

## Διεθνές Συνέδριο για την Ανοικτή & εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση

Τόμ. 6, Αρ. 1Α (2011)

Εναλλακτικές Μορφές Εκπαίδευσης



ΤΟΜΟΣ Α  
PART / ΜΕΡΟΣ Α

Αξιοποίηση Οντολογιών για τη Μοντελοποίηση  
Γνωστικών Πεδίων στην εξ Αποστάσεως  
Εκπαίδευση

*Γεωργία Σολωμού, Αγγελική Κουνέλη, Αχιλλέας  
Καμέας*

doi: [10.12681/icodl.750](https://doi.org/10.12681/icodl.750)

## Αξιοποίηση Οντολογιών για τη Μοντελοποίηση Γνωστικών Πεδίων στην εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση

### Using Ontologies for Modeling Knowledge Domains in Distance Learning

**Γεωργία Σολωμού**  
Εργαστήριο Εκπαιδευτικού  
Υλικού και Εκπαιδευτικής  
Μεθοδολογίας  
Ελληνικό Ανοικτό  
Πανεπιστήμιο  
solomou@eap.gr

**Αγγελική Κουνέλη**  
Εργαστήριο Εκπαιδευτικού  
Υλικού και Εκπαιδευτικής  
Μεθοδολογίας  
Ελληνικό Ανοικτό  
Πανεπιστήμιο  
kouneli@eap.gr

**Αχιλλέας Καμέας**  
Εργαστήριο Εκπαιδευτικού  
Υλικού και Εκπαιδευτικής  
Μεθοδολογίας  
Ελληνικό Ανοικτό  
Πανεπιστήμιο  
kameas@eap.gr

#### Abstract

The dissemination of learning objects through internet in an intelligent way, may contribute to the enhancement of several services offered by e-learning environments. Towards this direction, the use of a knowledge organization system, able to properly characterize and manage the vast amount of educational material, seems to play a key role. Nevertheless, not all existing knowledge organization systems fit all cases. Although similar in many points, each such system has its own special features that render it suitable for only a few cases. Having these in mind, within the framework of this work we try to find the best possible technique for modeling a knowledge domain. We accomplish this task by comparing the main characteristics of the most important structures, aiming at modeling knowledge. For the time being, we apply the selected knowledge organization system for representing the knowledge taught by a certain distance learning course and see how well does this technique behave. Our further intention is to exploit this particular technique in all aspects of a distance learning environment.

**Key-words:** *knowledge representation, ontologies, distance learning*

#### Περίληψη

Η διάχυση των μαθησιακών αντικειμένων μέσω του Διαδικτύου με τρόπο ευφυή, που να ανταποκρίνεται στις ουσιαστικές ανάγκες των εκπαιδευόμενων, θα μπορούσε να βελτιώσει σημαντικά τις προσφερόμενες υπηρεσίες ενός συστήματος ηλεκτρονικής μάθησης. Απαραίτητη προϋπόθεση για κάτι τέτοιο είναι η υιοθέτηση ενός αποδοτικού πλαισίου οργάνωσης, περιγραφής και διαχείρισης του διαθέσιμου εκπαιδευτικού υλικού. Τα διάφορα συστήματα οργάνωσης γνώσης που έχουν αναπτυχθεί κατά καιρούς αφενός συμβάλλουν στην επίτευξη αυτού του στόχου, ωστόσο δεν αποτελούν τις ιδανικότερες λύσεις για κάθε περίπτωση. Συνεπώς, μέσα από αυτήν την εργασία επιχειρούμε να διακρίνουμε τις διαφορές ανάμεσα στις κυριότερες δομές αναπαράστασης γνώσης και να εντοπίσουμε αυτή που ανταποκρίνεται ικανοποιητικότερα στην μοντελοποίηση ενός γνωστικού πεδίου με τρόπο μηχανικά αναγνώσιμο. Σε αυτή την πρώτη προσπάθεια, εφαρμόζουμε στην πράξη το σύστημα οργάνωσης γνώσης που κρίναμε ότι υπερτερεί έναντι των υπολοίπων, ώστε να διαπιστώσουμε τη δυναμική του. Απώτερο στόχο μας αποτελεί η αξιοποίηση αυτής της τεχνικής σε όλες τις εκφάνσεις ενός προγράμματος εξ αποστάσεως εκπαίδευσης.

**Λέξεις κλειδιά:** αναπαράσταση γνώσης, οντολογίες, εξ αποστάσεως εκπαίδευση

## 1. Εισαγωγή

Η αποδοτική αναπαράσταση της πληροφορίας, με τρόπο που αυτή να καθίσταται κατανοητή και διαχειρίσιμη από τα υπολογιστικά συστήματα, αποτελεί πλέον βασικό ζητούμενο όλων των σύγχρονων εφαρμογών. Ένα τέτοιο επιθυμητό χαρακτηριστικό μετατρέπεται σε επιτακτική ανάγκη όταν αναφερόμαστε σε περιβάλλοντα ηλεκτρονικής μάθησης. Εκεί, το περιεχόμενο που πρέπει να διαχειριστεί ένα υπολογιστικό σύστημα είναι τεράστιο σε όγκο, κατά κανόνα ετερογενές ως προς τη μορφή του και συχνά άναρχα δομημένο με αποτέλεσμα οι υπολογιστές να αδυνατούν να ανταπεξέλθουν ικανοποιητικά στις απαιτήσεις των εκπαιδευόμενων ενός προγράμματος εξ αποστάσεων εκπαίδευσης.

Απ την άλλη, για να επιτευχθεί αποδοτική αναπαράσταση των δεδομένων απαιτείται η υιοθέτηση ενός μηχανισμού μοντελοποίησης, ικανού να συλλαμβάνει τη σημασιολογία τους αλλά και να οδηγεί στην εξαγωγή νέας, μη ρητά δηλωμένη γνώσης. Επιπρόσθετα, είναι ιδιαίτερα σημαντικό η οργάνωση της δομής και της σημασιολογίας της πληροφορίας να υλοποιείται με τρόπο ενιαίο, εξασφαλίζοντας έτσι διαλειτουργικότητα μεταξύ των εφαρμογών.

Για να αναπαρασταθεί η γνώση απαιτείται σε πρώτο στάδιο η ανάλυση αυτής και η αναγνώριση των σχετικών εννοιών και των σχέσεων τους και σε δεύτερο στάδιο η μετατροπή του αποτελέσματος σε μια μορφή κατάλληλα επεξεργάσιμη από τον υπολογιστή. Προκειμένου να πραγματοποιηθεί αυτή η ανάλυση χρησιμοποιείται κάποια φυσική γλώσσα. Οι τεχνητές γλώσσες δεν κρίνονται κατάλληλες επειδή είναι απόλυτα αυστηρές και ακριβείς ενώ η μοντελοποίηση της γνώσης, αφενός δεν είναι ξεκάθαρη και αφετέρου οι έννοιες και οι μεταξύ τους σχέσεις συχνά είναι συγκεχυμένες.

