρήστη του συστήματος.



Εικόνα 3: Εξατομικευμένη εκπαιδευτική εμπειρία.

5. Δυνατότητες και Περιορισμοί

Η ενσωμάτωση εξατομίκευσης στα συστήματα ηλεκτρονικής μάθησης σε περιβάλλον web ανοίγει ένα ευρύ φάσμα νέων δυνατοτήτων και προοπτικών. Πέρα από τα κατεξοχήν πλεονεκτήματα που προσφέρει η ηλεκτρονική μάθηση σε περιβάλλον web (όπως δυναμική διαμόρφωση των μαθημάτων με δυνατότητα άμεσης ενημέρωσης, ποικιλία πληροφοριών, συνδέσεων, case studies και επιπρόσθετου ενημερωτικού υλικού σε πληθώρα μορφών, επαναχρησιμοποιήσιμο εκπαιδευτικό περιεχόμενο και απομακρυσμένη πρόσβαση μέσω ενός απλού φυλλομετρητή), η χρήση εξατομίκευσης μπορεί να κάνει τη συνολική μαθησιακή εμπειρία πιο γρήγορη, πιο ευχάριστη, πιο αποδοτική και τελικά πιο ικανοποιητική για τους χρήστες. Ο βασικός στόχος τέτοιων συστημάτων μάθησης δεν είναι απλά να εξυπηρετήσουν όσο το δυνατό ευρύτερο φάσμα αναγκών με έναν ενιαίο τρόπο για όλους τους χρήστες, αλλά να φροντίσουν να ικανοποιήσουν με τον καλύτερο τρόπο κάθε χρήστη (ή ομάδα χρηστών) ξεχωριστά, περιορίζοντας τον πληροφοριακό φόρτο.

Παρά τις προβλεπόμενες προοπτικές της εξατομίκευσης και ενώ τεχνολογικά η περιοχή είναι ώριμη και ήδη πολλές εφαρμογές στο web (κυρίως ηλεκτρονικού εμπορίου) χρησιμοποιούν τέτοιες δυνατότητες, υπάρχει ένας σύνολο θεμάτων που εκκρεμούν και απασχολούν τους επιστήμονες του χώρου. Πιο συγκεκριμένα, ένα πρώτο βασικό ζήτημα προκύπτει από το γεγονός ότι η εξατομίκευση στηρίζεται στην

αυτόματη εφαρμογή ενός συνόλου προσαρμογών στις ιστοσελίδες μιας εφαρμογής web πριν αυτές αποσταλούν στους χρήστες ώστε να ικανοποιούν τις ατομικές τους ανάγκες, προτιμήσεις και δεξιότητες. Αυτό όμως δίνει στο σύστημα αυξημένο βαθμό ελευθερίας και περιθώρια πρωτοβουλίας και **απομακρύνει τον έλεγχο από το χρήστη**, γεγονός που έρχεται σε αντίθεση με μια από τις βασικές αρχές της αλληλεπίδρασης ανθρώπου-υπολογιστή που υπαγορεύει ότι ο χρήστης πρέπει ανά πάσα στιγμή να νιώθει ότι έχει τον έλεγχο της εφαρμογής και ότι η εφαρμογή συμπεριφέρεται με τρόπο προβλέψιμο και ελεγχόμενο.

Ένα άλλο θέμα που πρέπει να επιλυθεί αφορά στα περιορισμένα στοιχεία που είναι διαθέσιμα για τους χρήστες και προκύπτει από το ότι οι χρήστες του web είναι αρνητικοί στο να αποκαλύψουν προσωπικά στοιχεία καθώς ανησυχούν για το κατά πόσο κάτι τέτοιο είναι ασφαλές ή αν **παραβιάζεται το δικαίωμά τους στο ιδιωτικό απόρρητο**. Η επιφυλακτικότητα αυτή είναι δικαιολογημένη λόγω του ότι τα συστήματα που στηρίζουν την εξατομίκευση με τεχνικές web mining καταγράφουν αναλυτικά όλες τις ενέργειες των χρηστών, πολλές φορές χωρίς να τους ενημερώνουν ή να τους ζητούν την άδεια.

