ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Διεθνές Συνέδριο για την Ανοικτή & εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση

Τόμ. 5, Αρ. 3Β (2009)

Open and Distance Education for Global Collaboration & Educational Development

Αρχιτεκτονική εξατομίκευσης μαθησιακών μονοπατιών με σημασιολογικές μεθόδους ταιριάσματος οντολογιών κινητοποιούμενες από κανόνες μαθησιακών στυλ

Τάνια ΚΕΡΚΙΡΗ

doi: 10.12681/icodl.518

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** ΕΚΤ | **Πρόσβαση:** 06/02/2026 00:31:17

Αρχιτεκτονική εξατομίκευσης μαθησιακών μονοπατιών με σημασιολογικές μεθόδους ταιριάσματος οντολογιών κινητοποιούμενες από κανόνες μαθησιακών στυλ

Ontology matching processes steered by heuristic rules on learning style profiling of a novel architecture serving LMSs in realizing personalized learning paths

Τάνια ΚΕΡΚΙΡΗ

Μηχανικός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών και Πληροφορικής Πανεπιστημίου Πατρών
kerkiri.tania@gmail.com

Περίληψη

Τα LMSs μέχρι σήμερα έχουν πολλαπλά επωφεληθεί από τις δυνατότητες των ΤΠΕ για παροχή προσαρμοστικότητας. Ωστόσο, η παροχή προσωποποιημένων μαθησιακών μονοπατιών είναι ένα θέμα που δεν έχει διερευνηθεί επαρκώς. Οι δυνατότητες που προσφέρουν οι σημασιολογικές τεχνολογίες, όπως μεταδεδομένα και οντολογίες, στην παροχή προσωποποιημένου μονοπατιού μάθησης είναι μεγάλες. Στο άρθρο αυτό παρουσιάζεται μέρος από μια συνεχιζόμενη ερευνητική εργασία σχετικά με τα LMSs που χρησιμοποιούν σημασιολογικές τεχνολογίες. Περιγράφονται τα τμήματα της αρχιτεκτονικής ενός LMS, με τη λειτουργικότητά τους, τα οποία δημιουργούν τις οντολογίες περιγραφής των οντοτήτων των LMSs και εφαρμόζουν μεθόδους ταιριάσματος οντολογιών και εμπειρικούς κανόνες που προκύπτουν από αποτελέσματα των μοντέλων μαθησιακών στυλ για να δημιουργήσουν ένα εξατομικευμένο εκπαιδευτικό μονοπάτι. Η αρχιτεκτονική αυτή μπορεί να εφαρμοστεί ακόμα και πάνω σε υπάρχουσες δομές LMSs. Παράπλευρο, αν και εξίσου σημαντικό αποτέλεσμα, είναι η κατάλληλη περιγραφή των εκπαιδευτικών αντικειμένων σαν δομών που προβάλλουν άμεσα τις ιδιότητές τους και άρα τις δυνατότητές τους, ακόμα και τις εκπαιδευτικές, και κατά συνέπεια να συμμετάσχουν με αποδοτικό τρόπο σε μια εκπαιδευτική διαδικασία. Η χρησιμότητα της περιγραφής επιτυγχάνει την καταλληλότερη επιλογή τους σε μια αποδοτικότερη εκπαιδευτική διαδικασία και την επαναχρησιμοποίησή τους σε διάφορα μαθήματα[1] που παρέχονται μέσα από ένα LMS.

Abstract

Although, until now, LMS have greatly beneficiated through multiple channels, from ICT enhancements to provide adaptation, the rendering of personalized learning paths has not entirely been investigated. In this article we present an architecture and a personalization algorithm, which can be layerly applied even in the structures of already established LMS, and can provide personalized educational resources. This architecture is based on semantic-web technologies to describe the entities (i.e. learners and learning resources) of the LMS and on learning styles for their appropriate personalized matching. A prominent outcome of our proposal is the tactile description of the

[1] Σαν μάθημα (e-course) εννοείται η πλήρη σειρά των εκπαιδευτικών αντικειμένων που αποτελούν την διδακτέα ύλη που παρέχεται μέσα από ένα LMS.

properties of the educational resources so as they are able to highlight their educational capabilities. This promotion is significantly useful towards the learning objects' most suitable selection in an efficient educational process, as well as, their sharing among learning management platforms.

1. Εισαγωγή

Τα παραδοσιακά μοντέλα διδασκαλίας ολοένα και περισσότερο υποστηρίζουν την άμεση (face-to-face) παρακολούθηση μαθημάτων και με εναλλακτικές μορφές διδασκαλίας οι οποίες παρέχονται εξ αποστάσεως μέσα από σύγχρονα και ασύγχρονα συστήματα βασισμένα σε τεχνολογίες του ιστού. Η παροχή μάθησης με αυτή τη μικτή μορφή ονομάζεται υβριδική μάθηση (blended-learning). Η παροχή γνώσης με blended-learning μορφή βασίζεται σε πλατφόρμες οι οποίες ονομάζονται συστήματα διαχείρισης μάθησης)e-Learning Management Systems -LMSs).
Η χρήση των LMSs τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει σχεδόν "υποχρεωτική" στα πανεπιστημιακά ιδρύματα και εκπαιδευτικά ινστιτούτα, καθώς α) έχει αποδειχτεί ότι αυτά μπορούν πλέον να στηρίξουν αξιόπιστα τα προγράμματα σπουδών τους, β) αποτελούν μια πολύ οικονομική και ευέλικτη λύση για την επιμόρφωση των εκπαιδευομένων και γ) υπάρχει πλέον διαθέσιμο για αυτά πλήθος εκπαιδευτικών αντικειμένων. Η ευρεία αποδοχή τους υποστηρίζεται επίσης σε μεγάλο βαθμό από την ανάπτυξη των τεχνολογιών πληροφορικής, όπως το ευρυζωνικό Internet, τα οπτικοακουστικά μέσα, τις τεχνικές συμπίεσης εικόνας και ήχου για παραγωγή και διαμοιρασμό ηλεκτρονικού περιεχομένου, καθώς επίσης και τα διάφορα εκπαιδευτικά πρότυπα. Εκτός, αυτών των τεχνολογιών εξελίξεων όμως υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που βοηθούν στην αποδοχή τους. Τέτοιοι είναι: η ευελιξία που παρέχουν στο ακροατήριό τους στο να παρακολουθήσει τα μαθήματα από το οικείο περιβάλλον, ή στον διαθέσιμο χρόνο τους ταυτόχρονα με άλλες υποχρεώσεις των, ή η οικειότητα που δίνουν στους χρήστες τους με τις δυνατότητες που δίνουν στην εξατομίκευση της διεπαφής τους.

2. Σχετικές εργασίες και κινητήριο σενάριο

Οι Jonassen, Grabowski & Barbara (1993) επέστησαν την προσοχή στο ότι οι εεκπαιδευόμενοι, (δηλαδή οι επιμορφούμενοι μέσα από ένα ασύγχρονο περιβάλλον μάθησης με διακριτική εποπτεία από τον επιμορφωτή), είναι κυρίως ενήλικες, συνεπώς έχουν παγιωμένη προσωπικότητα (Rogers, 1999), διαφέρουν σε ικανότητες, χαρακτηριστικά, προτιμήσεις, πιθανώς στην ικανότητα πρόσληψης του ίδιου γνωστικού αντικειμένου, και, ίσως, σε ειδικές ανάγκες που μπορεί να έχουν λόγω ιδιαίτερων (αν)ικανοτήτων. Για την υποστήριξη των διαφορετικοτήτων των εκπαιδευόμενου, αλλά και για την έλξη της προσοχής και του ενδιαφέροντος του ακροατηρίου τους, τα σημερινά LMS υποστηρίζουν i) εκπαιδευτικά αντικείμενα (Learning Resources – LRs) σε ποικιλία από μορφές π.χ. docs, html, ppt παρουσιάσεις, video/audio αρχεία, διαφορετικά είδη ερωτηματολογίων κ.λπ. και ii) μια συλλογή από εργαλεία, όπως: τα σχετικά με εκτίμηση της απόδοσης (ειδικά αυτά που μπορούν να απαντηθούν με αυτοματοποιημένο τρόπο, όπως π.χ. οι πολλαπλής επιλογής), χώρους συζήτησης, χώρο-

υς άμεσης ανταλλαγής μηνυμάτων, διαμοιρασμού αρχείων, τηλεδιασκέψεις, πίνακες κοινής χρήσης, δυνατότητες επικοινωνίας, ηλεκτρονική υποστήριξη της μελέτης των εκπαιδευόμενων, διαχείρισης ομάδων εκπαιδευόμενων, διαχείρισης βαθμολογίας εκπαιδευομένων, ερωτηματολογίων, εργαλείων καταγραφής της πλοήγησης και των επιλογών του εκπαιδευόμενου μέσα στο σύστημα, κ.λπ. Ακόμα, νεότερα χαρακτηριστικά είναι τα wikis, ιστολόγια, RSS και 3D-εικονικούς χώρους μάθησης. Αυτή η ποικιλία εκπαιδευτικών αντικειμένων και δραστηριοτήτων βοηθά ποικιλόμορφα την εκπαιδευτική διαδικασία: i) επιτρέπει στον εκπαιδευτή να προσφέρει το ίδιο αντικείμενο με διαφορετικές εκδοχές, ενεργοποιώντας έτσι διαφορετικές πλευρές του εγκεφάλου κατά τη διαδικασία της μάθησης –κατά συνέπεια ενισχύοντας την εμπέδωση της γνώσης, ii) επιτρέπει επίσης στον εκπαιδευτή να εφαρμόσει διδακτικές προσεγγίσεις που καθορίζουν γενικές, ευέλικτες και επεκτάσιμες ακολουθίες από εκπαιδευτικές δραστηριότητες.

