

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΕΙΡΑΙΩΣ**



**Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων**

**Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία**

**ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΗΣ  
ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ ΕΙΚΟΝΙΚΩΝ ΚΑΙ  
ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ**

Στέφανος Φύσκιλης

A.M.: ME 11048

Επιβλέπων: Δημήτριος Γ. Σάμψων, Καθηγητής

*Πειραιάς, Ιούνιος 2014*

## Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια, τα διαδικτυακά εργαστήρια (εικονικά και απομακρυσμένα) έχουν προσελκύσει σε μεγάλο βαθμό το ενδιαφέρον της εκπαιδευτικής κοινότητας, λόγω των δυνατοτήτων που προσφέρουν για την υποστήριξη της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. Ως εκ τούτου, έχουν αναπτυχθεί διεθνείς πρωτοβουλίες που στοχεύουν στην κατασκευή και τη διάθεση εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων μέσω ψηφιακών βιβλιοθηκών.

Προκειμένου, όμως, να εξασφαλιστεί η αποτελεσματική αναζήτησή τους και η αξιοποίησή τους από τα μέλη της εκπαιδευτικής κοινότητας, θα πρέπει τα εικονικά και απομακρυσμένα εργαστήρια να περιγράφονται με κατάλληλα εκπαιδευτικά μεταδεδομένα.

Παράλληλα, οι μηχανισμοί σύστασης αξιοποιούνται ολοένα και περισσότερο στο πεδίο της τεχνολογικά υποστηριζόμενης εκπαίδευσης, αφού μπορούν να συμβάλλουν στην αποτελεσματικότερη επιλογή ψηφιακών μαθησιακών πόρων με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά.

Σκοπός της εν λόγω μεταπτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη της αναζήτησης και επιλογής εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων, τα οποία είναι κατάλληλα προς ενσωμάτωση σε εκπαιδευτικά σενάρια με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά.

Για να επιτευχθεί αυτό, αρχικά, προτάθηκε ένα μοντέλο μεταδεδομένων για την περιγραφή των εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων και έπειτα αναπτύχθηκε μια ψηφιακή βιβλιοθήκη που αξιοποιεί το μοντέλο αυτό και η οποία εμπλουτίστηκε από 44 ενδεικτικά εικονικά και απομακρυσμένα εργαστήρια. Στη συνέχεια, κατασκευάστηκε ένας μηχανισμός σύστασης βασισμένος στο περιεχόμενο (content-based), ο οποίος λαμβάνει υπόψη του τα παιδαγωγικά χαρακτηριστικά ενός εκπαιδευτικού σεναρίου και προτείνει τα κατάλληλα εικονικά ή/και απομακρυσμένα εργαστήρια προς ενσωμάτωση στο εν λόγω εκπαιδευτικό σενάριο. Τέλος, πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση του μηχανισμού σύστασης, μέσω της πειραματικής εφαρμογής του στην ψηφιακή βιβλιοθήκη που υλοποιήθηκε και στην οποία

συμμετείχε δείγμα 30 συμμετεχόντων, ώστε να μετρηθεί η ακρίβεια κατάταξης (rank accuracy) του μηχανισμού σύστασης.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

## Ευχαριστίες

*στην Κατερίνα*

Αυτή η Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία (ΜΔΕ) εκπονήθηκε στο πλαίσιο των σπουδών μου στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών «Διδακτική της Τεχνολογίας και Ψηφιακά Συστήματα» του τμήματος Ψηφιακών Συστημάτων του Πανεπιστημίου Πειραιά.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Δημήτριο Γ. Σάμψων, Καθηγητή του τμήματος Ψηφιακών Συστημάτων του Πανεπιστημίου Πειραιώς, για την πολύτιμη συμβολή και καθοδήγησή του στην εκπόνηση αυτής της εργασίας, αλλά και για τις σημαντικές γνώσεις που κατέκτησα στα υπόλοιπα τρία εξάμηνα του προγράμματος σπουδών, όπως και για τον προβληματισμό και τις συμβουλές (σε επιστημονικό και επαγγελματικό επίπεδο) που αποτελούν εφόδια ζωής.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερος τον Διδάκτορα του τμήματος Ψηφιακών Συστημάτων, κ. Παναγιώτη Ζέρβα, για τη μεγάλη και ουσιαστική συμβολή και υποστήριξή του στην ολοκλήρωση της εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους μου για την στήριξη που μου παρείχαν σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

## Περιεχόμενα

Περίληψη .....	i
Ευχαριστίες .....	iii
Περιεχόμενα .....	iv
Κατάλογος Σχημάτων .....	vi
Κατάλογος Πινάκων .....	viii
Συντομογραφίες .....	x
Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή .....	1
1.1 Ορισμός του προβλήματος .....	1
1.2 Δομή της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας .....	2
1.3 Συνεισφορά της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας .....	3
Κεφάλαιο 2 Ψηφιακές Βιβλιοθήκες Εικονικών και Απομακρυσμένων Εργαστηρίων 4	
2.1 Εισαγωγή .....	4
2.2 Εικονικά και Απομακρυσμένα Εργαστήρια .....	4
2.2.1 Ορισμός .....	6
2.2.2 Πλεονεκτήματα .....	7
2.3 Επισκόπηση Ψηφιακών Βιβλιοθηκών Εικονικών και Απομακρυσμένων Εργαστηρίων .....	8
2.3.1 Lab2Go .....	10
2.3.2 LiLa .....	14
2.3.3 Phet Colorado .....	16
2.3.4 iLabs .....	18
2.3.5 LabShare .....	19
2.4 Συγκριτικά Αποτελέσματα Κοινά Χρησιμοποιούμενων Στοιχείων Μεταδεδομένων σε Υπάρχουσες Ψηφιακές Βιβλιοθήκες Εικονικών και Απομακρυσμένων Εργαστηρίων .....	21
2.5 Προτεινόμενο Μοντέλο Περιγραφής Εικονικών και Απομακρυσμένων Εργαστηρίων .....	24
2.5.1 Επιλογή Κατηγοριών και Στοιχείων .....	25
2.5.2 Ορισμός τύπου δεδομένων και πεδίων τιμών .....	29
2.5.3 Τεχνική αναπαράσταση προτεινόμενου μοντέλου .....	31