Ένας από τους πιο διαδεδομένους τρόπους αναπαράστασης γνώσης, που αποτελεί σημαντικό εργαλείο στην εκπαιδευτική διδασκαλία, είναι ο εννοιολογικός – γνωσιολογικός χάρτης. Η εννοιολογική χαρτογράφηση αναπτύχθηκε από τον Joseph D. Novak και την ερευνητική του ομάδα, στο Cornell University, τη δεκαετία του 1970, σαν ένα μέσο για την αναπαράσταση της επιστημονικής γνώσης των μαθητών (Novak & Cañas, 2008). Από τότε, χρησιμοποιείται σαν εργαλείο για την καλύτερη και αποδοτικότερη εκμάθηση στις επιστήμες και σε άλλα μαθήματα αλλά παράλληλα και για την απεικόνιση της εξειδικευμένης γνώσης ατόμων και ομάδων στην εκπαίδευση, στη διακυβέρνηση και στις επιχειρήσεις.

Ωστόσο, για την αναπαράσταση γνώσης έχουν κατά καιρούς αξιοποιηθεί και άλλα συστήματα, που δεν ακολουθούν πάντα τη λογική των γνωσιολογικών χαρτών, παρ' όλα αυτά παραμένει κοινός ο στόχος τους για μοντελοποίηση της σημασιολογίας των δεδομένων που βρίσκονται αποθηκευμένα σε βάσεις γνώσης. Ανάλογα με τις δυνατότητες του καθενός και το επίπεδο δόμησης, οργάνωσης και αξιοποίησης της πληροφορίας που επιδιώκεται από την εκάστοτε εφαρμογή, τα συστήματα αυτά βρίσκουν εφαρμογή σε ποικίλους τομείς, όπως η εκπαίδευση, η ιατρική, ο πολιτισμός, η οικονομία και πολλοί άλλοι.

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι να εντοπίσει και να συγκρίνει τα βασικά γνωρίσματα των διαφόρων δομών αναπαράστασης γνώσης και κατόπιν να προτείνει και να εφαρμόσει στην πράξη την τεχνική που κρίνεται ως καταλληλότερη για να περιγράψει τις έννοιες που συνθέτουν την εκπαιδευτική διαδικασία. Αναλυτικότερα, η συγκεκριμένη εργασία δομείται ως εξής: Αφού γίνει αναφορά στα χαρακτηριστικά των βασικότερων τεχνικών αναπαράστασης γνώσης μέσα στην ενότητα 2, περνάμε σε

μια συγκριτική αξιολόγησή τους. Στην συνέχεια, στην ενότητα 3, περιγράφεται η έννοια της οντολογίας, ενώ δίνεται ιδιαίτερο βάρος στην παρουσία αυτής στο χώρο της εκπαίδευσης. Κατόπιν, η ενότητα 4 περιγράφει μια οντολογία που επιχειρεί να μοντελοποιήσει το γνωστικό πεδίο που προσφέρεται μέσα από ένα πρόγραμμα εξ αποστάσεως εκπαίδευσης. Τέλος, στην ενότητα 5 συνοψίζουμε τα συμπεράσματα αυτής της έρευνας, τονίζοντας τα σημεία που θα βελτιωθούν ή θα επεκταθούν μελλοντικά.

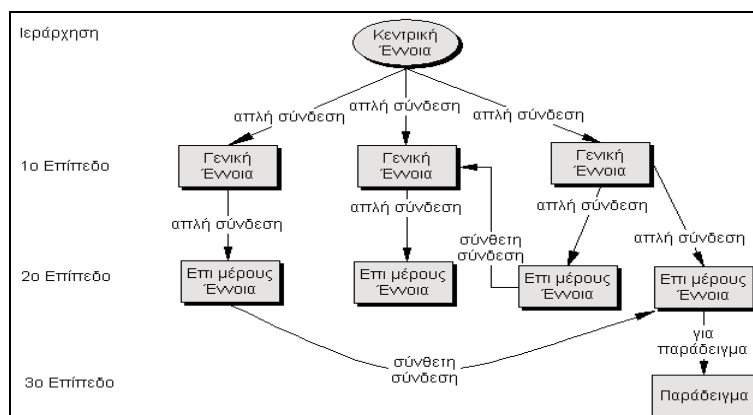
## 2. Τεχνικές και Σχήματα για Αποδοτική Αναπαράσταση Γνώσης

Με γνώμονα το πολυσύνθετο περιβάλλον της ηλεκτρονικής μάθησης, αναζητούμε μέσα από αυτή την ενότητα ένα σχήμα δόμησης, οργάνωσης και διαχείρισης γνώσης, που να μπορεί να ανταποκριθεί με τον καλύτερο δυνατό στην αναπαράσταση των επιμέρους εννοιών που απαντά κανείς σε ένα τέτοιο χώρο. Μετά από μια αναφορά στους γνωσιολογικούς χάρτες, ακολουθεί η περιγραφή των πιο γνωστών συστημάτων οργάνωσης.

### 2.1 Οι Γνωσιολογικοί Χάρτες

Οι γνωσιολογικοί χάρτες, σύμφωνα με τους (Novak & Cañas, 2008), αποτελούν μία γραφική αναπαράσταση εννοιών. Αναλυτικότερα, περιλαμβάνουν έννοιες, που αναπαρίστανται με κύκλους ή ορθογώνια, και σχέσεις που υποδηλώνονται με συνδετικές γραμμές-βέλη μεταξύ των αντίστοιχων εννοιών ή των προτάσεων. Η έννοια θεωρείται σαν ένας κόμβος που αποτελείται από μία ετικέτα, η οποία, συνήθως, είναι μία λέξη για την ονομασία αυτής. Οι συνδετικές γραμμές συνοδεύονται από ετικέτες που δείχνουν τη φύση της σχέσης, για παράδειγμα “αποτελείται από”, “οδηγεί σε”. Οι προτάσεις είναι δηλώσεις σχετικά με κάποιο αντικείμενο ή γεγονός στο σύμπαν, που είτε δημιουργήθηκε φυσικά είτε κατασκευάστηκε. Περιέχουν δύο ή περισσότερες έννοιες συνδεδεμένες με άλλες λέξεις προκειμένου να συγκροτήσουν πιο συγκεκριμένες και σύνθετες δηλώσεις. Στην εικόνα 1 παρουσιάζεται μία συνοπτική απεικόνιση των χαρακτηριστικών αυτών. Τα δύο βασικά χαρακτηριστικά της γνωσιολογικής χαρτογράφησης που την καθιστούν κατάλληλη για αποδοτική και δημιουργική σκέψη είναι τα εξής:

- **Ιεραρχική δομή.** Αυτό σημαίνει πως οι έννοιες αναπαρίστανται σε μία ιεραρχική διάταξη με τις γενικότερες να λαμβάνουν υψηλότερη θέση στο χάρτη
- **Σύνθετοι σύνδεσμοι.** Υπάρχουν σχέσεις (προτάσεις = συνδετικές γραμμές με συνδετικές λέξεις) μεταξύ των εννοιών σε διαφορετικά πεδία στο χάρτη. Οι σύνθετοι σύνδεσμοι δείχνουν πώς αυτά τα πεδία που αναπαρίστανται στο χάρτη συνδέονται μεταξύ τους. Στη δημιουργία νέας γνώσης, αναπαριστούν νέα άλματα από την πλευρά αυτού που παράγει τη γνώση.