Παρά λοιπόν τις προχωρημένες δυνατότητες των σημερινών LMSs, open source /ερευνητικών/ εμπορικών, προκύπτει το ερώτημα αν αυτά, πέρα από την ικανοποίηση των μαθησιακών αναγκών και των προτιμήσεων των εκπαιδευομένων ως προς τα χαρακτηριστικά των LRs, μπορούν να υποστηρίξουν και τον ατομικό τρόπο με τον οποίο μαθαίνουν. Μέχρι τώρα προς την κατεύθυνση της υλοποίησης ενός LMS που να υποστηρίζει εξατομικευμένη μάθηση έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες. Αυτές υποκινούνται ιδιαίτερα από i) την θεωρία των προσαρμόσιμων συστημάτων (Brusilovsky, 1999), ii) από τα μαθησιακά αποτελέσματα που έχει επιφέρει ο εκπαιδευόμενος σε προηγούμενες μαθησιακές ενότητες (Dolog, Henze, Nejdl & Sintek, 2004), iii) από συνδυασμό ιδιοτήτων εκπαιδευομένων και εκπαιδευτικών αντικειμένων που προκύπτουν από τα αποτελέσματα των μοντέλων των μαθησιακών στυλ (Kritikou, Demestichas, Adamopoulou, Demestichas, Theologou, Paradia, 2008; Kerkiri, Konetas, Paleologou & Mavridis –in press), iv) με εξατομίκευση περιεχομένου με τεχνικές εμπνευσμένες από μεθόδους συνεργατικού φιλτραρίσματος (Balabanović & Shoham, 1997; Wang, Tsai, Lee &Chiu, 2008; Kerkiri, Mavridis & Manitsaris, 2009) και, στα τελευταία χρόνια, v) από επιτεύγματα των τεχνολογιών του σημασιολογικού ιστού (Berners, Hendler & Lassila, 2002; Henze, Henze, Dolog & Nejdl, 2004) που αφορούν κυρίως στην περιγραφή και ταξινόμηση των εκπαιδευτικών αντικειμένων και των εκπαιδευομένων κ.λπ. Τέλος, σημαντική είναι επίσης η συνεισφορά των εκπαιδευτικών προτύπων που αφορούν τόσο στην περιγραφή του εκπαιδευτικού αντικειμένου όσο και στην περιγραφή του προφίλ του εκπαιδευόμενου κυρίως για την ευρεία αποδοχή και την επιπλέον ανάπτυξη των LMSs.

Είναι όμως οι δυνατότητες των LMSs επαρκείς για να βοηθήσουν τον ε-εκπαιδευτή (δηλαδή τον εκπαιδευτή που διδάσκει με τη βοήθεια ενός LMS) να υλοποιήσει μια εξατομικευμένη εκπαιδευτική διαδικασία συνδυάζοντας το προφίλ του εκπαιδευόμενου με τα κατάλληλα LRs; Με άλλα λόγια, υποστηρίζουν τα σημερινά LMSs τον ε-εκπαιδευτή στο να δημιουργήσει με αποδοτικό και οικονομικό τρόπο ένα εξατομικευμένο μάθημα υποκινούμενο από ένα θεωρητικό υπόβαθρο βασισμένο σε παιδαγωγικές και ψυχολογικές μελέτες οι οποίες τελικά καθορίζουν τον πιθανό αντίκτυπο της κάθε μαθησιακής δραστηριότητας στον επιμέρους εκπαιδευόμενο; Επιπλέον, είναι δυνατόν να ενσωματωθούν μέσα στα LMSs μηχανισμοί που να αυτοματοποιούν την κατασκευή ενός εξατομικευμένου εκπαιδευτικού μονοπατιού το οποίο προκύπτει από τις θεωρίες αυτές?

Στο άρθρο αυτό περιγράφεται η αρθρωτή αρχιτεκτονική ενός LMS που προτείνει εξατομικευμένα LRs. Η αρχιτεκτονική αυτή βασίζεται σε οντολογίες, τεχνολογίες του

σημασιολογικού ιστού, για την περιγραφή των οντοτήτων του και σε εκπαιδευτικά πρότυπα. Το προτεινόμενο σύστημα αντιμετωπίζει το πρόβλημα της δημιουργίας εξατομικευμένου μονοπατιού μάθησης σαν πρόβλημα ταιριάσματος (ontology-matching) μεταξύ δύο οντολογιών. Για την εφαρμογή του ταιριάσματος οντολογιών στα e-Learning συστήματα χρησιμοποιείται ταίριασμα ιδιοτήτων των οντολογιών των εκπαιδευομένων-εκπαιδευτικών αντικειμένων με ευριστικούς κανόνες που προκύπτουν από τη θεωρία των μαθησιακών στυλ. Το αποτέλεσμα του ταιριάσματος είναι ένα εξατομικευμένο μονοπάτι μάθησης για τον εκπαιδευόμενο.

3. Θεωρητικό υπόβαθρο

3.1 Προσαρμοστικότητα και Εξατομίκευση

Τα προσαρμόσιμα συστήματα είναι συστήματα τα οποία μπορούν να προσαρμοστούν σε διάφορες καταστάσεις οι οποίες εξαρτώνται από το επίπεδο του χρήστη, το οποίο επίπεδο αφορά στην εξοικείωση που έχει αυτός με το σύστημα (Brusilovsky, 1996). Οι τεχνικές των συστημάτων αυτών βρίσκουν μεγάλη εφαρμοσιμότητα στα LMSs, λόγω του ότι με την προσαρμοσιμότητα αντιμετωπίζονται οι διαφορετικές απαιτήσεις/προτιμήσεις των εκπαιδευόμενων –που όπως αποδεικνύουν οι (Jonassen et al. 1993; Graf et al., 2008) είναι απαραίτητος παράγοντας για μια επιτυχή εκπαιδευτική διαδικασία. Όπως συνοψίζει ο Sangineto, (2008) η προσαρμοσιμότητα μέχρι τώρα έχει επιτευχθεί μέσα από i) προσαρμοσμένη υποστήριξη πλοήγησης –που υλοποιείται με άμεση καθοδήγηση του χρήστη και υλοποιείται με π.χ. αναδιάταξη συνδέσμων που αυτός θα ακολουθήσει, σχολιασμό συνδέσμων, εμφάνιση/απόκρυψη/διαγραφή συνδέσμων καθώς επίσης και ii) προσαρμοσμένη παρουσίαση του περιεχομένου –υλοποιείται με καθορισμό προαπαιτούμενων, επιπλέον/συγκριτικών επεξηγήσεων, επανακατάταξη περιεχομένου, εμφάνιση μεταβλητών επεξήγησης κ.λπ. Ένα προσαρμόσιμο σύστημα που υποστηρίζει αυτές τις τεχνικές πρέπει να γνωρίζει i) τα επιτεύγματα του χρήστη ή τις δράσεις του που έχουν να κάνουν με το πλαίσιο του υπό εξέταση συστήματος, ii) το επίπεδο του χρήστη και την εμπειρία του εκτός του πλαισίου του συστήματος. Σε αυτό το τελευταίο, μπορεί να περιλαμβάνονται το επάγγελμα του εκπαιδευόμενου, η εργασιακή του εμπειρία σε σχετικά γνωστικά πεδία, κ.λπ., καθώς και iii) οι προτιμήσεις του.

Στην παρούσα μελέτη εστιάζουμε σε μια ειδική εφαρμογή της δεύτερης τεχνικής. Το σύστημα εφαρμογής είναι τα web-based LMSs, ο χρήστης είναι ο εκπαιδευόμενος και περιεχόμενο τα LRs. Ο στόχος αυτών των LMSs αυτής της περίπτωσης είναι η παροχή εξατομικευμένου εκπαιδευτικού περιεχομένου (Wang et al. 2007; Kerkiri et al., 2009). Αυτό επιτυγχάνεται με την εμφάνιση διαφορετικών εκπαιδευτικών αντικειμένων για τον κάθε εκπαιδευόμενο για το ίδιο μάθημα. Σε συμφωνία με τον ορισμό των προσαρμόσιμων συστημάτων, τα LMSs που παρέχουν εξατομίκευση περιεχομένου πρέπει να διαθέτουν: i) μια περιγραφή του προφίλ του εκπαιδευόμενου, στο οποίο θα περιέχονται λεπτομέρειες σχετικά με το επίπεδο των γνώσεών του, προτιμήσεις, γνωστικό επίπεδο, ηλικία, φύλο, μαθησιακά επιτεύγματα, αλλά επίσης και ικανότητες στην πρόσκτηση γνώσης οι οποίες περιγράφονται από ένα μοντέλο μαθησιακού στυλ, κ.λπ., ii) μια περιγραφή των χαρακτηριστικών των εκπαιδευτικών αντικειμένων, iii) μια μέθοδο που συνδέει χαρακτηριστικά του εκπαιδευόμενου και των εκπαιδευτικών αντικειμένων κατά τη διάρκεια της μαθησιακής διαδικασίας –με άλλα λόγια, μια συ-

νάρτηση που λαμβάνει υπόψη της την επίδραση διαφορετικών χαρακτηριστικών του εκπαιδευτικού αντικειμένου στον εκπαιδευόμενο.