2.6	Συμπεράσματα.....	31
Κεφάλαιο 3	Σχεδίαση και Ανάπτυξη Ψηφιακής Βιβλιοθήκης Εικονικών και Απομακρυσμένων Εργαστηρίων.....	32
3.1	Εισαγωγή.....	32
3.2	Λειτουργικές Απαιτήσεις της Ψηφιακής Βιβλιοθήκης.....	32
3.3	Χρήστες της Ψηφιακής Βιβλιοθήκης.....	33
3.4	Αρχιτεκτονική της Ψηφιακής Βιβλιοθήκης.....	41
3.5	Υλοποίηση της Ψηφιακής Βιβλιοθήκης.....	44
3.6	Διαδικασία Καταχώρισης Ενδεικτικών Εικονικών και Απομακρυσμένων Εργαστηρίων.....	48
3.7	Συμπεράσματα.....	53
Κεφάλαιο 4	Υλοποίηση και Αξιολόγηση Μηχανισμού Σύστασης Εικονικών και Απομακρυσμένων Εργαστηρίων.....	55
4.1	Εισαγωγή.....	55
4.2	Επισκόπηση μηχανισμών συστάσεων.....	55
4.3	Υλοποίηση Μηχανισμού Σύστασης Εικονικών και Απομακρυσμένων Εργαστηρίων.....	59
4.3.1	Χαρακτηριστικά του Μηχανισμού Σύστασης.....	59
4.3.2	Κατασκευή Μηχανισμού Σύστασης Εικονικών και Απομακρυσμένων Εργαστηρίων.....	62
4.4	Αξιολόγηση Μηχανισμού Σύστασης Εικονικών και Απομακρυσμένων Εργαστηρίων.....	68
4.4.1	Μετρικές ακριβείας.....	69
4.4.2	Μεθοδολογία αξιολόγησης.....	71
4.4.3	Αποτελέσματα Αξιολόγησης.....	75
Κεφάλαιο 5	Συμπεράσματα και Μελλοντικές Κατευθύνσεις.....	81
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	: Τεχνική Αναπαράσταση Μοντέλου Μεταδεδομένων Εικονικών και Απομακρυσμένων Εργαστηρίων.....	84
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	: Διαδικτυακή Έρευνα Αξιολόγησης Μηχανισμού Σύστασης.....	93
	Βιβλιογραφικές Αναφορές.....	98

## Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1: Παράδειγμα εικονικού εργαστηρίου .....	6
Σχήμα 2: Η γενική αρχιτεκτονική των απομακρυσμένων εργαστηρίων .....	7
Σχήμα 3: Η Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Lab2Go.....	11
Σχήμα 4: Βασικές κλάσεις στο μοντέλο μεταδεδομένων του Lab2Go.....	12
Σχήμα 5: Η Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Lila .....	15
Σχήμα 6: Η Ψηφιακή Βιβλιοθήκη του Phet Colorado .....	17
Σχήμα 7: Η Ψηφιακή βιβλιοθήκη Labshare.....	20
Σχήμα 8: Οι χρήστες της Ψηφιακής Βιβλιοθήκης .....	36
Σχήμα 9: UML διάγραμμα λειτουργιών των μη εγγεγραμμένων χρηστών .....	37
Σχήμα 10: UML διάγραμμα λειτουργιών των απλών εγγεγραμμένων χρηστών.....	38
Σχήμα 11: UML διάγραμμα λειτουργιών των παρόχων εργαστηρίων .....	40
Σχήμα 12: UML διάγραμμα λειτουργιών του διαχειριστή .....	41
Σχήμα 13: Αρχιτεκτονική client-server.....	42
Σχήμα 14: Η οντότητα του διαδικτυακού εργαστηρίου.....	43
Σχήμα 15: Η αρχιτεκτονική της ψηφιακής βιβλιοθήκης.....	44
Σχήμα 16: Σύνδεση στο σύστημα της ψηφιακής βιβλιοθήκης .....	48
Σχήμα 17: Εισαγωγή μεταδεδομένων για την κατηγορία "general" .....	49
Σχήμα 18: Εισαγωγή μεταδεδομένων για την κατηγορία "pedagogical" .....	50
Σχήμα 19: Εισαγωγή μεταδεδομένων για την κατηγορία "user specific" και ανάρτηση εικόνας .....	51
Σχήμα 20: Συνοπτική περιγραφή εργαστηρίου στη λίστα αναζήτησης.....	52
Σχήμα 21: Αναλυτικές πληροφορίες εργαστηρίου .....	53

Σχήμα 22: Γενική ιδέα λειτουργίας του μηχανισμού σύστασης.....	62
Σχήμα 23: Ψευδοκώδικας του αλγορίθμου για τη λειτουργία σκορ στο πεδίο αναζήτησης Subject Domain.....	67
Σχήμα 24: Η Εξίσωση Spearman's $\rho$ .....	71
Σχήμα 25: Παράδειγμα εφαρμογής της εξίσωσης συσχέτισης Spearman's $\rho$ .....	72
Σχήμα 26: Ραβδόγραμμα του Spearman's $\rho$ ανά χρήστη .....	78
Σχήμα 27: Ραβδόγραμμα του Spearman's $\rho$ ανά κατάταξη .....	79