Εικόνα 1. Συνοπτική παρουσίαση χαρακτηριστικών εννοιολογικού χάρτη.

## 2.2 Συστήματα Οργάνωσης Γνώσης

Εκτός από τους γνωσιολογικούς χάρτες, έχουν κατά καιρούς αναπτυχθεί και ποικίλες άλλες δομές οργάνωσης και αναπαράστασης σημασιακά επισημασμένης πληροφορίας. Συχνά γι αυτές τις τεχνικές αναφέρεται η ονομασία *Συστήματα Οργάνωσης Γνώσης*. Με τον όρο αυτό αναφερόμαστε στα εξελιγμένα εργαλεία που είναι απαραίτητα στην αναζήτηση ψηφιακής πληροφορίας ενώ ο συγκεκριμένος ορισμός εμπεριέχει όλους τους τύπους σχημάτων για την οργάνωση της πληροφορίας και την προώθηση της διαχείρισης γνώσης. Τα συστήματα οργάνωσης γνώσης περιλαμβάνουν σχήματα ταξινόμησης και κατηγοριοποίησης, κεφαλίδες θεμάτων, αρχεία καθιερωμένων επικεφαλίδων αλλά και υψηλά δομημένα λεξιλόγια, όπως οι θησαυροί, ή και λιγότερο παραδοσιακά σχήματα, όπως τα σημασιολογικά δίκτυα και οι οντολογίες. Από όλα τα προαναφερθέντα, τα ελεγχόμενα λεξιλόγια, οι θησαυροί, οι ταξινομίες και οι οντολογίες χρησιμοποιούνται σε ευρύτερη κλίμακα. (Hodge, 2000)

Το *ελεγχόμενο λεξιλόγιο* (*controlled vocabulary*) είναι μία περιορισμένη λίστα ονομαζόμενων θεμάτων, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για κατηγοριοποίηση. Τα συστατικά μέρη ενός ελεγχόμενου λεξιλογίου αποτελούν οι *όροι* (*terms*), όπου ένας όρος είναι ένα ιδιαίτερο όνομα για μία ιδιαίτερη έννοια. Η κάθε έννοια μπορεί να έχει πολλαπλά ονόματα ενώ κάθε όρος μπορεί να ονοματίζει πολλαπλά θέματα. Επίσης, δεν υπάρχουν διπλότυποι όροι. Χαρακτηρίζεται ως «ελεγχόμενο» αφενός γιατί μόνο όροι από τη λίστα μπορούν να χρησιμοποιούνται για το θέμα που καλύπτεται και αφετέρου επειδή εάν χρησιμοποιείται από περισσότερους του ενός ανθρώπους, είναι απαραίτητο να υπάρχει έλεγχος για το ποιος προσθέτει όρους στη λίστα, πότε και πως.

Όσον αφορά την *ταξινομία* (*taxonomy*), είναι μία συλλογή από όρους του ελεγχόμενου λεξιλογίου με το πρόσθετο χαρακτηριστικό ότι αυτοί οι όροι είναι οργανωμένοι σε μία ιεραρχική δομή. Οι όροι μεταξύ τους συνδέονται με σχέσεις «γονέα-παιδιού». Άλλοι τύποι σχέσεων που απαντώνται σε μια ιεραρχία είναι οι: σύνολο-μέρος (*whole-part*), κατηγορία-είδος (*genus-species*), τύπος-στιγμιότυπο (*type-instance*). Μερικές ταξινομίες επιτρέπουν πολλαπλή ιεραρχία, που σημαίνει ότι ένα παιδί μπορεί να έχει πολλούς γονείς. Το κέρδος του εν λόγω συστήματος οργάνωσης γνώσης είναι πως επιτρέπει σε σχετιζόμενους όρους να ομαδοποιηθούν μαζί και να κατηγοριοποιηθούν με τρόπο που καθιστά εύκολη την εύρεση εκείνου που είναι καταλληλότερος για ένα θέμα. Μερικές φορές η ταξινομία αναφέρεται και σαν δέντρο, με τους όρους να χαρακτηρίζονται ως κόμβοι.

Ο *θησαυρός* (*thesaurus*) αποτελεί ένα ακόμα σύστημα οργάνωσης γνώσης και θεωρείται ως επέκταση της ταξινομίας. Ουσιαστικά είναι κι αυτός ένα δομημένο

ελεγχόμενο λεξιλόγιο με τη διαφορά πως υποστηρίζει περισσότερες σχέσεις από ότι μια ταξινόμια. Ειδικότερα, εκτός από την ιεραρχική, υποστηρίζονται άλλα δύο είδη σχέσεων: σχέσεις ισοδυναμίας (equivalency) και συσχέτισης (associative). Η σχέση ισοδυναμίας δημιουργήθηκε για να συνδέει συνώνυμα ή λέξεις που έχουν σχεδόν την ίδια σημασία. Η σχέση συσχέτισης χρησιμοποιείται για να συνδέσει δύο όρους που δε συσχετίζονται ούτε ιεραρχικά ούτε ως ισοδύναμοι, εντούτοις θα πρέπει να χρησιμοποιείται με επιφύλαξη, καθώς η υπερβολική χρήση του μπορεί να μειώσει την ειδικευση της αναζήτησης.

Οι *οντολογίες* αποτελούν ένα από τα πιο πρόσφατα συστήματα και αναπτύσσονται κυρίως στο πλαίσιο του Σημασιολογικού Ιστού ως ειδικά μοντέλα εννοιών. Αναπαριστούν πολύπλοκες σχέσεις ανάμεσα σε αντικείμενα και περιλαμβάνουν κανόνες και αξιώματα ενώ περιγράφουν τη γνώση ενός συγκεκριμένου τομέα. Ειδικότερα, βασικό γνώρισμα της οντολογίας είναι ότι επιτρέπει τον ορισμό ενός πλούσιου δικτύου σημασιολογικών σχέσεων (semantic relationships), γεγονός που την καθιστά ισχυρότερη των θησαυρών αλλά και άλλων συστημάτων διαχείρισης και οργάνωσης γνώσης. Μια κατηγοριοποίηση των δομών αναπαράστασης γνώσης, όπως αναφέρεται στο (Lassila & McGuinness, 2001) φαίνεται στην Εικόνα 2.