3.2 Εκπαιδευτικά πρότυπα

Ένα μείζον ζήτημα στα LMSs είναι η επαναχρησιμοποίηση των εκπαιδευτικών αντικειμένων. Αυτό ισχύει διότι η δημιουργία τους είναι μια επίπονη διαδικασία η οποία απαιτεί ειδικευμένους επιστήμονες, πλήθος ανθρωποώρες και σημαντική τεχνογνωσία στην πληροφορική –παρόλο που τα σημερινά πολυμεσικά εργαλεία συγγραφής εφαρμογών αυξάνουν τις δυνατότητές τους. Μια λύση για το θέμα αυτό είναι η ευρεία χρήση ενός εκπαιδευτικού προτύπου. Τα εκπαιδευτικά πρότυπα καθορίζουν τις ιδιότητες των εκπαιδευτικών αντικειμένων και των εκπαιδευόμενων, ορίζοντας συγκεκριμένους περιγραφείς για τις ιδιότητες αυτές. Η χρήση ενός προκαθορισμένου συνόλου από περιγραφείς που επιβάλλονται από τα πρότυπα i) διευκολύνει την επαναχρησιμοποίηση εκπαιδευτικών αντικειμένων ανάμεσα σε διαφορετικές πλατφόρμες, ii) επιτρέπει σε προγράμματα λογισμικού να επιβάλουν περιορισμούς στις τιμές που μπορεί να δεχτεί η κάθε ιδιότητα αλλά επίσης και περιορισμούς σχετικά με τον αριθμό επαναλήψεων (cardinality), iii) επιβάλλει συνέπεια (consistency) στην καταχώρηση και προσφέρει μεγαλύτερες πιθανότητες για την αυτοματοποιημένη εύρεσή τους.
Πρότυπα για τα εκπαιδευτικά αντικείμενα είναι το Learning Object Metadata (LOM) και Sharable Content Object Reference Model (SCORM) –οι ορισμοί του τελευταίου μπορούν να βρεθούν στο Advanced Distributed Learning (ADL) (2004). Εκπαιδευτικά πρότυπα για την περιγραφή των εκπαιδευομένων είναι τα LIP, PAPI, Dolog LP, FOAF κ.λπ. Στο άρθρο των Ounnas, Liccardi, Davis, Millard & White (2006) μπορεί κανείς να βρει μια σύντομη παρουσίαση και σύγκριση αυτών.

3.3 Μαθησιακά στυλ

Το μαθησιακό στυλ, σύμφωνα με τον Keefe (1991), είναι ένα χαρακτηριστικό των εκπαιδευόμενων αλλά επίσης και μια διδακτική στρατηγική. Σαν χαρακτηριστικό του εκπαιδευόμενου δείχνει το πώς ένας εκπαιδευόμενος μαθαίνει. Σαν διδακτική στρατηγική πληροφορεί σχετικά με την γνωστική λειτουργία, το πλαίσιο και το περιεχόμενο της μάθησης. Παρόλο που ο Merrill (2000) έχει αντιρρήσεις σχετικά με την χρήση τους σαν βασικό παράγοντα για τον καθορισμό διδακτικής στρατηγικής, ωστόσο, άλλες έρευνες έχουν δείξει ικανοποιητικά αποτελέσματα όταν τα μαθησιακά στυλ λαμβάνονται υπόψη. Οι Roy & Chi (2003) καθώς και οι Park & Black (2007), μετά από εκτεταμένη έρευνα, έδειξαν ότι η ικανοποίηση του εκπαιδευόμενου και η αποτελεσματικότητα της μαθησιακής διαδικασίας αυξάνει λαμβάνοντας υπόψη τα μαθησιακά στυλ.

3.4 Τεχνολογίες του σημασιολογικού ιστού

Το πλαίσιο του σημασιολογικού ιστού, που ορίστηκε το 2001 από τον Tim Berners Lee, χτίστηκε πάνω στον τρέχοντα ιστό σαν μια υποδομή που έχει σκοπό να περιγράψει την πληροφορία με τέτοιο τρόπο ώστε αυτή να μπορεί να μεταφραστεί από τη μηχανή και ταυτόχρονα να επιτρέπει συντακτική και σημασιολογική διαδραστικότητα με τις εφαρμογές του ιστού. Το πλαίσιο αυτό προσφέρει τεχνολογίες για να ξεπεραστεί το πρόβλημα της οργάνωσης της πληροφορίας που προκύπτει λόγω του τεράστιου μεγέθους της, αλλά και λόγω της πολυσημίας, τις διαφορετικές γλώσσες που αυτή μπορεί να αναπαρασταθεί, τις μορφές (doc, pdf, avi, κ.α.) στις οποίες βρίσκεται αποθηκευμένη κ.α. Οι τεχνολογίες αυτές σκοπό έχουν να δημιουργήσουν μεθόδους για

την ταξινόμηση της πληροφορίας και την κατανοητή περιγραφή του κειμένου. Η ταξινόμηση της πληροφορίας στον σημασιολογικό ιστό επιτυγχάνεται με την οργάνωσή τους σε οντολογίες (Sowa, 2000). Οι οντολογίες ορίζουν τις έννοιες (δηλαδή το πεδίο ορισμού) του υπό μελέτη γνωστικού πεδίου και τις συσχετίσεις μεταξύ τους. Στις οντολογίες οι υπό ταξινόμηση οντότητες οργανώνονται σε ένα δομή πλέγματος (lattice), κάθε κόμβος του οποίου αναπαριστά μία έννοια και αποτελεί ειδίκευση της πατρικής έννοιας. Η έννοια λοιπόν εκφράζεται σαν μια οντότητα που έχει μια μοναδική ταυτότητα και διάφορες ιδιότητες που περιγράφουν τα χαρακτηριστικά της. Τα χαρακτηριστικά αυτά τις συνδέουν μεταξύ τους. Π.χ. η έννοια Εκπαιδευόμενος έχει τις ιδιότητες όνομα, *username*, *preferredLanguage*. Το εργαλείο που χρησιμοποιείται για την εννοιολογική και κατανοητή περιγραφή του ακριβούς νοήματος του περιεχομένου της πληροφορίας είναι τα μεταδεδομένα. Τα μεταδεδομένα εφαρμόζονται σαν ετικέτες (tags) που περιτριγυρίζουν την πληροφορία και περιγράφουν τις ιδιότητες των εννοιών –το νόημά της. Τα μεταδεδομένα επίσης ορίζουν τις σχέσεις που ισχύουν ανάμεσα στις έννοιες. Π.χ. η σχέση "*hasStudied (Εκπαιδευόμενος, ΕκπΑντικείμενο)*" δίνει μια λίστα όλων των εκπαιδευτικών αντικειμένων που έχει διαβάσει ο Εκπαιδευόμενος.

3.5 Σύνδεση οντολογιών

Κατά την εξέλιξη των συστημάτων που εφαρμόζουν τεχνολογίες του σημασιολογικού ιστού έχουν δημιουργηθεί πολλές οντολογίες για το ίδιο πεδίο γνώσης. Για την μεταφορά γνώσης από την μία στην άλλη απαιτείται ταίριασμα οντολογιών (ontology matching). Οι Euzenat & Shvaiko (2007) συνοψίζουν την ορολογία που αφορά στην σύνδεση οντολογιών και περιγράφουν σχετικές μεθόδους. Σαν *ταίριασμα* (matching) περιγράφεται η διαδικασία με την οποία βρίσκονται οι συσχετίσεις ανάμεσα σε έννοιες διαφορετικών οντολογιών. Σαν *αντιστοίχιση* (alignment) περιγράφεται ένα σύνολο από ταιριάσματα ανάμεσα σε δύο ή περισσότερες οντολογίες. Η αντιστοίχιση είναι το αποτέλεσμα της διαδικασίας ταιριάσματος. *Κανόνας αντιστοίχησης* (mapping rule) είναι εκείνη η αντιστοίχηση που ταιριάζει μια έννοια μιας οντολογίας σε μια άλλη έννοια μιας άλλης οντολογίας.