Τέλος, σημαντική παράμετρος που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά το σχεδιασμό και την υλοποίηση τεχνικών εξατομίκευσης σε εφαρμογές web είναι το ότι η **απόκρισή τους θα πρέπει να είναι σε πραγματικό χρόνο**. Σε πολλές περιπτώσεις το trade-off που μπορεί να περιορίσει αυτή την απαίτηση, είναι το μέρος της διαδικασίας που σχετίζεται με τον καθαρισμό των δεδομένων και την ανάλυσή τους να πραγματοποιείται off-line σε τακτά χρονικά διαστήματα και το σύστημα να ενσωματώνει τα νέα στοιχεία στη διαδικασία λήψης αποφάσεων για προσαρμογές (φάση «ολοκλήρωση δεδομένων» στην εικόνα 2) σε περίοδοι μειωμένου φόρτου.

6. Συμπεράσματα και Μελλοντική Έρευνα

Οι εφαρμογές ηλεκτρονικής μάθησης παρουσιάζουν μια ταχεία ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια, καθώς το διαδίκτυο εισχωρεί σταδιακά σε όλο και περισσότερες πτυχές της καθημερινής ζωής μας. Ειδικότερα οι επιχειρήσεις θέλουν να εκμεταλλευθούν τις ευκαιρίες που τους ανοίγονται από το νέο αυτό μέσο, παρέχοντας στους υπαλλήλους τους την ευκαιρία να παρακολουθήσουν μαθήματα στο web και να ωφεληθούν από τη δια βίου μάθηση. Για να επιτευχθεί όμως μια όσο το δυνατό αποδοτικότερη και ελκυστικότερη μαθησιακή εμπειρία είναι σημαντικό τα συστήματα ηλεκτρονικής μάθησης να ενσωματώνουν χαρακτηριστικά εξατομίκευσης. Η παρούσα εργασία περιέγραψε τον τρόπο με τον οποίο μπορούμε να εκμεταλλευτούμε τις πληροφορίες που αποθηκεύονται στα προφίλ των εκπαιδευομένων-χρηστών, εφαρμόζοντας τεχνικές web mining με στόχο την ανάλυση και την κατανόηση της συμπεριφορά τους. Στη συνέχεια το εκπαιδευτικό περιεχόμενο αλλά και ο τρόπος παρουσίασής του εξατομικεύεται σε κάθε χρήστη. Το αποτέλεσμα είναι μια πιο ενδιαφέρουσα, αποδοτικότερη και ικανοποιητικότερη εκπαιδευτική εμπειρία.

Στην τρέχουσα φάση αξιολογείται το προτεινόμενο σύστημα ηλεκτρονικής μάθησης ως προς την αποτελεσματικότητα των παραγόμενων εξατομικευμένων προσαρμογών σε σχέση με τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται για αυτό το σκοπό. Στόχος είναι η βελτίωση και η ολοκλήρωση του συστήματος με βάση τα συμπεράσματα που θα προκύψουν. Στο μέλλον, υπάρχουν σκέψεις επέκτασης του συστήματος με πρόσθετες λειτουργίες αλλά και ανάπτυξης νέων σειρών μαθημάτων ώστε να επιτευχθεί μια όσο το δυνατόν πιο ενθαρρυνόμενη, ολοκληρωμένη και αποδοτική εκπαίδευση. Επίσης ένα θέμα που πρέπει να λυθεί ώστε να έχουμε καλύτερα αποτελέσματα, αφορά στα περιορισμένα στοιχεία που είναι διαθέσιμα για τους χρήστες. Τέλος, μια ιδέα για περαιτέρω εργασία σχετίζεται με το να χρησιμοποιούνται σα δεδομένα για το χρήστη και οι φυσικές του δεξιότητες/περιορισμοί ώστε να στηρίζεται η διαδικασία προσαρμογών και σε αυτές. Για παράδειγμα, το εκπαιδευτικό κείμενο να μετατρέπεται σε αφήγηση όταν το άτομο έχει πρόβλημα όρασης.

7. Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Blom, J. (2000). Personalization - A Taxonomy. Proceedings of the CHI 2000 Workshop on Designing Interactive Systems for 1-to-1 Ecommerce. New York, ACM Press, 313-314.
- Brusilovsky, P. (1996). Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia. User Modeling and User Adapted Interaction, 6, 2/3, 87-129.