Εικόνα 2. Τύποι δομών αναπαράστασης γνώσης

Συμπερασματικά, ο όρος «οντολογία» μπορεί χρησιμοποιηθεί για να αναφερθεί σε όλες τις προαναφερθείσες δομές αναπαράστασης γνώσης. Εντούτοις, όταν αναφερόμαστε σε μια οντολογία τείνουμε να εννοούμε μια πιο πλούσια, τυπική και βασισμένη στη λογική κωδικοποίηση που χρησιμοποιείται για τη διευκρίνιση των εννοιών των όρων ενός συγκεκριμένου γνωστικού πεδίου.

### 2.3 Συγκρίνοντας τα Συστήματα Οργάνωσης Γνώσης

Με βάση τις περιγραφές που δόθηκαν στην προηγούμενη ενότητα, προκύπτει το συμπέρασμα πως ανάμεσα στα διάφορα συστήματα αναπαράστασης γνώσης υπάρχουν αρκετές ομοιότητες αλλά και σημαντικές διαφορές. Τα διαφορετικά τους σημεία είναι εκείνα που τελικά αναδεικνύουν πιο είναι κάθε φορά το καταλληλότερο σχήμα για αξιοποίηση μέσα σε ένα περιβάλλον ή εφαρμογή.

Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά τα ελεγχόμενα λεξιλόγια, υπάρχουν αρκετά πλεονεκτήματα που επιφέρει η χρήση τους. Κατ' αρχάς μπορούν να αξιοποιηθούν με απλό τρόπο, όπως για παράδειγμα χρησιμοποιώντας ένα λογισμικό ώστε να επιλέγονται τιμές από μία λίστα, αποφεύγοντας την πληκτρολόγηση και τα λάθη

ορθογραφίας. Έπειτα, προσφέρουν βελτιωμένη αναζήτηση. Αυτό μπορεί να γίνει εξασφαλίζοντας αξιόπιστη εύρεση πηγών εμποδίζοντας αποτυχημένους συνδυασμούς λέξεων. Για παράδειγμα, η αναζήτηση για “child care”, δεδομένου ότι ο προτιμητέος όρος περιλαμβάνει συνώνυμα, θα γίνει σωστά είτε ο χρήστης γράψει “childcare” ή “child minding” είτε ακόμα και “occasional care”. Ένα επιπλέον θετικό γνώρισμα του ελεγχόμενου λεξιλογίου είναι η δυνατότητα πλοήγησης (browsing) των πηγών, εφόσον βέβαια δεν υπάρχει υπερβολικός αριθμός όρων. Τέλος, τα μεταδεδομένα που χρησιμοποιεί ένα ελεγχόμενο λεξιλόγιο επιτρέπουν τη δημιουργία συνδέσμων μεταξύ παρόμοιων εννοιών, επιτρέποντας έτσι τη σύνδεση μεταξύ διαφορετικών τύπων θεμάτων.

Παρ’ όλα τα πλεονεκτήματά του, το ελεγχόμενο λεξιλόγιο υστερεί σε δύο σημεία: Δεν παρουσιάζει μία οργανωμένη δομή των όρων, και δεν υπάρχει κάποιου είδους σχέση μεταξύ αυτών, πέρα της συνωνυμίας. Το απλούστερο σύστημα που αντιμετωπίζει αυτά τα προβλήματα είναι η ταξινομία, στην οποία εισάγεται η σχέση “γονέα-παιδιού”. Η ιεραρχία που δημιουργεί καθιστά απλούστερη την πλοήγηση και αποδοτικότερη την αναζήτηση. Κάτι τέτοιο έχει ως αποτέλεσμα ο χρήστης μιας ταξινομίας να εξοικονομεί χρόνο για την εύρεση κάποιας πηγής ενώ παράλληλα ευνοείται η εξόρυξη πληροφορίας γιατί η οργάνωση είναι τέτοια, ώστε να επιτρέπει την αναζήτηση παρόμοιων ή σχετιζόμενων θεμάτων. Στην ουσία μια ταξινομία προσφέρει ότι και ένα ελεγχόμενο λεξιλόγιο απλά με πιο βελτιωμένους τρόπους λόγω, όπως προαναφέρθηκε, της ιεραρχικής ομαδοποίησης των όρων και της καινούριας σχέσης.

Πολύ περισσότερο, όμως, διευκολύνεται η εύρεση και η αναζήτηση περιεχομένου πηγών, χρησιμοποιώντας τους θησαυρούς, καθώς εισάγονται καινούριες σχέσεις οι οποίες αποσαφηνίζουν και περιγράφουν αποδοτικότερα τους όρους. Σύμφωνα με τα προηγούμενα, σε μια ταξινομία υπάρχει η σχέση “ευρύτερη/πιο-περιορισμένη σημασία” που χρησιμοποιείται για να δημιουργηθεί η ιεραρχία. Το σύνολο των όρων που περιγράφεται είναι ανοιχτό, αλλά η γλώσσα που τους περιγράφει είναι κλειστή, καθώς αποτελείται από μία μοναδική σχέση. Ο θησαυρός επεκτείνεται με τις σχέσεις συσχέτισης, όμως η γλώσσα παραμένει κλειστή, καθώς αυτό είναι όλο και όλο το λεξιλόγιο που διατίθεται για την περιγραφή των όρων. Στο σημείο αυτό έρχονται οι οντολογίες, οι οποίες επιτρέπουν σε αυτόν που δημιουργεί τη γλώσσα για την περιγραφή ενός θέματος, να είναι ελεύθερος να χρησιμοποιήσει όποια λέξη επιθυμεί. Άρα πρόκειται για ανοιχτή γλώσσα.