Πανεπιστήμιο Πειραιώς



## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Το μοντέλο μεταδεδομένων του Lab2Go.....	13
Πίνακας 2: Το μοντέλο μεταδεδομένων του LiLa .....	15
Πίνακας 3: Το μοντέλο μεταδεδομένων του Phet Colorado.....	17
Πίνακας 4: Μοντέλο μεταδεδομένων του iLabs .....	19
Πίνακας 5: Το μοντέλο μεταδεδομένων του Lab Share .....	20
Πίνακας 6: Κοινά χρησιμοποιούμενα στοιχεία μεταδεδομένων.....	23
Πίνακας 7: Το προτεινόμενο μοντέλο μεταδεδομένων .....	25
Πίνακας 8: Τα ελεγχόμενα λεξιλόγια συγκεκριμένων στοιχείων του προτεινόμενου μοντέλου μεταδεδομένων.....	30
Πίνακας 9: Λειτουργικές Απαιτήσεις Ψηφιακής Βιβλιοθήκης.....	33
Πίνακας 10: Επιπρόσθετες λειτουργικές μονάδες του Drupal.....	45
Πίνακας 11: Επιπρόσθετες λειτουργικότητες ψηφιακών βιβλιοθηκών .....	47
Πίνακας 12: Δομικά στοιχεία του αλγορίθμου του μηχανισμού σύστασης .....	66
Πίνακας 13: -onlinelab- element.....	84
Πίνακας 14: -general- element.....	84
Πίνακας 15: -lifecycle_dates- element.....	85
Πίνακας 16: -lab_owner- element.....	86
Πίνακας 17: -content- element.....	86
Πίνακας 18: -additional_supportive_material- element.....	87
Πίνακας 19: -supportive_apps- element.....	88
Πίνακας 20: -pedagogical- element .....	88
Πίνακας 21: -organizational- element.....	89

Πίνακας 22: -lab_contributor- element .....	90
Πίνακας 23: -lab_provider- element .....	90
Πίνακας 24: -technical- element .....	91
Πίνακας 25: -user_specific- element.....	92

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

## Σύντομογραφίες

AJAX	Asynchronous JavaScript and XML
API	Application Programming Interface
DOM	Document Object Model
CSS	Cascading Style Sheets
FOAF	Friend of a Friend
GOLC	Global Online Lab Consortium
HTML	Hypertext Markup Language
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineering
JISC	Joint Information Systems Committee
LiLa	Library of Labs
LOM	Learning Object Metadata
RDF	Resource Description Framework
SKOS	Simple Knowledge Organization System
SQL	Structured Query Language
TF-IDF	Term Frequency – Inversed Document Frequency
UML	Unified Modeling Language
URL	Uniform Resource Locator
XML	Extensible Markup Language

## Κεφάλαιο 1

### Εισαγωγή

#### 1.1 Ορισμός του προβλήματος

Μια από τις σύγχρονες τάσεις στην εκπαίδευση των φυσικών επιστημών, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών (STEM education) είναι η αξιοποίηση διαδικτυακών εργαστηρίων (εικονικών και απομακρυσμένων) τα οποία δίνουν τη δυνατότητα στους εκπαιδευόμενους να έχουν πρόσβαση σε σημαντικά πειράματα και σε εργαστηριακούς εξοπλισμούς τελευταίας τεχνολογίας, εμπλουτίζοντας έτσι σε μεγάλο βαθμό τη μαθησιακή τους εμπειρία (Balamuralithara & Woods, 2009; Feisel & Rosa, 2005).

Η πληθώρα των εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων αλλά και η επιθυμία της διεθνούς εκπαιδευτικής κοινότητας για την εξάπλωση και την ευρεία αξιοποίησή τους, ανέδειξε την ανάγκη δημιουργίας ψηφιακών βιβλιοθηκών που συγκεντρώνουν και οργανώνουν τέτοια εργαστήρια, ώστε να εξυπηρετείται η αναζήτηση και επιλογή τους από τα ενδιαφερόμενα μέλη (Zutin et al., 2010; Grube et al., 2011; Ritcher, Tetour, Boehringer, 2011).

Από τη μελέτη αυτών των ψηφιακών βιβλιοθηκών, κάθε μια εκ των οποίων περιγράφει με διαφορετικά μεταδεδομένα τα εργαστήρια που περιέχει, προκύπτουν τα εξής δύο βασικά ζητήματα προς έρευνα:

1. Η ύπαρξη ενός ενιαίου κοινά αποδεκτού μοντέλου μεταδεδομένων για την περιγραφή των εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων που θα αποτελεί σύγκλιση των μοντέλων από τις υπάρχουσες ψηφιακές βιβλιοθήκες και
2. η ύπαρξη ενός μηχανισμού σύστασης εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων ο οποίος θα υποστηρίζει την ανακάλυψη και επιλογή

εργαστηρίων κατάλληλων προς ενσωμάτωση σε εκπαιδευτικά σενάρια με συγκεκριμένες παιδαγωγικές απαιτήσεις ή προδιαγραφές.

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας είναι να απαντήσει σ' αυτά τα δύο ζητήματα αφενός με την κατασκευή ενός προτεινόμενου μοντέλου περιγραφής εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων και την ανάπτυξη μιας ψηφιακής βιβλιοθήκης που να αξιοποιεί το μοντέλο αυτό και αφετέρου την κατασκευή ενός μηχανισμού σύστασης που θα βασίζεται σε έναν αλγόριθμο ο οποίος θα «προτείνει» τα εργαστήρια εκείνα που είναι κατάλληλα για συγκεκριμένα δοθέντα εκπαιδευτικά σενάρια.

## 1.2 Δομή της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία αποτελείται από πέντε κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο επιχειρείται ο ορισμός του ερευνητικού προβλήματος.

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** πραγματοποιείται μια επισκόπηση στις υπάρχουσες ψηφιακές βιβλιοθήκες εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων και μελετώνται τα μοντέλα μεταδεδομένων που αυτές χρησιμοποιούν για την περιγραφή των εργαστηρίων που περιέχουν. Βάσει των κοινά χρησιμοποιούμενων στοιχείων που χρησιμοποιούνται στα μοντέλα αυτά, παράγεται ένα νέο προτεινόμενο μοντέλο που συνοψίζει τα χαρακτηριστικά των υπάρχουσών βιβλιοθηκών. Διατυπώνονται αναλυτικά οι κατηγορίες και τα στοιχεία που το αποτελούν.