- Brusilovsky, P. (1998). Adaptive Educational Systems on the World-Wide-Web: A Review of Available Technologies. Proceedings of Workshop WWW-Based Tutoring at Forth International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS'98), San Antonio, TX.
- Brusilovsky, P. (2001). Adaptive Hypermedia. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 11, 87-110.
- Brusilovsky, P. (2003). Developing Adaptive Educational Hypermedia Systems: From Design Models to Authoring Tools. In: T. Murray, S. Blessing and S. Ainsworth (eds.): *Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environment*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Brusilovsky, P., Eklund, J., Schwarz, E. (1998). Web-based Education for All: a Tool for Developing Adaptive Courseware. *Computer Networks and ISDN Systems*, 30, 1-7, 291-300.
- Cooley, R., Mobasher, B., Srivastava, J. (1999). Data Preparation for Mining World Wide Web Browsing Patterns. *Knowledge and Information Systems*, 1, 1, 5-32.
- De Bra, P., Calvi, L. (1998). AHA! An Open Adaptive Hypermedia Architecture. *The New Review of Hypermedia and Multimedia*, 4, 115-139.
- Eirinaki, M., Vazirgiannis, M. (2003). Web Mining for Web Personalization. *ACM Transactions on Internet Technology (TOIT)*, Feb 2003, ACM Press New York, 3, 1, 1-27.
- Etzioni, O. (1996). The World Wide Web: Quagmire or Gold Mine. *Communications of the ACM*, 39, 11, 65-88.
- Fry, K. (2001). E-learning Markets and Providers: Some Issues and Prospects. *Education and Training, Emerland*, 43, 4, 233-239.
- Kosala, R., Blockeel, H. (2000). Web Mining Research: A Survey. *SIGKDD Explorations*, 2, 1, 1-15.
- Luotonen, A. (1995). The Common Logfile Format. Logging Control in W3C httpd. Available at: <http://www.w3.org/pub/WWW/Daemon/User/Config/Logging.html>.
- Madria, S.K., Bhowmick, S.S., Ng, W.K., Lim, E.P. (1999). Research Issues in Web Data Mining. Proceedings of Data Waterhousing and Knowledge Discovery, First International Conference, DaWaK '99, 303-312.
- Markellou, P., Rigou, M., Sirmakessis, S., (2004). Mining for Web Personalization. Chapter in book "Web Mining: Applications and Techniques" (ed. Anthony Scime, State University of New York College, Brockport), Idea Group Publishing Inc., to be published in January 2004.
- Mobasher, B., Cooley, R., Srivastava, J. (2000). Automatic Personalization based on Web Usage Mining. *Communications of the ACM*, 43, 8, 142-150.
- Mobasher, B., Dai, H., Luo, T., Nakagawa M. (2002). Discovery and Evaluation of Aggregate Usage Profiles for Web Personalization. *Data Mining and Knowledge Discovery*, Kluwer Publishing, 6, 1, 61-82.
- Neumann, G., Zirvas, J. (1998). SKILL – A Scallable Internet-based Teaching and Learning System. In Proceedings of WebNet 98, World Conference on WWW, Internet and Intranet, Orlando, FL, 688-693.
- Papanikolaou, K., Grigoriadou, M., Kornilakis, H., Magoulas, G. (2003). Personalising the Interaction in a Web-based Educational Hypermedia System: the Case of INSPIRE. *User-Modeling and User-Adapted Interaction*, 13, 3, 213-267.
- Urduan, T., Weggen C., (2000). Corporate e-Learning: Exploring a New Frontier. WR Hambrecht and Co.
- Weber, G., Kuhl, H. (2001). Developing Adaptive Internet Based Courses with the Authoring System. Available at www.weibelzahl.de/literatur/weber-ah2001.pdf.
- Weber, G., Specht, M. (1997). User Modeling and Adaptive Navigation Support in WWW-based Tutoring Systems. In A. Jameson & C. Tasso (Eds.), *User Modeling: Proceedings of the Sixth International Conference, UM97*, 289-300.
- Wentling, T., Waight, C., Gallaher, J., La Fleur, J. Wang, C., Kanfer, A., (2000). E-Learning: a Review Literature. Knowledge and Learning Systems Group, National Center for Supercomputing Applications, University of Illinois.
- Zaoane, O. (2002). Building a Recommender Agent for e-Learning Systems. Proceedings of the International Conference on Computers in Education, Auckland, New Zealand, 55-59.
- Συρμακέσης, Σ., Ρήγκου, Μ., Ρήγκου, Ε., Κατσής, Μ., Τσακαλίδης, Α. (2003). Ηλεκτρονικές Κοινότητες Μάθησης: Αναγκαιότητα, Στόχοι, και Τεχνολογικές Δυνατότητες. 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο στην «Ανοικτή και εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση», Πάτρα, 28-30 Μαρτίου, 698-707.