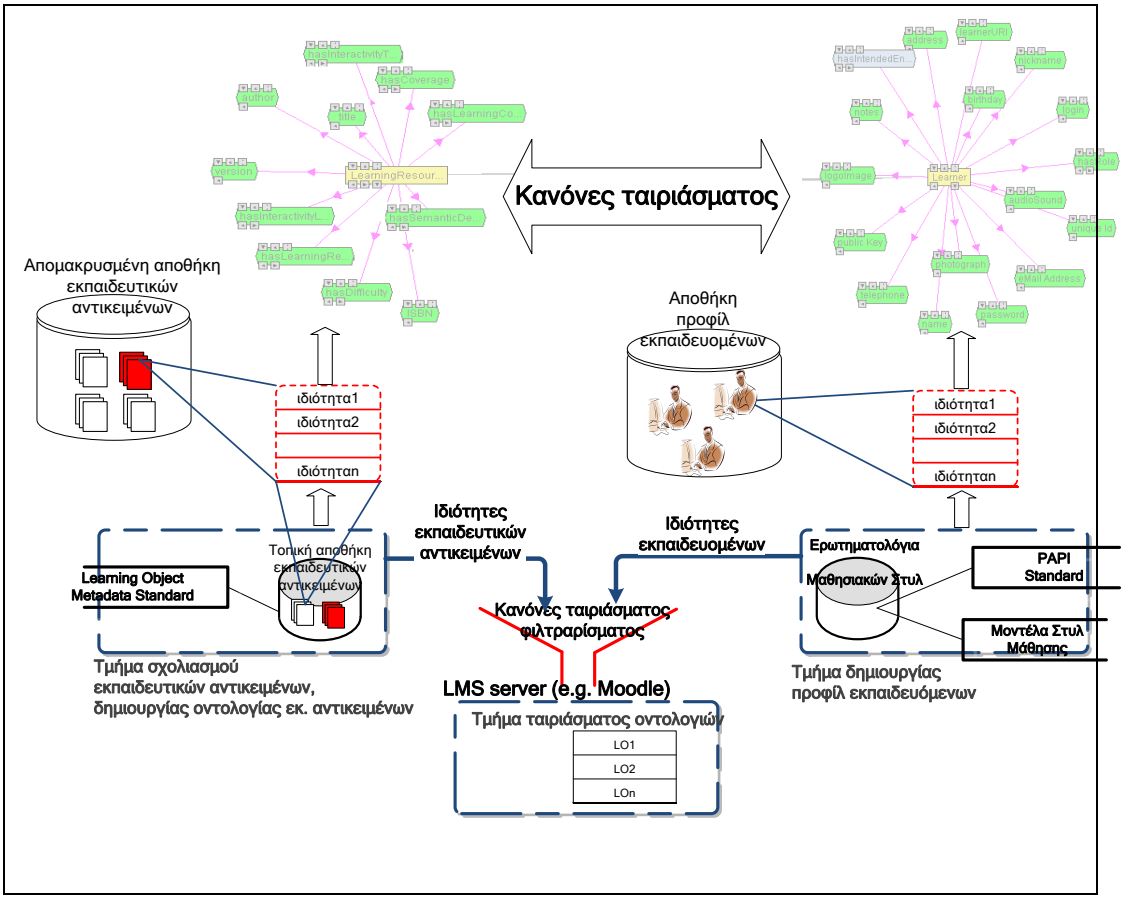
Οι διάφορες μέθοδοι ταιριάσματος οντολογιών χρησιμοποιούν μαθηματικά μοντέλα που επιτυγχάνουν λεξικογραφικό ταίριασμα των ιδιοτήτων των εννοιών των οντολογιών. Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας για την σύνδεση δεδομένων από δύο διαφορετικές οντολογίες είναι η σημασιολογική αντιστοίχιση που δεν είναι πάντα ορατή από τα ονόματα των ιδιοτήτων τους.

Έτσι, το ζήτημα της αντιστοίχισης ιδιοτήτων στα LMSs ανάγεται στην σύνδεση των ιδιοτήτων του προφίλ του εκπαιδευομένου με αυτές των εκπαιδευτικών αντικειμένων με ευριστικές μεθόδους (Kerkiri et al., 2009). Τελικά, σε ένα e-Learning σύστημα στο οποίο περιγράφουμε με μια οντολογία κάθε μία από τις δύο οντότητές του, το πρόβλημα της εύρεσης ενός κατάλληλου εξατομικευμένου μονοπατιού ανάγεται σε ένα επιτυχές ταίριασμα ανάμεσα στα στιγμιότυπα των δύο οντολογιών.

4. Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική του e-Learning συστήματος

Σε ένα εκπαιδευτικό σύστημα η επιλογή των εκπαιδευτικών αντικειμένων που ταιριάζουν σε έναν εκπαιδευόμενο υποκινούνται από ένα πλήθος παραμέτρων που αφορούν στις προτιμήσεις του, στην απόδοσή του, αλλά και σε συμπεράσματα που προκύπτουν από μαθησιακές θεωρίες, όπως είναι τα αποτελέσματα των μαθησιακών στυλ. Στην παράγραφο αυτή περιγράφουμε την προτεινόμενη αρχιτεκτονική με την οποία τα LMSs θα επιτρέπουν ταίριασμα ανάμεσα στα στιγμιότυπά των οντοτήτων του με

εφαρμογή των παραπάνω θεωριών. Η αρχιτεκτονική αυτή αποτελείται από 3 βασικά τμήματα: το τμήμα δημιουργίας της οντολογίας του εκπαιδευομένου, το τμήμα δημιουργίας της οντολογίας του εκπαιδευτικού αντικειμένου και το τμήμα ταιριάσματος-εξατομίκευσης. Στην Εικόνα 1 φαίνονται τα τμήματα της αρχιτεκτονικής αυτής με την λειτουργικότητά τους, τις εισόδους που αυτά επεξεργάζονται, τις εξόδους τους και την ενδιάμεση ροή πληροφοριών (Kerkiri et al., 2009).



Εικόνα 1: Προτεινόμενη λειτουργική αρχιτεκτονική

α) Τμήμα δημιουργίας οντολογίας εκπαιδευόμενου: Το τμήμα αυτό δημιουργεί την οντολογία του εκπαιδευόμενου, καταγράφοντας για το προφίλ του ένα σύνολο από ιδιότητες, με μια συνεχόμενη, αυξητική και προστατευμένη διαδικασία. Το προφίλ του εκπαιδευόμενου αποτελείται από χαρακτηριστικά που περιγράφουν την προσωπικότητά του/της, καθώς και χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών αντικειμένων/δραστηριοτήτων με/στα οποία έχει εμπλακεί. Συγκεκριμένα, η πληροφορία για τον εκπαιδευόμενο αφορά i) τις δημογραφικές του/της πληροφορίες, π.χ., όνομα, φύλο, ηλικία, κ.λπ., ii) παραμέτρους σχετικά με την προσωπικότητα του/της που επηρεάζουν την μαθησιακή του/της συμπεριφορά, όπως οι προτιμήσεις –επιθυμητά μέσα μετάδοσης γνώσης, προτιμώμενα format/γλώσσα κ.α. –προηγούμενη γνώση, διαθέσιμο χρόνο, κ.α., καθώς επίσης και από πληροφορίες που προέρχονται από το μαθησιακό του/της στυλ.

Ας παρατηρήσουμε ότι εκτός από την *άμεση καταγραφή* προσωπικών δημογραφικών πληροφοριών του εκπαιδευόμενου που μπορεί να γίνει από τον εκπαιδευόμενο κατά την εγγραφή του στο LMS, ή από διάφορες εξουσιοδοτημένες αρχές, όπως π.χ. το Γραφείο Διασύνδεσης ή τη Γραμματεία του τμήματος του Πανεπιστημιακού Ιδρύμα-

τος όπου φοιτά, τα ίδια τα LMSs προσφέρουν δυνατότητες για *έμμεση καταγραφή* πληροφοριών που αφορούν στο προφίλ του. Συγκεκριμένα, τα LMSs καταγράφουν πληροφορία για τον/ην εκπαιδευόμενο/η από την πλοήγηση και τις επιλογές που αυτή/ός κάνει μέσα στο LMS. Η πληροφορία αυτής της μορφής αφορά κατά κύριο λόγο σε προτιμήσεις του εκπαιδευόμενου και στα μαθησιακά του αποτελέσματα. Για παράδειγμα, τα χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών αντικειμένων που προτιμά μπορούν να εξαχθούν από το ποσοστό των αρχείων που επιλέγει (π.χ. μορφή, doc vs pdf αρχεία, γλώσσα, Αγγλικά vs Ελληνικά, κ.λπ.). Επιπλέον, τα τρέχοντα LMSs, ακόμα και τα open source, κρατούν ένα σύνολο από πληροφορίες π.χ. για τον χρόνο που αυτή/ός ξόδεψε πάνω από ένα πόρο/δραστηριότητα, την απόδοση του σε quizzes/εξετάσεις, τις δραστηριότητες που συμμετείχε κ.α. Διάφορες έρευνες έχουν ήδη εξερευνήσει τέτοιες πληροφορίες. Για παράδειγμα, οι δραστηριότητες με τις οποίες ασχολήθηκε αποτελούν μια μέθοδο εξαγωγής του μαθησιακού στυλ (Graf et al., 2008), ο χρόνος που ξόδεψε πάνω σε μια δραστηριότητα ή ένα εκπαιδευτικό αντικείμενο είναι μια μετρική για να εξαχθεί ο βαθμός δυσκολίας του τελευταίου (Carmona, Castillo & Millán, 2007).

Όπως βλέπουμε στην Εικόνα 1, μέσα στις λειτουργίες του τμήματος αυτού είναι και η αναγνώριση του μαθησιακού στυλ του εκπαιδευόμενου. Για τον καθορισμό του μαθησιακού στυλ υπάρχουν διάφορες μέθοδοι και διατίθενται κατάλληλα ερωτηματολόγια από σχετικούς ιστοχώρους. Στη συνέχεια το προφίλ του εκπαιδευόμενου πρέπει να ενημερωθεί με τα αποτελέσματα των ερωτηματολογίων. Εναλλακτικά, μπορούμε να εμπεδώσουμε μηχανισμούς αναγνώρισης του μαθησιακού στυλ μέσα στα LMSs.