Το **τρίτο κεφάλαιο** ασχολείται με τη σχεδίαση και ανάπτυξη μιας ψηφιακής βιβλιοθήκης εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων, η οποία αξιοποιεί το μοντέλο που δημιουργήθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Παρουσιάζονται αναλυτικά οι χρήστες και η αρχιτεκτονική της βιβλιοθήκης αυτής, γίνεται αναφορά στην υλοποίησή της και τέλος επιτελείται μια ενδεικτική καταχώριση εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων. Η ψηφιακή βιβλιοθήκη συμπληρώνεται συνολικά με 44 εργαστήρια.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο** πραγματοποιείται η υλοποίηση και αξιολόγηση ενός μηχανισμού σύστασης εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων. Αρχικά γίνεται μια επισκόπηση στους μηχανισμούς σύστασης βιβλιογραφικά και έπειτα ορίζονται τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που αυτός πρέπει να έχει ώστε να λαμβάνει υπόψη του τις παραμέτρους των εκπαιδευτικών σεναρίων και να υποστηρίζει την ανακάλυψη κατάλληλων εργαστηρίων γι' αυτά. Έπειτα, κατασκευάζεται ο αλγόριθμος κατάταξης στον οποίο στηρίζεται ο μηχανισμός σύστασης και τέλος επιτελείται αξιολόγηση με συγκεκριμένο δείγμα χρηστών.

Στο **πέμπτο** και τελευταίο **κεφάλαιο** παρουσιάζονται τα γενικά συμπεράσματα της εργασίας και προτείνονται οι μελλοντικές κατευθύνσεις για το συγκεκριμένο πεδίο έρευνας.

### **1.3 Συνεισφορά της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας**

Η συνεισφορά της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας έγκειται αφενός στη σχεδίαση και ανάπτυξη μιας ψηφιακής βιβλιοθήκης που αξιοποιεί το προτεινόμενο μοντέλο μεταδεδομένων για την περιγραφή των εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων και η οποία μπορεί να βρεθεί στο σύνδεσμο <http://canvasdesign.gr/ask4labs> και αφετέρου στην κατασκευή κατάλληλου μηχανισμού συστάσεων για την επιλογή εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων μέσω της εν λόγω βιβλιοθήκης για την υποστήριξη συγκεκριμένων εκπαιδευτικών σεναρίων.

## **Κεφάλαιο 2 Ψηφιακές Βιβλιοθήκες Εικονικών και Απομακρυσμένων Εργαστηρίων**

### **2.1 Εισαγωγή**

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο, αφού αναδειχθεί αρχικά ο ρόλος των εργαστηρίων και των πειραμάτων στη διδακτική των φυσικών επιστημών, εισάγεται η έννοια των σύγχρονων διαδικτυακών εργαστηρίων και διερευνώνται οι ορισμοί των εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων, όπου σκιαγραφούνται και τα πλεονεκτήματα που αυτά προσφέρουν στην εκπαιδευτική διαδικασία. Έπειτα, γίνεται μια επισκόπηση των ψηφιακών βιβλιοθηκών εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων και των αντίστοιχων μοντέλων μεταδεδομένων που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή των εργαστηρίων αυτών. Τέλος, προτείνεται ένα νέο μοντέλο μεταδεδομένων για την περιγραφή εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων που συγκεντρώνει σε μια ενοποιημένη και πιο πλήρη μορφή, στοιχεία από τα υπάρχοντα μοντέλα μεταδεδομένων.

### **2.2 Εικονικά και Απομακρυσμένα Εργαστήρια**

Η δυσκολία που εμφανίζει η κατανόηση και αφομοίωση των επιστημονικών εννοιών στις φυσικές επιστήμες από τους εκπαιδευόμενους, απαιτεί τη χρήση μαθησιακών διαδικασιών που προάγουν τη γνωστική σύγκρουση με τις προϋπάρχουσες αντιλήψεις και εναλλακτικές ιδέες των εκπαιδευόμενων (Vosniadou, 1994). Στη διδακτική των φυσικών επιστημών, καταστάσεις γνωστικής σύγκρουσης που θα επιφέρουν την εννοιολογική αλλαγή στους εκπαιδευόμενους μπορούν να δημιουργηθούν μέσα από τα πρακτικά πειράματα (Bybee, 2000; Hofstein & Lunetta 2004).

Το πείραμα, ως διδακτικό μέσο, χρησιμοποιείται εδώ και αρκετούς αιώνες. Επιβεβαιώνεται από πολλούς ερευνητές (Arons, 1990; Χαλκιά, 2000; Καλκάνης 2003) πως τα εργαστήρια και τα εργαστηριακά πειράματα αποτελούν σημαντικό και

αναπόσπαστο κομμάτι της διδακτικής των φυσικών επιστημών, όπως επίσης και απαραίτητο «εργαλείο» για τον εκπαιδευτικό (Ευαγγέλου & Κώτσης, 2009). Κάποια από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα που συναντούμε στη χρήση των εργαστηρίων και των εργαστηριακών πειραμάτων στην εκπαιδευτική διαδικασία είναι τα εξής :

- Επιτρέπουν στους εκπαιδευόμενους να εμπλέκονται ενεργά στη διαδικασία διδασκαλίας και μάθησης (Hofstein & Lunetta, 2004) προκαλώντας παράλληλα σε μεγάλο βαθμό το ενδιαφέρον τους.
- Δίνουν τη δυνατότητα δοκιμής, επαλήθευσης και εξακρίβωσης της θεωρίας (Κόκκοτας, 2008).
- Οι εκπαιδευόμενοι τελικώς, κατακτούν τη διερευνητική επιστημονική προσέγγιση (Balamuralithara & Woods, 2009; de Jong, et al., 2013) και την εφαρμόζουν γενικά στη ζωή και στις σπουδές τους, έχοντας την ικανότητα να ερμηνεύουν φαινόμενα , να διατυπώνουν και να ερευνούν υποθέσεις και να επιλύσουν πιθανές ασυμφωνίες ανάμεσα στις ιδέες που έχουν για τον κόσμο και στην πραγματικότητα (Tao & Gunstone, 1999; Hofstein & Lunetta, 2004).