Μια ουσιώδης διαφορά της οντολογίας σε σχέση με τους θησαυρούς, τις ταξινομίες και τα ελεγχόμενα λεξιλόγια είναι ότι τα τελευταία προορίζονται για χρήση από ανθρώπους ενώ μία οντολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί εξίσου από ανθρώπους και από υπολογιστικά συστήματα. Αν και όλα αυτά τα συστήματα περιέχουν ορισμούς όρων, διαφέρουν στον τρόπο που εκφράζουν το νόημά τους. Ο θησαυρός δεν παρέχει έναν επίσημο προσδιορισμό των εννοιών, ενώ οι οντολογίες προσδιορίζουν εννοιολογικά τη γνώση χρησιμοποιώντας μία τυπική γλώσσα με ξεκάθαρη σημασιολογία και σαφή ερμηνεία των όρων που χρησιμοποιούνται. Το βασικό αυτό χαρακτηριστικό των οντολογιών, το ότι δηλαδή μοντελοποιούν τα δεδομένα έτσι ώστε αυτά να αποκτούν νόημα για τους υπολογιστές, συντελεί στη βελτίωση διαδικασιών, όπως η ανάκτηση πληροφορίας και η διαχείριση της γνώσης. Μάλιστα, οι διαδικασίες αυτές είναι κρίσιμης σημασίας σε περιβάλλοντα όπως η εξ αποστάσεως εκπαίδευση, όπου οι εκπαιδευόμενοι έχουν την ανάγκη να εντοπίζουν εύκολα και με ακρίβεια το υλικό που τους ενδιαφέρει.

Αναγνωρίζοντας αυτά τα χαρακτηριστικά των οντολογιών, στις ενότητες που ακολουθούν αναλύουμε και εν τέλει αξιοποιούμε την οντολογία για την αποτύπωση ενός επιλεγμένου πεδίου γνώσης που προσφέρεται για εκμάθηση από απόσταση.

### 3. Η Οντολογία ως μέσο Αναπαράστασης Γνώσης;

Στις υποενότητες που ακολουθούν επιχειρείται να αποτυπωθούν τα βασικά χαρακτηριστικά των οντολογιών και κυρίως να εντοπιστεί πώς αυτές αξιοποιούνται στην εκπαιδευτική διαδικασία.

#### 3.1 Ορισμός και Χαρακτηριστικά Οντολογίας

Η οντολογία είναι μία από τις πολλές λέξεις, την οποία έχει δανειστεί η επιστήμη της πληροφορικής από το καθημερινό μας λεξιλόγιο ή από άλλους επιστημονικούς κλάδους και της έχει αποδώσει ένα συγκεκριμένο τεχνικό νόημα που σε ένα βαθμό διαφορετικό από το αρχικό. Ο πιο διαδεδομένος και αξιόπιστος ορισμός της οντολογίας, όσον αφορά τη χρήση της στην επιστήμη των υπολογιστών εν γένει, είναι εκείνος που διατυπώθηκε από τον Gruber:

*«Η οντολογία είναι μια τυπική, σαφής προδιαγραφή μιας διαμοιρασμένης εννοιολογικής αναπαράστασης (conceptualization)»* (Gruber, 1993).

Σύμφωνα με τα μέλη της Κοινοπραξίας για τον Παγκόσμιο Ιστό (W3C - World Wide Web Consortium) στην οντολογία αποδίδεται ένας ακόμα πιο τεχνικός ορισμός:

*«Μια οντολογία καθορίζει εκείνους τους όρους που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή και την αναπαράσταση ενός πεδίου γνώσης. Περιλαμβάνει ορισμούς τόσο των βασικών εννοιών του πεδίου γνώσης όσο και των μεταξύ τους σχέσεων με τρόπο μηχανικά αναγνώσιμο. Η οντολογία κωδικοποιεί γνώση για ένα πεδίο όπως επίσης και γνώση που συνδέει πεδία. Κατά αυτό τον τρόπο, παράγει γνώση επαναχρησιμοποιήσιμη»* (Heflin, 2004).

Συμπερασματικά, οι οντολογίες είναι δομές αναπαράστασης ικανές να συλλαμβάνουν και να προσδιορίζουν τη γνώση ενός πεδίου ενδιαφέροντος μέσω κοινά αποδεκτών όρων, τυπικών αξιωμάτων και περιορισμών και αναδεικνύουν τη σημασιολογία του πεδίου αυτού. Με τον τρόπο αυτό, διευκολύνουν την πρόσβαση στην πληροφορία και συνεισφέρουν στην κοινή κατανόηση.

Όσον αφορά τα δομικά της στοιχεία, μια οντολογία αποτελείται από:

- **Κλάσεις** (classes): Αναπαριστούν έννοιες που σχετίζονται με ένα πεδίο. Για παράδειγμα, όλοι οι άνθρωποι μπορεί να αναπαρασταθούν με την κλάση «Άνθρωπος», ενώ όλα τα φυτά με την κλάση «Φυτά».
- **Ιδιότητες** (properties): Εκφράζουν κάποια χαρακτηριστικά αλλά και ένα είδος αλληλεπίδρασης μεταξύ των εννοιών ενός πεδίου (π.χ. μιας κλάση είναι υποκλάση κάποιας άλλης). Έτσι, η κλάση «Άντρας» όσο και η «Γυναίκα» είναι υπο-κλάσεις της «Άνθρωπος». Επίσης, μπορεί να οριστεί η ιδιότητα «έχειΣύζυγο» που να συνδέει έναν άντρα με μια γυναίκα.
- **Περιορισμούς ιδιοτήτων** (restrictions): Καθορίζουν τις επιτρεπτές τιμές όσον αφορά το εύρος και το πεδίο ορισμού κάθε ιδιότητας (π.χ. μπορεί να αφορούν αριθμητικούς περιορισμούς). Σύμφωνα με τα παραπάνω, η ιδιότητα «έχειΣύζυγο» μπορεί να συνδέσει έναν συγκεκριμένο άνδρα με ένα και μόνο μέλος της κλάσης «Γυναίκα».
- Επίσης, μια οντολογία περιλαμβάνει **στιγμιότυπα** (instances), δηλαδή πραγματικές οντότητες που είναι μέλη των κλάσεων. Για παράδειγμα η «Μαρία» είναι στιγμιότυπο της κλάσης «Γυναίκα», που συνδέεται μέσω της σχέσης «έχειΣύζυγο» με το στιγμιότυπο «Γιάννης» της κλάσης «Άνδρας».

Μια οντολογία, σύμφωνα με το πώς ορίστηκε παραπάνω, μαζί με ένα σύνολο στιγμιότυπων, σχηματίζει μια βάση γνώσης.