Για την περιγραφή της δομής της οντολογίας χρησιμοποιείται η γλώσσα αναπαράστασης γνώσης F-Logic. Στην F-Logic οι αγκύλες [,] δείχνουν την οντότητα που ορίζεται, το ; διαχωρίζει τις ιδιότητές της μεταξύ τους, τα σύνολα {,} δείχνουν το πεδίο τιμών κάθε ιδιότητας και το περιεχόμενο των αγκυλών τις επιτρεπτές τιμές για αυτά. Τέλος, οι συμβολισμοί => και =>> δείχνουν την cardinality κάθε ιδιότητας, όπου => σημαίνει ότι η σχέση επιλογής τιμών από το πεδίο ορισμού που ακολουθεί είναι ένα-προς-ένα, ενώ το =>> ένα-προς-πολλά. Μετά από αυτά, η δομή της οντολογίας του εκπαιδευομένου, εκφρασμένη με F-Logic, είναι:

```
Learner[name; learnerURI; age; login; password; hasWeight,
   ...
   hasPreferredLanguage=>>LOM#Language{en,el,fr,de,...,it};
   hasPreferredFormat=>>LOM#Format{pdf,doc,wav,avi,...,txt};
   hasCertification=>>PAPI#Certificate_list{Vocational Training, Higher Education, MSc, PhD,
Continuous Formation},
   hasUserRole=>>LOM#UserRole{Beginner,Pro-Intermediate,Intermediate,Post-
intermediate,Advanced};
   hasIntendedUserRole=>>LOM#IntendedEndUserRole{Lecturer, Learner, Trainer, Trainee};
   hasPerformance={{lessonID,grade}}
   hasLearningStyle=>>PAPI#LearningStyle{sensing/intuitive,
                  active/reflective, visual/verbal, sequential/global};
...
].
```

Από αυτή τη δομή δημιουργείται και η οντολογία του εκπαιδευόμενου μαζί με τις ιδιότητές του και τα πεδία ορισμού τους. Η απόδοση του προφίλ αυτού μτην γλώσσα περιγραφής οντολογιών Web Ontology Language (OWL) είναι:

```
<oxml:instance id="a:URI2-User"><oxml:instanceOf concept="a:Learner"/>
  <oxml:hasAttribute relation="a:name"><oxml:value>User 2</oxml:value>
  </oxml:hasAttribute>
```

```
  <oxml:hasAttribute relation="a:learnerURI">
      <oxml:value>http://www.uom.gr/eLearning/user2.htm</oxml:value>
  </oxml:hasAttribute>
  <oxml:hasRelation relation="a:hasPreferredLanguage" instance="a:el"/>
  <oxml:hasRelation relation="a:hasPreferredLanguage" instance="a:en"/>
  <oxml:hasRelation relation="a:hasPreferredFormat" instance="a:doc"/>
  <oxml:hasRelation relation="a:hasPreferredFormat" instance="a:avi"/>
  <oxml:hasRelation relation="a:hasCertification" instance="a:MSc"/>
  <oxml:hasRelation relation="a:hasUserRole" instance="a:Intermediate"/>
  <oxml:hasAttribute relation="b:hasPerformance"><oxml:rId>DatabasesII</oxml:rId>
...
<oxml:grade>9.81</oxml:grade>
  <oxml:hasRelation relation="a:hasIntendedUserRole" instance="a:Learner"/>
  <oxml:hasRelation relation="a:hasLearningStyle" instance="a:Active/Reflective"/>
</oxml:instance>
```

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, για την περιγραφή των ιδιοτήτων των εκπαιδευομένων έχουν επιλεγεί τα πρότυπα IEEE P1484.2.1 (PAPI) και Learning Object Metadata (LOM).
Ας παρατηρήσουμε όμως ότι, λόγω του ότι τα χαρακτηριστικά (ισοδύναμα, οι ιδιότητες) του εκπαιδευόμενου περιγράφονται με μεταδεδομένα, οποιοδήποτε εκπαιδευτικό πρότυπο μπορεί να χρησιμοποιηθεί, απλά περιλαμβάνοντας στα ονόματα των μεταδεδομένων τους αντίστοιχους περιγραφείς που προτείνει το πρότυπο. Επίσης, ας παρατηρήσουμε ότι η οντολογία μπορεί να επεκταθεί για να περιλάβει και άλλες ιδιότητες που δεν έχουν αρχικά προβλεφθεί, χωρίς να επηρεαστεί το συνολικό μοντέλο.

β) Τμήμα διαχείρισης οντολογίας εκπαιδευτικού αντικειμένου: Το τμήμα αυτό δημιουργεί την οντολογία των LRs. Οι ιδιότητες που περιγράφουν το LR αφορούν επίσης και στην επίδραση που έχει αυτό κατά την εκμάθησή του από ένα συγκεκριμένο εκπαιδευόμενο, (συνεπώς την καταλληλότητά του για αυτόν), τα μαθησιακά του αποτελέσματα, (συνεπώς την καταλληλότητά του για ένα συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο), την θέση του σε μια συγκεκριμένη δομή (με άλλα λόγια, την θέση του σε ένα μονοπάτι μάθησης) κ.λπ.
Σε ένα LMS το τελικό μάθημα είναι ο ιεραρχικός συνδυασμός των LRs σε ένα μονοπάτι μάθησης. Στο σύστημά μας δημιουργείται μια ιεραρχία για να αναπαραστήσει το μονοπάτι μάθησης του μαθήματος. Οι κόμβοι της ιεραρχίας παριστάνουν τις ενότητες ενός μαθήματος. Στο μοντέλο μας, για τη περιγραφή των όρων της ιεραρχίας χρησιμοποιούμε ένα ισχύον *Σύστημα Κατηγοριοποίησης* (classification system). Διάφορα συστήματα διατίθενται για κατηγοριοποίηση (όπως π.χ. αυτό της ACM) και, όπως μπορούμε να διαπιστώσουμε, ολοένα και περισσότεροι εμπορικοί και επιστημονικοί ιστοχώροι κατηγοριοποιούν βιβλία/άρθρα χρησιμοποιώντας τέτοια συστήματα. Στην οντολογία που υλοποιήσαμε για την περιγραφή του εκπαιδευτικού αντικειμένου χρησιμοποιούμε την ιδιότητα *hasClassification* (σύμφωνα με το LOM) για την κατηγοριοποίηση του εκπαιδευτικού αντικειμένου. Η ιδιότητα *hasClassification* για το e-Learning σύστημά μας δημιουργεί τη δομή του μαθήματος και ακόμα καθορίζει τη θέση του κάθε εκπαιδευτικού αντικειμένου σε αυτήν. Επιπλέον, η υιοθέτηση ενός συστήματος κατηγοριοποίησης επιβάλλει συγκεκριμένους όρους για την περιγραφή της κάθε ενότητας και το ίδιο ισχύει και για τις ιδιότητες των LRs. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για το προτεινόμενο σύστημα που βασίζεται μόνο σε μεταδεδομένα για να περιγράψει τα LRs. Η ενιαία καταγραφή των όρων επίσης βοηθά στην κατάτα-

ξη του εκπαιδευτικού αντικειμένου αλλά και του τρόπου σύνδεσης των εννοιών (εκπαιδευτικών ενοτήτων) μεταξύ τους. Αλλά και αντίστροφα, χρησιμοποιώντας μια συγκεκριμένη κατηγοριοποίηση, καθορίζουμε και το τι μπορεί να διδάξει το κάθε εκπαιδευτικό αντικείμενο.
Υπάρχουν όμως και άλλα πλεονεκτήματα από την εφαρμογή μιας ιεραρχίας για την αναπαράσταση ενός μονοπατιού μάθησης. Συγκεκριμένα, δεν απαιτεί τη δημιουργία μεγάλου όγκου του προς εξέταση υλικού που να καλύπτει όλα τα γνωστικά πεδία σε βάθος και πλάτος. Ο λόγος είναι ότι οι μηχανισμοί διάσχισης των κλαδιών της οντολογίας είναι οι ίδιοι ανεξάρτητοι από το βάθος και πλάτος της. Αν π.χ. τεχνολογίες διάσχισης του δέντρου της οντολογίας υλοποιηθούν για ένα κλαδί της οντολογίας σε όλο το βάθος, το ίδιο θα ισχύει για όλα τα κλαδιά. Όμοια, αν υλοποιηθεί οριζόντια διασύνδεση των κλαδιών της οντολογίας τότε μπορούν να προστεθούν και όσα άλλα κλαδιά απαιτείται (νέες οντολογίες) και άρα μπορεί να διασχιστεί κατά πλάτος. Συνεπώς, ισχύουν οι ίδιοι μηχανισμοί ακόμα και αν η εξεταζόμενη πληροφορία έχει περισσότερα δεδομένα, ή ακόμα και αν ενσωματωθεί σε μεγαλύτερες ιεραρχίες. Κατά συνέπεια, η ποσότητα του εκπαιδευτικού υλικού και το πλήθος των γνωστικών πεδίων που κατηγοριοποιούνται δεν επηρεάζει την εφαρμοσιμότητα της μεθόδου.