Παράλληλα, τα τελευταία χρόνια, διαπιστώνεται μια "τεχνολογική έκρηξη", ειδικά στο χώρο των διαδικτυακών εφαρμογών που δεν αφήνει το χώρο της τεχνολογικά υποστηριζόμενης εκπαίδευσης ανεπηρέαστο. Είναι επίσης κοινώς αποδεκτό, πως τα ψηφιακά μέσα, όπως διαδραστικές εφαρμογές, ψηφιακά εκπαιδευτικά παιχνίδια, εκπαιδευτικά video, ψηφιακά βιβλία κ.α., με κατάλληλη υιοθέτησή τους στην εκπαιδευτική διαδικασία, προσφέρουν σημαντικά μαθησιακά αποτελέσματα τόσο στο επίπεδο των γνώσεων αλλά και των δεξιοτήτων των εκπαιδευόμενων (Kozma, 1994). Έτσι, αναπτύχθηκαν με ένταση συστήματα και εργαλεία ηλεκτρονικής μάθησης που ενεργοποίησαν νέους ευέλικτους τρόπους διεξαγωγής μαθημάτων. Είναι λογικό λοιπόν, με δεδομένη την αξία των εργαστηριακών πειραμάτων στην εκπαιδευτική διαδικασία που αναφέρθηκε παραπάνω, στο πλαίσιο της τεχνολογικά υποστηριζόμενης εκπαίδευσης, να έχουν γίνει επιτυχημένες προσπάθειες αξιοποίησης της τεχνολογικής εξέλιξης για την κατασκευή υποδομών στο πεδίο των



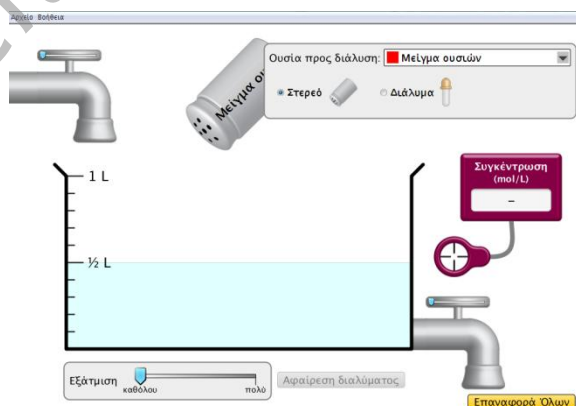
εργαστηρίων, με αποτέλεσμα την εμφάνιση ενός νέου ψηφιακού μέσου που απαντά στον όρο «διαδικτυακό εργαστήριο».

Ένα διαδικτυακό εργαστήριο ουσιαστικά αποτελεί ένα περιβάλλον που επιτρέπει σε οποιονδήποτε ενδιαφερόμενο να εκτελέσει κάποιο πείραμα (experiment) ή κάποια προσομοίωση (simulation) μέσω του παγκόσμιου ιστού (Zutin et al., 2010).

Τα διαδικτυακά εργαστήρια μπορούν να χωριστούν σε δύο βασικές κατηγορίες, στα **εικονικά** και στα **απομακρυσμένα** (Sancristobal et al., 2012; De la Torre et al., 2011).

### 2.2.1 Ορισμός

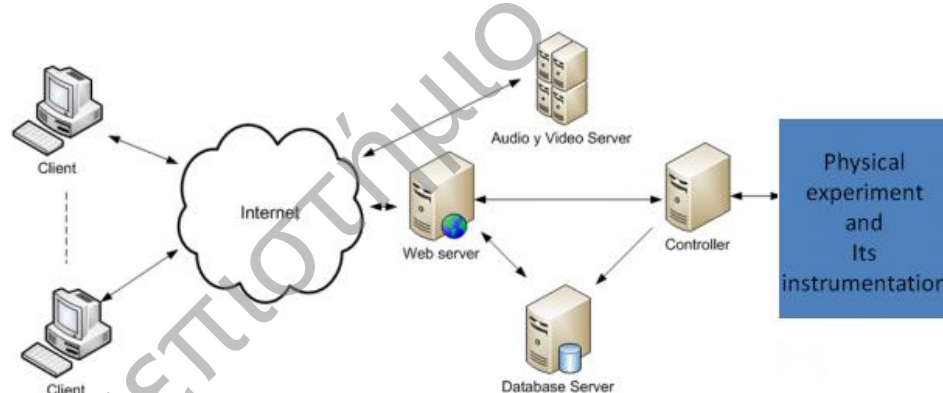
**Εικονικά εργαστήρια (virtual laboratories):** Αποτελούν λογισμικά προσομοιώσεων (software simulations) που επιτρέπουν στους εκπαιδευόμενους να εκτελούν πειράματα από τον υπολογιστή τους, προσφέροντας αντίστοιχες ηλεκτρονικές «εμπειρίες» και τρόπους χειρισμού με τα παραδοσιακά εργαστήρια. Εικονικά εργαστήρια μπορεί να αποτελούν εφαρμογές ή προγράμματα που χρειάζονται εγκατάσταση από το χρήστη και δεν εκτελούνται διαδικτυακά (stand-alone applications), είτε εφαρμογές διαδικτύου (web applications) που εγκαθίστανται σε κάποιον εξυπηρετητή (web server) και είναι προσβάσιμες μέσα από έναν περιηγητή ιστού (web browser) (San Cristobal et al., 2012).



Σχήμα 1: Παράδειγμα εικονικού εργαστηρίου

Τα πρώτα εικονικά εργαστήρια που κατασκευάστηκαν ήταν απλές προσομιώσεις που εκτελούνταν μόνο τοπικά σε κάποιον υπολογιστή, ενώ σήμερα έχουν εξελιχθεί σε σύγχρονες διαδραστικές εφαρμογές, με τις οποίες οι εκπαιδευόμενοι μπορούν να εκτελέσουν και να διαχειριστούν πολύπλοκα πειράματα (Gratch, Kelly & Bradley, 2007).

**Απομακρυσμένα εργαστήρια (remote laboratories):** Αποτελούν πραγματικά εργαστήρια, τα οποία όμως παρέχουν τη δυνατότητα χειρισμού τους μέσω του παγκόσμιου ιστού. Στα απομακρυσμένα εργαστήρια, οι χρήστες, ουσιαστικά τηλε-διαχειρίζονται φυσικό εργαστηριακό εξοπλισμό (real hardware) με πραγματικά δεδομένα σε πραγματικό χρόνο (Salzmann & Gillet, 2007). Στην πλειονότητά τους, αποτελούν διαδικτυακές εφαρμογές, που παρέχουν μια διεπαφή χρήστη και επιτρέπουν το χειρισμό μέσω της χρήσης ενός περιηγητή ιστού (San Cristobal et al., 2012).