### 3.2 Γιατί Οντολογίες;

Γενικά η οντολογία είναι το μέσο που καθορίζει ένα κοινό λεξιλόγιο για τους ερευνητές που πρέπει να διαμοιραστούν πληροφορίες πάνω σε μια συγκεκριμένη περιοχή ενδιαφέροντος. Περιλαμβάνει ερμηνεύσιμους από τους υπολογιστές ορισμούς των βασικών εννοιών στην περιοχή και τις σχέσεις μεταξύ τους. Επομένως, εκτός από την πλεονεκτική της θέση έναντι των άλλων δομών αναπαράστασης γνώσης, κάποιιοι άλλοι λόγοι που οδηγούν στην ανάγκη δημιουργίας μιας οντολογίας μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

- Διαμοιρασμός της κοινής αντίληψης της δομής της πληροφορίας μεταξύ των ανθρώπων ή των πρακτόρων λογισμικού.
- Διευκόλυνση της επαναχρησιμοποίησης της γνώσης ενός πεδίου
- Δημιουργία ρητών υποθέσεων για κάθε γνωστικό πεδίο
- Διαχωρισμός της γνώσης του κάθε πεδίου από τη λειτουργική γνώση
- Ανάλυση της γνώσης του κάθε πεδίου, κάτι που μπορεί να γίνει εύκολα σε περίπτωση που είναι διαθέσιμες και σαφείς οι προδιαγραφές για την ορολογία που χρησιμοποιείται.

Συχνά στόχος δεν είναι η οντολογία ενός συγκεκριμένου πεδίου αυτή καθαυτή. Η ανάπτυξη μιας οντολογίας είναι όμοια με το καθορισμό του είδους και της δομής ενός συνόλου δεδομένων με σκοπό τη χρησιμοποίησή τους από άλλα προγράμματα. Οι μέθοδοι επίλυσης προβλήματος, οι εφαρμογές ανεξαρτήτου πεδίου, καθώς και οι πράκτορες λογισμικού χρησιμοποιούν ως δεδομένα τις οντολογίες και τις βάσεις γνώσης που χτίζονται από αυτές.

Ένα άλλο σημαντικό κεφάλαιο στις οντολογίες, που ενισχύει τη σπουδαιότητά τους, είναι η αξιοποίησή τους από μηχανισμούς συλλογισμού (reasoners). Με αυτόν τον τρόπο καθίσταται δυνατή η εξαγωγή συμπερασμών, δηλαδή η εξαγωγή νέας γνώσης ως αποτέλεσμα μιας διαδικασίας συλλογισμού. Τα αξιώματα, οι δηλωμένες σχέσεις και οι περιορισμοί που επιβάλλονται σε αυτές συνδυάζονται, ώστε να καταλήξουμε σε γνώση που δεν είναι ρητά δηλωμένη. Η δυνατότητα αυτή είναι πολύ σημαντική, αν αναλογιστεί κανείς ότι πρόκειται για μια διαδικασία που επιτελείται από τις μηχανές.

### 3.3 Χρήση Οντολογιών στην Εκπαίδευση

Για την περιγραφή του γνωστικού πεδίου σε μια εφαρμογή ηλεκτρονικής μάθησης ή διαχείρισης γνώσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοδήποτε από τα συστήματα οργάνωσης και διαχείρισης γνώσης που αναπτύχθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Μάλιστα, η χρήση μιας δενδρικής δομής μπορεί να επιφέρει σημαντική μείωση στο χρόνο επεξεργασίας, παρ' όλα αυτά κρίνεται ανεπαρκής για την περιγραφή του πλούσιου δικτύου σχέσεων που μπορεί να αναπτυχθεί μεταξύ των εννοιών του πεδίου. Ειδικότερα, μια τέτοια δομή πρέπει να εμπλουτιστεί τόσο με τις δυνατές συσχετίσεις των εννοιών, όσο και με αξιώματα, προκειμένου να μπορεί να στηρίζει έναν πιο ολοκληρωμένο μηχανισμό ταιριάσματος εννοιών και εξαγωγής συμπερασμών (inferencing). Επομένως, η *οντολογία πεδίου* (domain ontology) φαίνεται να είναι η καταλληλότερη δομή για αυτό το σκοπό (Davies, Fensel, & van Harmelen, 2002), (Breuker & Bredeweg, 1999).

Πιο συγκεκριμένα, η δημιουργία μιας οντολογίας καθιστά ικανό το συγγραφέα της να επικεντρωθεί στις σημαντικές έννοιες του πεδίου και χωρίς αποκλίνει σε επιμέρους. Ενώ οι φορμαλισμοί αναπαράστασης γνώσης καθορίζουν πώς αναπαρίστανται οι

έννοιες, οι οντολογίες καθορίζουν τι είναι οι έννοιες και πως συνδέονται μεταξύ τους. Έτσι μια οντολογία μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα καλά – μοντελοποιημένο σύστημα ιδεών ενός συγκεκριμένου πεδίου γνώσης μαζί με τις μεταξύ τους σχέσεις.

Έπειτα ισχύουν τα εξής:

- Η γνώση του γνωστικού πεδίου και των εφαρμογών του καθίστανται επαναχρησιμοποιήσιμες καθώς κάθε έννοια καταχωρείται μόνο μία φορά και μπορεί να χρησιμοποιείται συνεχώς με το ίδιο όνομα και τα ίδια χαρακτηριστικά (συνώνυμα, πεδία, σχέσεις με άλλες έννοιες, υποστηρικτικά πολυμέσα κ.ά.).
- Επιτρέπει την αναζήτηση των εννοιών με βάση τη σημασία τους (έννοια) αντί για το όνομά τους (βασίζεται στις έννοιες και όχι στα κείμενα).
- Επιτρέπει την πλοήγηση στο δίκτυο γνώσης που αποτυπώνει κάθε έννοια χωριστά, τη σχέση της με άλλες έννοιες, καθώς και υποστηρικτικά πολυμέσα για την καλύτερη κατανόηση της έννοιας και της χρήσης της.
- Αποτυπώνει (α) τη διανοητική γνώση τη σχετική με το εξεταζόμενο αντικείμενο σαν ένα δίκτυο γνώσης αποτελούμενο από έννοιες και σχέσεις και (β) την εμπειρική γνώση για τη λεπτομερή κατανόηση κάθε έννοιας και σχέσης μέσα από τα υποστηρικτικά πολυμέσα.

Με τις οντολογίες μπορούν να δημιουργηθούν κατηγορηματικές υποθέσεις για κάθε γνωστικό τομέα, έτσι ώστε αν χρειαστεί να αλλάξει κάποια από τις υποθέσεις, εφόσον αλλάξει η γνώση για το πεδίο γνώσης αυτό, να μπορεί να υλοποιηθεί πολύ εύκολα. Επιπλέον, βοηθούν το νέο χρήστη με περιορισμένη γνώση, ώστε να μπορέσει να αντιληφθεί ευκολότερα και με σαφήνεια την έννοια και τη σημασία των όρων του πεδίου γνώσης.