Η δομή της οντολογίας του LR με τις ιδιότητές του, επιλεγμένες επίσης από ένα εκπαιδευτικό πρότυπο, συγκεκριμένα, το εκπαιδευτικό πρότυπο LOM, είναι:

```
LearningResource[title; learningResourceURI; description; author;
...
  hasClassification=>>LOM#Classsification [{H.5.1.1 Web Design Tools, H.5.1.2 Image Processing
Tools, ...}],
  hasFormat=>>LOM#Format{doc,pdf,txt,wav,..,mp3,other};
  hasLanguage=>>LOM#Language{en, el, fr, it,...,de};
  hasInteractivityType=>>LOM#InteractivityType{Active, Expositive, Mixed};
  hasLearningResourceContext=>>LOM#ResourceContext{Vocational Training,
                    Higher Education, MSc, PhD, Continuous Formation};
 hasLearningResourceType=>>LOM#LearningResourceType{Exercise,
     Figure, Book, Lecture, Tutorial, Paper, Diagram, Video, Audio, Presentation, Lecture, Simulation, Questionnaire,
     Graph, Index, Slide, Table, Narrative Text, Experiment, Problem Statement, SelfAssessment};
 hasInteractivityLevel=>>LOM#InteractivityLevel{Very Low, Low, Medium, High, Very High};
 hasSemanticDensity=>>LOM#SemanticDensity{Very Low, Low, Medium, High, Very High}
 hasDifficulty=>>LOM#Difficult{Very Easy, Easy, Medium, Difficult, Very Difficult};
 hasCoverage=>>LOM#Coverage{Very Low, Low, Medium, High, Very High}].
```

Συνεπώς, η οντολογία του εκπαιδευτικού αντικειμένου είναι:

```
<oxml:instance id="b:LR#201"><oxml:instanceOf concept="b:LearningResource"/>
 <oxml:hasAttribute relation="b:title"><oxml:value>Photoshop CS3</oxml:value>
 </oxml:hasAttribute>
 <oxml:hasAttribute relation="b:description"><oxml:value>Δοκιμάστε αυτόν τον εικονογραφημένο ... πληροφορίες κατά τη
διάρκεια των ασκήσεων</oxml:value>
 </oxml:hasAttribute>
 <oxml:hasRelation relation="b:hasClassification" instance="b:H.5.1.2 Photoshop"/>
 <oxml:hasRelation relation="a:hasFormat" instance="b:html"/>
 <oxml:hasRelation relation="a:hasLanguage" instance="b:en"/>
 <oxml:hasRelation relation="b:hasLearningResourceContext" instance="b: MSc "/>
 <oxml:hasRelation relation="b:hasLearningResourceType" instance="b:SelfAssessment"/>
 <oxml:hasRelation relation="b:hasLearningResourceType" instance="b:Tutorial"/>
 <oxml:hasRelation relation="b:hasLearningResourceType" instance="b:Exercise"/>
 <oxml:hasRelation relation="a:hasInteractivityLevel" instance="a:High"/>
 <oxml:hasRelation relation="a:isForUserRole" instance="a:Pro-Intermediate"/>
 <oxml:hasRelation relation="b:isForIntendedEndUserRole" instance="b:Trainer"/>
 <oxml:hasRelation relation="b:isForIntendedEndUserRole" instance="b:Trainee"/>
```

```
  <oxml:hasRelation relation="a:hasCoverage" instance="a:Very High"/>
  <oxml:hasRelation relation="a:hasDifficulty" instance="a:Medium"/>
  <oxml:hasRelation relation="ab:isForLearningStyle" instance="a:Sensing/Intuitive"/>
  </oxml:hasAttribute>
</oxml:instance>
```

Όπως βλέπουμε από την περιγραφή αυτή, όταν το εκπαιδευτικό αντικείμενο περιγράφεται σαν μια αυτόνομη οντότητα τότε οι ιδιότητές του είναι άμεσα φανερές. Αυτή η άμεσα αντιληπτή περιγραφή των ιδιοτήτων δίνει στον εκπαιδευτή μια εικόνα σχετικά με τις δυνατότητες του εκπαιδευτικού αντικειμένου, συμπεριλαμβανομένου και τις εκπαιδευτικές. Αυτή η αμεσότητα βοηθά τον εκπαιδευτή να επιλέξει τα πλέον κατάλληλα LRs για να φτιάξει ένα μάθημα ειδικό για τον κάθε εκπαιδευόμενο, χρησιμοποιώντας ένα σύνολο παραμέτρων που εξαρτώνται από τα επιθυμητά από τη μαθησιακή διαδικασία αποτελέσματα. Επίσης, επιτρέπει την αυτοματοποιημένη σύνδεσή τους με μεθόδους ταιριάσματος οντολογιών (ontology-matching) για τη δημιουργία μαθησιακών μονοπατιών, μια διαδικασία που υλοποιείται στο τμήμα εξατομίκευσης.

γ) Τμήμα ταιριάσματος (εξατομίκευσης): Σε αυτό το τμήμα υλοποιείται η μέθοδος που συνταιριάζει τις ιδιότητες των εκπαιδευόμενων με αυτές των εκπαιδευτικών αντικειμένων με σκοπό να παρέχουν ένα εξατομικευμένο μονοπάτι μάθησης για τον κάθε εκπαιδευόμενο.

Με την προσέγγιση που προτείνεται στο άρθρο αυτό, οι δυνατότητες του LMSs προς την δημιουργία ενός εξατομικευμένου εκπαιδευτικού μονοπατιού βασισμένου στο περιεχόμενο (content-based personalized learning path) εξαρτώνται από μια καλά σχεδιασμένη αποθήκη (repository) που περιέχει ένα σύνολο από LRs τα οποία βρίσκονται συνδεδεμένα στους κόμβους μιας ιεραρχίας που ορίζεται από μια δοθείσα κατηγοριοποίηση, να μπορούν να επιλεγούν εναλλακτικά για το ίδιο εκπαιδευτικό θέμα. Σύμφωνα λοιπόν με την προτεινόμενη προσέγγιση, σε κάθε κόμβο της οντολογίας του μαθήματος πρέπει να συνδεθούν περισσότερα από ένα LRs. Τα αντικείμενα αυτά πρέπει να σχεδιαστούν με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνουν το ίδιο εκπαιδευτικό αποτέλεσμα. Ωστόσο, πρέπει να διαφέρουν στις ιδιότητες ανάλογα με τον εκπαιδευόμενο στον οποίο απευθύνονται.
Σε μια τυπική κατάσταση το εκπαιδευτικό αντικείμενο δυνητικά θα έχει περισσότερες από μία από τις προαναφερθείσες ιδιότητες και ζητούμενο για την διαδικασία εξατομίκευσης είναι να επιλεγεί το καταλληλότερο από αυτά για τον κάθε εκπαιδευόμενο. Η δυνατότητα αυτού του τμήματος στην εξατομίκευση βασίζεται σε μια συνάρτηση η οποία τροφοδοτείται από τις ιδιότητες των εκπαιδευτικών αντικειμένων και των εκπαιδευόμενων και χρησιμοποιεί ένα σύνολο από κανόνες που συνταιριάζουν τις ιδιότητες αυτές. Όπως είδαμε παραπάνω, η υιοθέτηση προτύπων επιβάλει την χρήση των ίδιων περιγραφέων για τις ίδιες ιδιότητες. Συνεπώς, υπάρχουν διάφορες ιδιότητες, όπως *hasFormat-hasPreferredFormat*, οι οποίες ολοφάνερα συνταιριάζονται. Αυτό σε μια αρχική προσέγγιση διευκολύνει στην σύνδεση εκπαιδευτικών αντικειμένων και εκπαιδευομένων. Ωστόσο, όμως, για το ταίριασμα μπορούν να εφαρμοστούν και ευριστικοί κανόνες που βασίζονται σε μη-φανερά χαρακτηριστικά. Συγκεκριμένα, τα μοντέλα μαθησιακών στυλ προτείνουν σύνδεση ορισμένων χαρακτηριστικών των εκπαιδευτικών αντικειμένων με τα χαρακτηριστικά των εκπαιδευομένων. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται συγκεκριμένα το μοντέλο μαθησιακού στυλ των Felder & Silverman (1998) και οι προτάσεις που αυτό κάνει για τους μαθησιακούς τύπους ανθρώπων με

χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών αντικειμένων. Επιλέγουμε το μοντέλο Felder & Silverman λόγω του ότι προτείνει αρκετά ξεκάθαρες συσχετίσεις ανάμεσα σε διάφορα χαρακτηριστικά των εκπαιδευομένων και των εκπαιδευτικών αντικειμένων. Όπως φαίνεται λοιπόν και από τον Πίνακα 1 το μοντέλο αυτό προτείνει δύο στυλ μάθησης. Για κάθε στυλ ορίζει 5 διαφορετικούς μαθησιακούς τύπους που αντιπαραβάλλονται μεταξύ τους: αισθαντικός-διαισθητικός, οπτικός-λεκτικός, συμπερασματικός-επαγωγικός, ενεργητικός-στοχαστικός, διαδοχικός-σφαιρικός.

Μαθησιακό στυλ	Ιδιότητες εκπαιδευτικών αντικειμένων	Μαθησιακό στυλ	Ιδιότητες εκπαιδευτικών αντικειμένων
Αισθαντικός	Πειράματα, δεδομένα, γεγονότα, LRs με μεγάλη αλληλεπιδραστικότητα	Διαισθητικός	Εικόνες, διαγράμματα, διαγράμματα ροής, βασικές έννοιες, θεωρίες, εκπαιδευτικά αντικείμενα με μεγάλη σημασιολογική πυκνότητα
Οπτικός	Βιβλία, εκτυπώσεις, διαγράμματα, διαγράμματα ροής, βίντεο, ηχητικό υλικό, παρουσιάσεις, διαγράμματα χρόνου, επιδείξεις, φίλμ	Λεκτικός	Μελέτες περίπτωσης, πειράματα
Συμπερασματικός	Βιβλία, διαγράμματα, παρουσιάσεις	Επαγωγικός	Κείμενα, βιβλία, εικόνες, βίντεο, ηχητικά δεδομένα
Ενεργητικός	Πειράματα, tutorials, παρουσιάσεις	Στοχαστικός	Δημοσιεύσεις, βιβλία, αυτό-αξιολογήσεις
Διαδοχικός	Books, διαγράμματα ροής, αλγόριθμοι	Σφαιρικός	Χάρτες, εικόνες, νουβέλες

Πίνακας 1: Οι μαθησιακοί τύπο των Felder-Silverman και τα προτιμώμενα χαρακτηριστικά των ΕΑ

Ενδεικτικά, από μελέτες (Ahn, 2003) έχει προκύψει (Πίνακας 1) ότι οι "*Διαισθητικοί*" ε-εκπαιδευόμενοι προτιμούν διαλέξεις και λιγότερο αλληλεπιδραστικά αντικείμενα ενώ οι "*Αισθαντικοί*" ε-εκπαιδευόμενοι προτιμούν LRs με υψηλό βαθμό αλληλεπιδραστικότητας ή LRs που είναι "*Πειράματα*". Οι μορφές "*video*" ή "*avi*" ταιριάζουν καλύτερα σε "*Οπτικούς*l" εκπαιδευόμενους, ενώ εκπαιδευόμενοι με στυλ "*Διαδοχικό*" προτιμούν περισσότερο "*Διαγράμματα Ροής*".