Σχήμα 2: Η γενική αρχιτεκτονική των απομακρυσμένων εργαστηρίων

### 2.2.2 Πλεονεκτήματα

Με βάση, λοιπόν, τη δεδομένη εκπαιδευτική αξία των παραδοσιακών εργαστηρίων, τα διαδικτυακά εργαστήρια συγκεντρώνουν, εκτός από αυτά των παραδοσιακών εργαστηρίων, τα εξής ιδιαίτερα πλεονεκτήματα:

- Οι εκπαιδευόμενοι έχουν την ευκαιρία, ο καθένας ξεχωριστά, να μελετήσουν συστήματα και να διακρίνουν ρεαλιστικές συμπεριφορές αυτών (Zutin et al., 2010 ; Feisel & Rosa, 2005).
- Οι εκπαιδευτές εμπλουτίζουν την εκπαιδευτική διαδικασία και το υλικό των γνωστικών αντικειμένων που διδάσκουν, με τη χρήση τέτοιων εργαστηρίων, συμβάλλοντας έτσι στην εννοιολογική βελτίωση των εκπαιδευομένων για συγκεκριμένα θέματα των φυσικών επιστημών (Ταραμόπουλος, Ψύλλος, Χατζηκρανιώτης, 2010).
- Δίνεται η δυνατότητα πολύ ευέλικτης χρήσης, αφού ένα διαδικτυακό εργαστήριο είναι διαθέσιμο οποιαδήποτε ώρα της ημέρας και οποιαδήποτε ημέρα της εβδομάδας (Ritcher, Tetour, Boehringer, 2011).
- Επιτυγχάνεται σημαντική μείωση εξόδων για εκπαιδευτικά ιδρύματα και οργανισμούς που υιοθετούν διαδικτυακά εργαστήρια στα προσφερόμενα προγράμματα σπουδών. (Bakia et al., 2011).
- Δίνεται η δυνατότητα για πρόσβαση, σε εξοπλισμό και εφαρμογές, η οποία ξεπερνά τα γεωγραφικά όρια ενός εκπαιδευτικού ιδρύματος (Ritcher, Tetour, Boehringer, 2011).

### **2.3 Επισκόπηση Ψηφιακών Βιβλιοθηκών Εικονικών και Απομακρυσμένων Εργαστηρίων**

Βάσει λοιπόν όλων των παραπάνω, καθίσταται βέβαιο πως το θέμα των διαδικτυακών εργαστηρίων, αποτελεί ένα σύγχρονο σημαντικό πεδίο ενδιαφέροντος στο χώρο της τεχνολογικά υποστηριζόμενης εκπαίδευσης και χρήζει ενδελεχούς μελέτης. Άρχισε να απασχολεί την ερευνητική κοινότητα σχεδόν μια δεκαετία πριν. Οι πιο σημαντικές από τις πρώτες διεθνείς πρωτοβουλίες και δράσεις είναι οι εξής:

- Το iLabs Project (Harward et al., 2008) από το MIT και η αρχιτεκτονική που πρότεινε για ελεγχόμενα από απόσταση πειράματα (remote experiments).
- Το VISIR Project (Gustavsson et al., 2007) που ασχολήθηκε με το όλο το φάσμα των διαδικτυακών εργαστηρίων.
- Η πρωτοβουλία OmniPrex (Khachadorian et al., 2010) από το πολυτεχνείο του Βερολίνου (TU Berlin).
- Το Αυστραλιανό LabShare Project (Lowe et al., 2009).
- Η κοινοπραξία που συστάθηκε με το όνομα Global Online Lab Consortium (GOLC, 2010) με σκοπό την εξάπλωση των διαδικτυακών εργαστηρίων σε διεθνές επίπεδο και την υποστήριξη της διαλειτουργικότητας των ανεπτυγμένων σχετικών πλατφορμών (Grube et al., 2011).

Ένα ζήτημα που αποτελεί αντικείμενο μελέτης, είναι η ανάγκη ύπαρξης κατάλληλων υποδομών για την αποθήκευση και διάδοση των διαδικτυακών εργαστηρίων όπως και για την εύκολη αναζήτηση, ανάκτηση και αξιοποίησή τους από την εκπαιδευτική κοινότητα (Zutin et al., 2010; Grube et al., 2011; Ritcher, Tetour, Boehringer, 2011). Το ζήτημα αυτό απαντάται με τη δημιουργία ψηφιακών βιβλιοθηκών (digital repositories).

Μια ψηφιακή βιβλιοθήκη είναι ένα μέσο με το οποίο ψηφιακοί πόροι αποθηκεύονται και μπορούν να αναζητηθούν για μεταγενέστερη χρήση. Μια ψηφιακή βιβλιοθήκη, υποστηρίζει συνήθως μηχανισμούς για εισαγωγή, εξαγωγή, εντοπισμό, αποθήκευση και ανάκτηση ψηφιακών πόρων (JISC 2005).

Μια διεθνώς αναγνωρισμένη, καλή πρακτική στο πλαίσιο της αποτελεσματικής αποθήκευσης, αναζήτησης και ανάκτησης ψηφιακών πόρων, είναι οι βιβλιοθήκες μαθησιακών αντικειμένων. Ο McGreal (2004) ορίζει τις διαδικτυακές βιβλιοθήκες μαθησιακών αντικειμένων ως συστήματα που «δίνουν τη δυνατότητα στους χρήστες να εντοπίσουν, να αξιολογήσουν και να διαχειριστούν μαθησιακά αντικείμενα μέσω των μεταδεδομένων τους, δηλαδή περιγραφέων (descriptors) ή ετικετών (tags), που περιγράφουν με συστηματικό τρόπο πολλές πτυχές ενός μαθησιακού αντικειμένου, από τα τεχνικά μέχρι τα παιδαγωγικά του χαρακτηριστικά». Οι ψηφιακές βιβλιοθήκες

μαθησιακών αντικειμένων γνώρισαν και γνωρίζουν μεγάλη αναγνώριση και είναι αρκετά διαδεδομένες στη σύγχρονη εκπαιδευτική κοινότητα.