Αρκετές προσπάθειες έχουν γίνει με τη χρήση οντολογιών, προκειμένου να βελτιωθεί ο τομέας της εξ αποστάσεως εκπαίδευσης. Σε μία από αυτές, στο (Neto & Gauthier, 2006), αναπτύχθηκαν τρεις διαφορετικές οντολογίες: η παιδαγωγική οντολογία, για να αναπαραστήσει τη γνώση σχετικά με την εκπαιδευτική διαδικασία, η οντολογία σπουδαστή, για να ξεχωρίσει το είδος σπουδαστή και τέλος η οντολογία γνωστικού πεδίου, η οποία αναπαριστά τις έννοιες του αντίστοιχου γνωστικού πεδίου. Επίσης, στο (Denaux, Dimitrova & Arogo, 2004), οι συγγραφείς ανέπτυξαν προχωρημένες τεχνικές μοντελοποίησης βασισμένες στις οντολογίες γνωστικού πεδίου και γνώση χρήστη με σκοπό την επίτευξη προσαρμοστικότητας στις ανάγκες του χρήστη.

#### **4. Μελέτη Περίπτωσης: Οντολογία για τη Γλώσσα Προγραμματισμού Java**

Στο πλαίσιο αυτής της εργασίας αναπτύχθηκε μια οντολογία η οποία επιχειρεί να μοντελοποιήσει το γνωστικό αντικείμενο της γλώσσας προγραμματισμού Java. Το γνωστικό αυτό πεδίο καλύπτεται από τη θεματική ενότητα ΠΛΗ24 – «Σχεδιασμός Λογισμικού» του προγράμματος σπουδών «Πληροφορική» του ΕΑΠ. Οπότε, λήφθηκε υπόψη το βάθος στο οποίο αναπτύσσονται οι έννοιες της γλώσσας προγραμματισμού Java στο πλαίσιο της συγκεκριμένης ενότητας, αποφεύγοντας έτσι να κατασκευάσουμε μια εξαντλητική, κι άρα αρκετά πολύπλοκη στη δομή της, οντολογία που δεν άπτεται των στόχων αυτής της μελέτης.

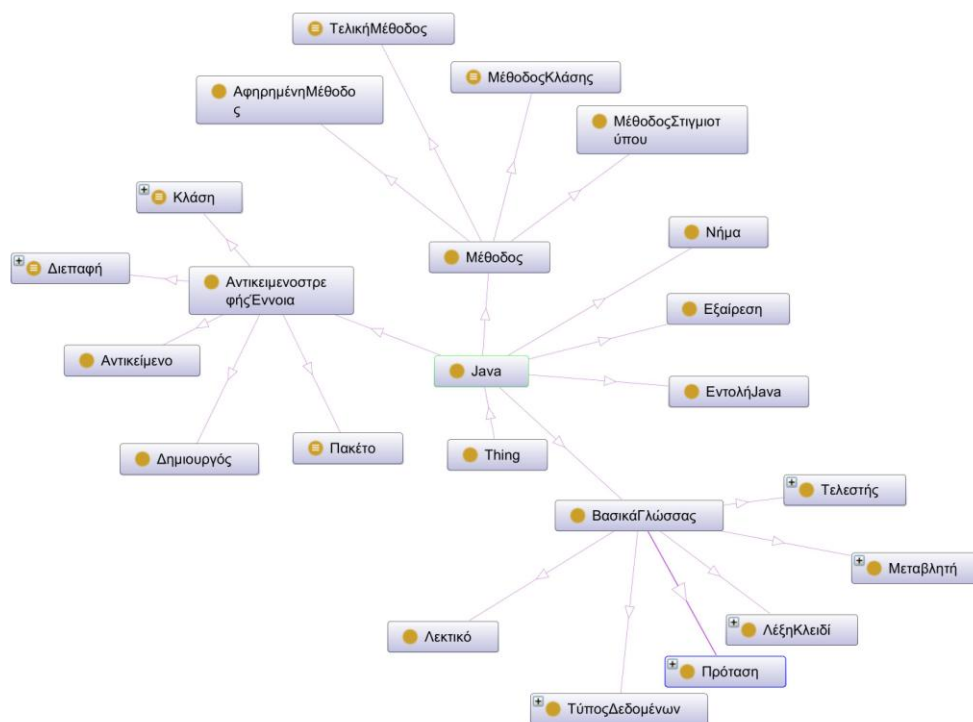
Ως προς τα βήματα κατασκευής της οντολογίας, σε γενικές γραμμές ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία

- Αρχικά εντοπίστηκαν οι κύριες έννοιες του γνωστικού πεδίου οι οποίες και αποτέλεσαν τις οντολογίες μας
- Οι κλάσεις αυτές οργανώθηκαν σε μια ιεραρχία (υποκλάσεις - υπερκλάσεις)

- Οι έννοιες-κλάσεις περιγράφηκαν με κάποιες ιδιότητες, για τις οποίες τέθηκαν κάποιοι περιορισμοί όπου αυτό κρίθηκε αναγκαίο
- Κατασκευάστηκαν στιγμιότυπα, δηλαδή μέλη για τις κλάσεις που ορίσαμε στο πρώτο βήμα.

Η βασική δομή της οντολογίας που αναπτύχθηκε, δίνεται στην Εικόνα 3. Να σημειωθεί, ότι για την κατασκευή της βασιστήκαμε και στον επίσημο οδηγό εκμάθησης της γλώσσας Java (Java tutorial).

Εκτός από τις κλάσεις, όμως, βασικό δομικό στοιχείο μιας οντολογίας είναι οι σχέσεις που συνδέουν τα στιγμιότυπα των κλάσεων. Στην οντολογία της Java οι ιδιότητες που δημιουργήθηκαν συνομίζονται στον Πίνακα 1. Να σημειωθεί ότι πρόκειται για ιδιότητες βασισμένες στις πραγματικές συσχετίσεις των συστατικών στοιχείων της εν λόγω γλώσσας προγραμματισμού.