Στο προτεινόμενο σύστημα για να επιτευχθεί εξατομίκευση με εφαρμογή των μαθησιακών στυλ και των προτιμήσεων που αυτά προτείνουν, υλοποιήσαμε μια δομή η οποία αντιστοιχίζει τις ιδιότητες του εκπαιδευτικού αντικειμένου με αυτές του εκπαιδευόμενου. Ονομάζουμε αυτή τη δομή "*Alignment*" και ορίζουμε τις εγγραφές της ως εξής:

```
<alignenment>
  <LearnerPropertyId></LearnerPropertyId>
  <weightL> </weightL>           //weight by which it participates in the matching
  <weightl,pr-id> </weightl,pr-id>   //weight of this instance of the learner property
  <LRPropertyId> </LRPropertyId>
  <weightLR> </weightLR>         //weight by which it participates in the matching
</alignenment>
```

Κάθε εγγραφή αυτής της μορφής καθορίζει ότι ο εκπαιδευόμενος με μια συγκεκριμένη ιδιότητα <*LearnerPropertyId*>, η οποία συμμετέχει στο μοντέλο με μια συγκεκριμένη βαρύτητα <$weight_L$>, συνδέεται με μια συγκεκριμένη ιδιότητα του εκπαιδευτικού αντικειμένου, <*LRPropertyId*>, η οποία επίσης συμμετέχει με μια συγκεκριμένη βαρύτητα <$weight_{LR}$>. Η σύνδεση γίνεται πιο συγκεκριμένη συμπεριλαμβάνοντας και βαρύτητες για τα επιμέρους στιγμιότυπα κάθε ιδιότητας και συγκεκριμενοποιεί επιπλέον την μεταξύ τους σχέση. Τα βάρη του κάθε στιγμιοτύπου της ιδιότητας ορίζονται σαν <$weight_{l,pr\text{-}id}$ > για τον εκπαιδευόμενο. Στον Πίνακα 2 εμφανίζονται διάφορες εγγραφές αυτής της δομής με ενδεικτικές τιμές ανά περίπτωση.

Properties deriving from heuristic rules based on learning style

Learner properties			Learning resource property			
hasUserRole	0.55	Beginner	hasDifficulty	0.33	Very Easy	0.9
hasUserRole	0.55	Beginner	hasDifficulty	0.33	Easy	0.7
hasUserRole	0.55	Beginner	hasDifficulty	0.33	Medium	0.5
hasUserRole	0.55	Beginner	hasDifficulty	0.33	Difficult	0.3
hasUserRole	0.55	Beginner	hasDifficulty	0.33	Very Difficult	0.1
hasUserRole	0.55	Intermediate	hasDifficulty	0.33	Very Easy	0.3
hasUserRole	0.55	Intermediate	hasDifficulty	0.33	Easy	0.5
hasUserRole	0.55	Intermediate	hasDifficulty	0.33	Medium	0.9
hasUserRole	0.55	Intermediate	hasDifficulty	0.33	Difficult	0.5
hasUserRole	0.55	Intermediate	hasDifficulty	0.33	Very Difficult	0.1

Πίνακας 2: Ενδεικτικές τιμές σύνδεσης ιδιοτήτων εκπαιδευομένων και εκπαιδευτικών αντικειμένων

Όπως φαίνεται από το σενάριο του Πίνακα 2 η ιδιότητα *hasUserRole* του εκπαιδευόμενου και η ιδιότητα *hasDifficulty* του εκπαιδευτικού αντικειμένου συνδέονται. Σύμφωνα με το σενάριο αυτό και οι ενδιάμεσες τιμές των ιδιοτήτων του εκπαιδευόμενου επίσης συμμετέχουν στην σύνδεση και αντανακλούν το ποσοστό της προτιμώμενης σύνδεσης των ιδιοτήτων αυτών. Από το συγκεκριμένο παράδειγμα εξάγεται ότι οι εκπαιδευόμενοι με "*UserRole*"="*Beginner*" θα προτιμούσαν LRs με "*Difficulty*"="*Very Easy*" σε ένα ποσοστό 90%, ενώ η προτίμηση του ίδιου εκπαιδευόμενου για LRs με τιμή "*Very Difficult*" είναι 10%. Παρόμοιες συνδέσεις δημιουργούνται για κάθε ιδιότητα που χρησιμοποιείται στην σύνδεση των δύο οντοτήτων, δηλαδή του εκπαιδευτικού αντικειμένου και του εκπαιδευομένου. Αυτές οι εγγραφές λειτουργούν σαν κανόνες. Ένας τέτοιος ενδεικτικός κανόνας μπορεί να περιγραφεί ως:

"Για τους 'Beginners' διάλεξε εκπαιδευτικά αντικείμενα των οποίων η 'Difficulty' είναι 'Very Easy' ".

Κατά τη δημιουργία ενός μαθήματος για έναν συγκεκριμένο εκπαιδευόμενο διασχίζεται η οντολογία των εκπαιδευτικών αντικειμένων, εφαρμόζονται οι κανόνες που του ταιριάζουν σε κάθε κόμβο της οντολογίας, από κάθε κόμβο επιλέγεται αυτό το εκπαιδευτικό αντικείμενο που έχει τη μεγαλύτερη βαθμολογία σύμφωνα με τους κανόνες. Το συνολικό αποτέλεσμα είναι ένα μοναδικό ατομικό μονοπάτι μάθησης για τον καθένα. Ας το δούμε αυτό με ένα παράδειγμα για συγκεκριμένο εκπαιδευόμενο *URI2-User*. Για αυτόν από την δομή *Alignment* δημιουργείται το αρχείο με τις προσωπικές προτιμήσεις του, ως ακολούθως:

```
<alignenment>
<LearnerPropertyId> L#09 </LearnerPropertyId>
  <connection-to-LR>
  <LRId> URI2-User </LRId>
  <weight>
     <LearnerPropertyId> UserRole, Pro-Intermediate </LearnerPropertyI>
     <weightL> 0.55 </weightL>
     <LRPropertyId > Difficulty, High < /LRPropertyId>
     <weightLR> 0.33 </weightLR>
     <weightLR,pr-id> 0.1 </weightLR,pr-id>
  </weight>
…
  <weight>
     <LearnerPropertyId> UserRole, Pro-Intermediate </LearnerPropertyI>
     <weightL> 0.55 </weightL>
     <LRPropertyId> Interactivity,high </LRPropertyId>
     <weightLR> 0.55 </weightLR>
     <weightLR,pr-id> 0.5 </weightL,pr-id>
```

```
  </weight>
…
  <connection-to-LR>
…
</alignenment>
```

Το αρχείο αυτό στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την επιλογή του πιο κατάλληλου εκπαιδευτικού αντικειμένου από κάθε κόμβο της ιεραρχίας με εφαρμογή του αλγορίθμου που παρουσιάζεται στη συνέχεια.

Μέθοδος ταιριάσματος εκπαιδευτικών αντικειμένων-εκπαιδευομένων

Βήμα 1: Για ένα συγκεκριμένο εκπαιδευόμενο, κάθε μία από τις ιδιότητές του/της συγκρίνεται με όλες τις ιδιότητες όλων των εκπαιδευτικών αντικειμένων από έναν συγκεκριμένο κόμβο,

Βήμα 2: για τις ιδιότητες που συνταιριάζονται μέσα από τη δομή *Alignment*, τα βάρη του κάθε εκπαιδευτικού αντικειμένου του κόμβου πολλαπλασιάζονται με τις συνταιριασμένες ιδιότητες του εκπαιδευόμενου,

Βήμα 3: για ένα συγκεκριμένο εκπαιδευτικό αντικείμενο l_i υπολογίζεται μια συνολική βαρύτητα (Τύπος 1) προσθέτοντας όλα τα ενδιάμεσα γινόμενα:

$$weight_{li} = \frac{\sum_{k=1}^{t} (w_{lr,k} * w_{LR,k} * w_{L,k})}{\sum_{k=1}^{t} (w_{LR,k} * w_{L,k})} \quad , (1)$$

όπου οι βαρύτητες w_{LR} ($weight_{LR}$), w_L, ($weight_L$) έχουν οριστεί παραπάνω στη δομή *Alignment*, το $w_{lr,k}$ ($weight_{LR,pr\text{-}id}$) είναι η βαρύτητα ενός συγκεκριμένου στιγμιοτύπου της ιδιότητας και k είναι ο συνολικός αριθμός των εγγραφών της *Alignment* που συνταιριάζονται με αυτές του εκπαιδευτικού αντικειμένου l_i.

Βήμα 4: τα βήματα 1-3 επαναλαμβάνονται για όλους τους κόμβους στην ιεραρχία, και

Βήμα 5: το εκπαιδευτικό αντικείμενο που έχει την μεγαλύτερη βαρύτητα επιλέγεται από κάθε κόμβο.