Πλέον, οι σύγχρονες τάσεις στον εκπαιδευτικό χώρο γενικά, και ειδικά στο χώρο της τεχνολογικά υποστηριζόμενης εκπαίδευσης, έχουν οδηγήσει στην ανάδειξη διάφορων ειδών ψηφιακών βιβλιοθηκών και όχι μόνο βιβλιοθηκών μαθησιακών αντικειμένων. Έτσι, έχουμε βιβλιοθήκες εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων ή σεναρίων διδασκαλίας αλλά και **βιβλιοθήκες διαδικτυακών εργαστηρίων**. Ένα πολύ σημαντικό ζήτημα στο πεδίο αυτό είναι η ύπαρξη ενός **κοινού τρόπου περιγραφής των εργαστηρίων αυτών με κατάλληλα μεταδεδομένα** (Grube et al., 2011).

Ενώ ένα μαθησιακό αντικείμενο μπορεί να περιγραφεί βάσει του προτύπου IEEE LOM, ένα διαδικτυακό εργαστήριο έχει διαφορετικές απαιτήσεις. Έχει διαπιστωθεί πως (Grube et al., 2011; Zutin et al., 2010) :

- το πρότυπο IEEE LOM δεν είναι αρκετό από μόνο του, για περιγράψει κατάλληλα ένα διαδικτυακό εργαστήριο
- έπειτα από ενδελεχή μελέτη και άλλων προτύπων όπως τα Dublin Core, SKOS, FOAF, vCARD, μόνο συγκεκριμένα τμήματα αυτών των περιγραφών μπορούν να αξιοποιηθούν
- η εύρεση νέων στοιχείων (ή ετικετών) περιγραφής είναι απαραίτητη.

Στη συνέχεια, πραγματοποιείται μια επισκόπηση σε πέντε διεθνώς αναγνωρισμένες ψηφιακές βιβλιοθήκες εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων και συγκεκριμένα στα μοντέλα μεταδεδομένων που αυτές χρησιμοποιούν, ώστε να προταθεί μετέπειτα ένα νέο ενοποιημένο μοντέλο για την κοινά αποδεκτή περιγραφή τους.

### **2.3.1 Lab2Go**

Το "Lab2go" αποτελεί μια ψηφιακή βιβλιοθήκη διαδικτυακών εργαστηρίων και παράλληλα μια διαδικτυακή πύλη (portal) που έχει ως στόχο να φέρει σε επαφή δημιουργούς – προγραμματιστές εργαστηρίων, ερευνητές, καθηγητές και φοιτητές –

μαθητές, παρέχοντας ένα διαδικτυακό περιβάλλον, όπου θα δίνεται η δυνατότητα για το διαμοιρασμό τεχνογνωσίας και εμπειρίας στο πεδίο αυτό.



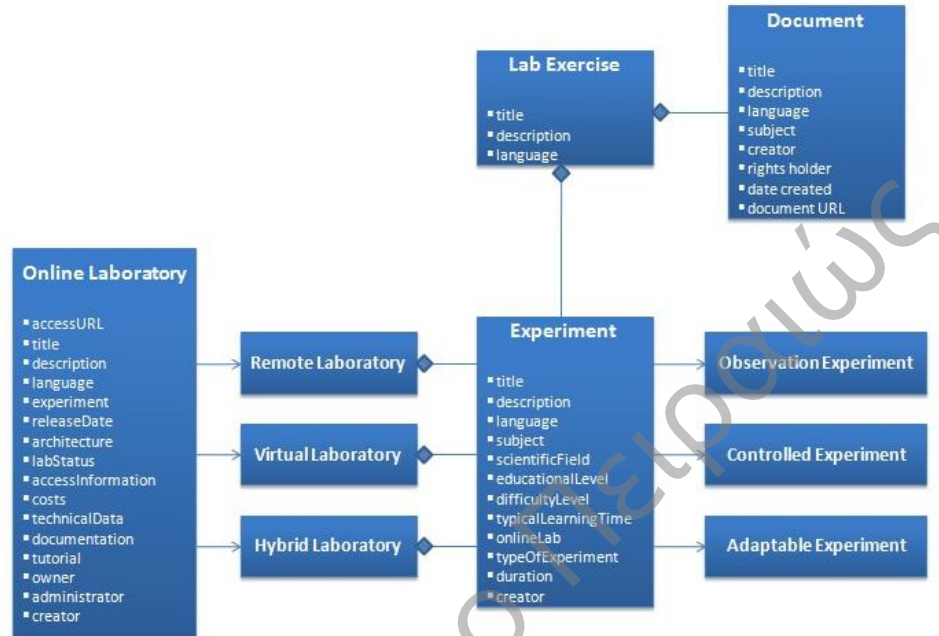
Σχήμα 3: Η Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Lab2Go<sup>1</sup>

Το Lab2go κάνει χρήση των τεχνολογιών του Σημασιολογικού Ιστού για την περιγραφή και αναζήτηση των διαδικτυακών εργαστηρίων. Επιτρέπει δηλαδή και την περιγραφή σχέσεων μεταξύ των διαθέσιμων πόρων (εργαστήρια, πειράματα, έγγραφα κ.α.). Γενικότερα, ένας από τους στόχους της ανάπτυξης της συγκεκριμένης ψηφιακής βιβλιοθήκης, ήταν η πλήρωση της έλλειψης ενός τυπικού μοντέλου μεταδεδομένων για την περιγραφή των διαδικτυακών εργαστηρίων αλλά και των συναφών και συνδεδεμένων με αυτά πόρων.

Έτσι, χρησιμοποιήθηκε η RDF τεχνολογία που είναι κατάλληλη και για την αναπαράσταση των σχέσεων. Το συγκεκριμένο μοντέλο αποτελείται από κάποιες βασικές κλάσεις και υποκλάσεις όπως και από πολλές ιδιότητες (properties), που προσπαθούν να χαρτογραφήσουν όλο το πεδίο των διαδικτυακών εργαστηρίων και των άλλων συναφών εννοιών.

<sup>1</sup> <http://www.lab2go.net/>

Παρακάτω, φαίνονται οι βασικές κλάσεις και οι σχέσεις μεταξύ τους, όπως και οι ιδιότητες (properties).