**Εικόνα 3.** Ιεραρχία κλάσεων στην οντολογία του Γνωστικού Πεδίου της γλώσσας προγραμματισμού Java

Πίνακας 1. Ιδιότητες της οντολογίας για τη γλώσσα προγραμματισμού Java

| Όνομα Ιδιότητας       | Πεδίο τιμών                        | Εύρος Τιμών                        | Συνδέει:   |
|-----------------------|------------------------------------|------------------------------------|--|
| είναιΥποΚλάσηΤης      | Κλάση                              | Κλάση                              | Μια κλάση x της Java με μια άλλη κλάση y, όπου η x είναι υποκλάση της y                    |
| είναιΥπερΚλάσηΤης     | Κλάση                              | Κλάση                              | Μια κλάση x της Java με μια άλλη κλάση y, όπου η y είναι υποκλάση της x                    |
| στιγμιότυπο           | Αντικείμενο                        | Κλάση                              | Ένα αντικείμενο (στιγμιότυπο) x με μια κλάση της Java y, όπου το x είναι στιγμιότυπο της y |
| περιέχει              | Πακέτο ή Διεπαφή ή Κλάση ή Μέθοδος |                                    | Δύο οντότητες x και y, όπου η y εμπεριέχεται μέσα στη x                                    |
| περιέχειΤηΜέθοδο      | Πακέτο ή Διεπαφή ή Κλάση ή Μέθοδος | Μέθοδος                            | Μια οντότητα x με μια μέθοδο y, όπου η y εμπεριέχεται μέσα στη x                           |
| είναιΜέλος            |                                    | Πακέτο ή Διεπαφή ή Κλάση ή Μέθοδος | Δύο οντότητες x και y, όπου η x εμπεριέχεται μέσα στη y                                    |
| είναιΜέθοδοςΜέλος     | Μέθοδος                            | Πακέτο ή Διεπαφή ή Κλάση ή Μέθοδος | Μια μέθοδος x με μια οντότητα y, όπου η x εμπεριέχεται μέσα στη y                          |
| δηλώνεταιΜεΛέξηΚλειδί |                                    | ΛέξηΚλειδί                         | Μια οντότητα χ με μια λέξη κλειδί της Java y   |
| έχειΠροσδιοριστή      |                                    | Προσδιοριστής                      | Μια οντότητα χ με έναν προσδιοριστή της Java y   |

### 5. Συμπεράσματα και Μελλοντική Εργασία

Λαμβάνοντας υπόψη τα κυριότερα χαρακτηριστικά των δομών αναπαράστασης γνώσης, οδηγηθήκαμε στο συμπέρασμα ότι η οντολογία αποτελεί το ισχυρότερο για αυτό το σκοπό σχήμα, που μπορεί να αξιοποιηθεί για την ανάπτυξη «έξυπνων» εφαρμογών με προηγμένα χαρακτηριστικά και δυνατότητες. Μέσω μιας οντολογίας ένα υπολογιστικό σύστημα καθίσταται ικανό να διακρίνει τη σημασία των δεδομένων, και άρα μπορεί να τα επεξεργαστεί με ορθό και αποδοτικό τρόπο. Επιπρόσθετα, η οντολογία προσφέρει ένα μέσο για τη διαχείριση ετερογενών πόρων, εξασφαλίζοντας έτσι διαλειτουργικότητα μεταξύ των εφαρμογών.

Μέσα από αυτήν την εργασία, προσπαθήσαμε να τονίσουμε τα βασικά γνωρίσματα της οντολογίας, επιδιώκοντας να εξακριβώσουμε τη δυναμική της μέσα σε περιβάλλοντα εξ αποστάσεως εκπαίδευσης. Εκεί, η αντιμετώπιση της πληροφορίας ως γνώση και άρα η αποτελεσματική διαχείρισή της μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την ποιότητα των προσφερόμενων υπηρεσιών.

Επιδιώκοντας να δούμε τις οντολογίες στην πράξη, προσπαθήσαμε να μοντελοποιήσουμε τη γλώσσα προγραμματισμού Java αναπαριστώντας της μέσω της συγκεκριμένης τεχνικής. Αυτό που προέκυψε ήταν μια απλή αλλά περιεκτική δομημένη αναπαράσταση του εν λόγω γνωστικού πεδίου –δεδομένου του πως αυτό παρουσιάζεται στους εκπαιδευόμενους μέσα από το συγκεκριμένο πρόγραμμα σπουδών του ΕΑΠ. Η προτεινόμενη μοντελοποίηση μπορεί πλέον να αξιοποιηθεί κατάλληλα από ένα υπολογιστικό σύστημα και ειδικότερα από πράκτορες λογισμικού, συνεισφέροντας έτσι στην ανάπτυξη βελτιωμένων υπηρεσιών ανάκτησης περιεχομένου. Επίσης, να σημειωθεί ότι η συγκεκριμένη αποτύπωση είναι ευέλικτη και μπορεί εύκολα να εμπλουτιστεί ή να ενημερωθεί, αν αυτό κριθεί απαραίτητο στο μέλλον.

Επόμενο στόχο αποτελεί η κλιμάκωση στη χρήση οντολογιών, καταρχάς για την αναπαράσταση και άλλων γνωστικών πεδίων, που καλύπτονται από ποικίλες

θεματικές ενότητες και διαφορετικά μεταξύ τους γνωστικά αντικείμενα. Κατόπιν, θα γίνει προσπάθεια να μοντελοποιηθούν και άλλα επιμέρους συστατικά της εκπαιδευτικής διαδικασίας, εκτός από γνωστικά πεδία, όπως τα προσδοκώμενα αποτελέσματα και τα μαθησιακά αντικείμενα. Απώτερο στόχο αποτελεί η δημιουργία μιας οντολογίας που θα μπορεί να συνδυάζει γνώση και να εξάγει συμπεράσματα ώστε να προτείνει εκπαιδευτικό υλικό και διαδρομές μάθησης για τον εκάστοτε εκπαιδευόμενο, με όσο γίνεται πιο εξειδικευμένο τρόπο.

## 6. Αναφορές

- Breuker, J., & Bredeweg, B. (1999). *Ontological Modelling for Designing Educational Systems*, AI-ED 99 Workshop on Ontologies for Educational Systems
- Davies, J., Fensel, D., & van Harmelen, F. (2002). *Towards the Semantic Web: Ontology-driven Knowledge Management*, New York, Wiley-Blackwell
- Denaux, R., Dimitrova, V., & Aroyo, L. (2004). *Interactive Ontology-Based User Modeling for Personalized Learning Content Management*. Workshop on Applications of Semantic Web Technologies for Adaptive Educational Hypermedia (SW-EL'04). Eindhoven
- Gruber, T. R. (1993). A Translation Approach to Portable Ontology Specifications, *Knowledge Acquisition*, 5(2), pp. 199-220
- Heflin, J. (ed.) (2004). *OWL Web Ontology Language - Use Cases and Requirements*. Retrieved on March, 2011 from: W3C Recommendation: <http://www.w3.org/TR/webont-req/#onto-def>.
- Hodge, G. (2000). *Systems of Knowledge Organization for Digital Libraries: Beyond Traditional Authority Files*, The Digital Library Federation Council on Library and Information Resources, Washington, DC
- Lassila, O., & McGuinness, D. L. (2001). *The Role of Frame-Based Representation on the Semantic We*, Palo Alto, Knowledge Systems Laboratory
- Neto, W. C., & Gauthier, F. A. (2006). *Sharing and Reusing Information on Web-Based*. International Workshop on Applications of Semantic Web Technologies for E-Learning. Dublin
- Novak, J., & Cañas, A. (2008). *The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them*. IHMC CmapTools 2006-01 Rev 01-2008, Institute for Human and Machine Cognition.
- Oracle. (n.d.). Retrieved from The Java Tutorials: <http://download.oracle.com/javase/tutorial/>