Αυτός ο αλγόριθμος επιλέγει από κάθε κόμβο το εκπαιδευτικό αντικείμενο που έχει συσσωρεύσει την μέγιστη βαθμολογία ανάλογα με τα κριτήρια που έχουν καθοριστεί. Εφόσον από κάθε κόμβο επιλέγεται το καταλληλότερο εκπαιδευτικό αντικείμενο τότε το συνολικό τελικό μονοπάτι είναι το καταλληλότερο για τον εκπαιδευόμενο. Το αποτέλεσμα του τμήματος αυτού είναι ένα μονοπάτι μάθησης ειδικά κατασκευασμένο για τον συγκεκριμένο εκπαιδευόμενο γιατί βασίστηκε στις δικές του ιδιότητες. Το μαθησιακό αποτέλεσμα που μπορεί να προκύψει από την δημιουργία μιας εμπνευσμένης διδακτικής εμπειρίας προεξοφλείται να είναι πιο αποδοτικό (Kritikou et al, 2008).

Το προτεινόμενο σύστημα έχει εφαρμοστεί πιλοτικά για μικρό αριθμό σπουδαστών και με ένα μόνο γνωστικό αντικείμενο. Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του ήταν πολύ αισιόδοξα όσον αφορά i) στην ικανοποίηση των συμμετεχόντων εκπαιδευομένων από α) την συμμετοχή στη διαδικασία, από β) το μαθησιακό μονοπάτι που τους προτάθηκε και ii) από την αύξηση της βαθμολογίας που κατάφεραν στο συγκεκριμένο μάθημα που εφαρμόστηκε.

5. Συμπεράσματα και μελλοντική εργασία

Στην μελέτη αυτή παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική δομή και ο αλγόριθμος εξατομίκευσης για e-Learning συστήματα με έμφαση στην επιλογή κατάλληλου περιεχομένου. Οι δυνατότητές της βασίζονται στην δημιουργία περιγραφέων των ιδιοτήτων των εκπαιδευτών αυτοπροσδιορισμένων εκπαιδευτικών αντικειμένων οργανωμένων σε μια οντολογία. Η κατάλληλη περιγραφή των LRs έχει σαν αποτέλεσμα i) την με-μιαματιά αντίληψη των εκπαιδευτικών ιδιοτήτων τους η οποία αποδεικνύει την καταλληλότητά τους για ένα συγκεκριμένο εκπαιδευόμενο, ii) την προώθηση των χαρακτηριστικών τους ώστε αυτές να μπορούν να ανακαλυφθούν από κατάλληλες εφαρμογές, π.χ. έξυπνους πράκτορες λογισμικού, με μια αυτοματοποιημένη διαδικασία, iii) την αυτόματη ταξινόμησή τους στην σωστή θέση μιας ιεραρχίας που αναπαριστά ένα μονοπάτι μάθησης.

Τα τμήματα της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής μπορούν να χτιστούν ακόμα και πάνω σε υποδομές υπαρχόντων LMSs, αρχικά, επιβάλλοντας ένα μοναδική ταυτότητα (id) σε κάθε εκπαιδευτικό αντικείμενο και κάθε εκπαιδευτική δραστηριότητα που υποστηρίζουν και κατόπιν σχολιάζοντας αυτά με κατάλληλες ιδιότητες και στην συνέχεια, υλοποιώντας το τμήμα που εκτελεί τον προτεινόμενο αλγόριθμο.

Λόγω των ενθαρρυντικών αποτελεσμάτων της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής στη μικρή κλίμακα που έχει εφαρμοστεί, στα μελλοντικά σχέδιά μας έχουν δρομολογηθεί ένα σύνολο από δράσεις. Πρώτιστα είναι η δημιουργία μια αποθήκης (repository) από εναλλακτικά χρησιμοποιήσιμα εκπαιδευτικά αντικείμενα για ένα σύνολο από μαθήματα. Έπεται η υλοποίηση πειραμάτων για διαφορετικά μαθήματα, προσέχοντας ώστε να αναδειχτούν όλοι οι παράγοντες που δυνητικά παίζουν ρόλο στην ικανοποιητική και αποδοτική υλοποίηση ενός μαθήματος: τα γνωστικό επίπεδο, η ηλικία, η πρότερη γνώση, το είδος του μαθήματος κ.α. Με αποτελέσματα που θα προκύψουν από μια σε βάθος-χρόνου έρευνα αναμένεται να χτιστεί ένα σύνολο από προφίλς για μια ευρεία ποικιλία από μαθησιακά στυλ προκειμένου να λειτουργήσουν σαν οδηγός για την παροχή γνώσης με σταδιακά πιο κατάλληλες για την μεταφορά πληροφορίας μεθόδους.

Στα μελλοντικά σχέδιά μας επίσης βρίσκεται και η μετατροπή του προτύπου μας σε ένα module για το open source LMS Moodle.

Βιβλιογραφία

Advanced Distributed Learning. SCORM. Retrieved on 04 May, 2009 from http://www.adlnet.gov/scorm/

ACM - Advancing Computing as a Science and a Profession. Retrieved on 04 May, 2009 from http://www.acm.org/class/1998/overview.html

Ahn, J. (2003), 'Personality of Learners and Group Collaboration Developments in E-Learning', World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education (ELEARN). Phoenix, Arizona, USA

Balabanović M., Shoham Y. (1997), 'Fab: content-based, collaborative recommendation', Communications of the ACM, 40(3), 66 – 72, ISSN:0001-0782

Berners Lee T., Hendler J., Lassila O., (2002), The semantic web. Scientific American Special. Online Issue.

Brusilovsky P. (1996). Methods and techniques of adaptive hypermedia. User Modeling and User-Adapted Interaction, 6(2-3), pp. 87-129

Carmona C., Castillo G., Millán E. (2007), 'Discovering Student Preferences in E-Learning', Proceedings of the International Workshop on Applying Data Mining in e-Learning, pp. 23-33

Dolog P., Henze H., Nejdl W., Sintek M. (2004), 'The Personal Reader: Personalizing and Enriching Learning Resources using Semantic Web Technologies', Proceedings of the AH

Euzenat, J., Shvaiko P., (2007). Ontology Matching, Springer, ISBN 3540496114, 9783540496113

Felder R., Silverman L. (1998), 'Learning and Teaching Styles In Engineering Education', Journal of Engineering Education, 78(7), pp. 674–681

Graf S., Kinshuk, Liu T.-C. (2008), 'Providing Adaptive Courses in Learning Management Systems with Respect to Learning Styles', Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education, pp. 482-486

Henze N., Dolog P., Nejdl, W. (2004), 'Reasoning and Ontologies for Personalized E-Learning in the Semantic Web'. Educational Technology and Society, 7(4), pp. 82-97

'How to write F-Logic Programs: A tutorial for the language F-Logic', *Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking*, vol. 42, Issue 5 (August 2003), p. 579-598, ISSN: 1389-1286

IEEE Learning Technology Standards Committee, Retrieved on 04 May, 2009 from http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_ 12_1_v1_Final_Draft

IEEE P1484.2.1/D8, 2001-11-25, *Draft Standard for Learning Technology Sponsored by the Learning Technology Standards Committee of the IEEE Computer Society*. Retrieved on 04 May, 2009 from http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_ Final_Draft

Jonassen D., Grabowski H., Barbara L. (1993), 'Handbook of Individual Difference, Learning, and Instruction', Hillsdale. Editors: Lawrence Erlbaum Associates

Keefe, J. W. (1991), '*Learning style: Cognitive and thinking skills'*, Editors: National Association of Secondary School Principals, Reston

Kerkiri T., Konetas D., Paleologou A.-M., Mavridis, I. (in press), 'Semantic Web Technologies Anchored in Learning Styles as Catalysts towards Personalizing the Learning Process', **International Journal of Learning and Intellectual Capital**, ISSN (Online)

Kerkiri T., Mavridis I., Manitsaris A. (2009), 'How e-Learning systems may benefit from ontologies and recommendation methods to efficiently personalize knowledge', International Journal of Knowledge and Learning ISSN (Online): 1741-1017 - ISSN (Print), pp. 1741-1009

Kritikou Y., Demestichas P., Adamopoulou E., Demestichas K., Theologou M., Paradia M., (2008), 'User Profile Modeling in the context of web-based learning management systems', Science Direct, *Journal of Network and Computer Applications*, pp. 603-627

Merrill M. D. (2000), '*Instructional Strategies and Learning Styles: Which takes Precedence?', Trends and Issues in Instructional Technology*, Editors: Robert Reiser and Jack Dempsey. Prentice Hall.

Ounnas A., Liccardi I., Davis H. C., Millard D. E., White S. A. (2006), 'Towards a Semantic Modeling of Learners for Social Networks', Paper presented at the 2006 International Workshop on Applications of Semantic Web Technologies for E-Learning (SW-EL), (AH'06), Ireland

Park Y., Black J. B. (2007), 'Identifying the impact of domain knowledge and cognitive style on Web-based information search behavior', Journal of Educational Computing Research, 147(36), pp. 15-37.

Rogers A. (1999), '*Teaching Adults'*, Open University Press, ISBN 960-375-015-8

Sangineto E. (2008), '*An Adaptive E-Learning Platform for Personalized Course Generation'*, Editors: Claus Pahl Architecture Solutions for E-Learning Systems, ISBN: 978-1-59904-633-4

Sowa J.F. (2000), 'Knowledge Representation: Logical, Philosophical', Computational Foundations, Editors: Brooks Cole Publishing Co. CA: Pacific Grove

Wang T. I., Tsai K. H. Lee, M. C., Chiu, T. K. (2007), '*Personalized Learning Objects Recommendation based on the Semantic-Aware Discovery and the Learner Preference Pattern'*, Educational Technology & Society, 10 (3), pp. 84-105