**Σχήμα 4:** Βασικές κλάσεις στο μοντέλο μεταδεδομένων του Lab2Go (Zutin et al., 2010)

Μπορεί να παρατηρηθεί πως η πιο γενική έννοια είναι αυτή του διαδικτυακού εργαστηρίου το οποίο χωρίζεται σε εικονικό, απομακρυσμένο και υβριδικό. Το κάθε εργαστήριο αποτελείται από πειράματα τα οποία κι αυτά με τη σειρά τους χωρίζονται σε κάποιες βασικές κατηγορίες. Αυτό που αξίζει να σημειωθεί και να καταγραφεί, είναι τα στοιχεία εκείνα που αφορούν στα διαδικτυακά εργαστήρια και τα πειράματα. Έτσι, μπορούμε να καταλήξουμε στα εξής βασικά στοιχεία περιγραφής που συγκεντρώνουν ενδιαφέρον:

**Πίνακας 1:** Το μοντέλο μεταδεδομένων του Lab2Go

Lab2Go Repository	
Στοιχείο	Επεξήγηση
Title	Ο τίτλος του εργαστηρίου για την καλύτερη και ευκολότερη αναγνώρισή του
Access Url	Ένα αποδεκτό URL που δίνει πρόσβαση στο συγκεκριμένο εργαστήριο
Description	Μια περιγραφή, με κείμενο, του συγκεκριμένου εργαστηρίου
Experiment Type	Περιγράφει το αν το συγκεκριμένο εργαστήριο είναι εικονικό (Simulation) ή «πραγματικό» (Hardware)
Language	Ορίζει τη γλώσσα του εργαστηρίου
Lab status	Ορίζει το αν το συγκεκριμένο εργαστήριο είναι διαθέσιμο ή όχι
Access Requirements	Περιγράφει το αν το εργαστήριο είναι ανοιχτής πρόσβασης (open access), περιορισμένης (restricted access) ή αν χρειάζεται η επικοινωνία με τον ιδιοκτήτη για την πρόσβαση σε αυτό.
Cost	Ορίζει το αν το συγκεκριμένο εργαστήριο είναι διαθέσιμο δωρεάν ή επί πληρωμή
Creator	Μια οντότητα (καθηγητής, ίδρυμα κ.α.) που είναι η πρωταρχικά υπεύθυνη για τη δημιουργία του συγκεκριμένου εργαστηρίου
Contributor	Μια οντότητα (καθηγητής, ίδρυμα κ.α.) που συνεισέφερε ή συνεισφέρει στο συγκεκριμένο εργαστήριο
Rights Holder	Ένας οργανισμός ή ένα άτομο το οποίο διατηρεί τα δικαιώματα επί του εργαστηρίου
Date Created	Η ημερομηνία δημιουργίας του συγκεκριμένου εργαστηρίου
Requires	Ένας άλλος πόρος ο οποίος είναι απαραίτητος για τη λειτουργία και χρήση του συγκεκριμένου εργαστηρίου (π.χ. λειτουργικό σύστημα, συγκεκριμένο λογισμικό κ.α.)



Subject	Το θέμα στο οποίο αναφέρεται το συγκεκριμένο εργαστήριο – παρόμοιο με τα keywords
Scientific Field	Το επιστημονικό πεδίο στο οποίο ανήκει το συγκεκριμένο εργαστήριο
Educational Level	Η εκπαιδευτική βαθμίδα για την οποία προτείνεται η χρήση του συγκεκριμένου εργαστηρίου
Difficulty Level	Το επίπεδο δυσκολίας του συγκεκριμένου εργαστηρίου
Duration	Ο χρόνος που χρειάζεται, προσεγγιστικά, ο χρήστης για να ολοκληρώσει την εφαρμογή του εργαστηρίου

### 2.3.2 *LiLa*

Το "LiLa" (Library of Labs), αποτέλεσε ένα project στο οποίο συνεργάστηκαν 8 Πανεπιστήμια και 3 εταιρείες με σκοπό την αμοιβαία ανταλλαγή και πρόσβαση τόσο σε εικονικά όσο και σε απομακρυσμένα εργαστήρια. Στο LiLa Portal, ο κάθε χρήστης εκτός από αναζήτηση και ανάκτηση διαδικτυακών εργαστηρίων, μπορεί να «εκτελέσει» ενσωματωμένα στις ιστοσελίδες του portal, εικονικά πειράματα και να κάνει κράτηση για χρήση απομακρυσμένων εργαστηρίων. Η ψηφιακή βιβλιοθήκη LiLa αυτή τη στιγμή αριθμεί πάνω από 270 εικονικά και απομακρυσμένα εργαστήρια.



Σχήμα 5: Η Ψηφιακή Βιβλιοθήκη LiLa<sup>2</sup>

Παρακάτω φαίνεται το μοντέλο μεταδεδομένων που ακολουθεί η συγκεκριμένη ψηφιακή βιβλιοθήκη για την περιγραφή των εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων.

Πίνακας 2: Το μοντέλο μεταδεδομένων του LiLa

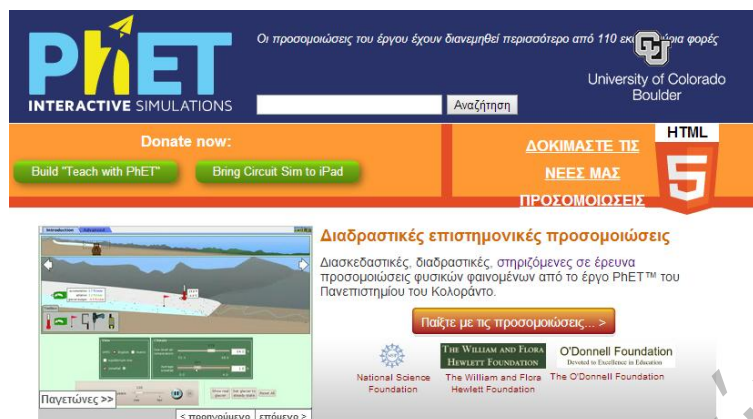
LiLa Repository	
Στοιχείο	Επεξήγηση
Title	Ο τίτλος του εργαστηρίου για την καλύτερη και ευκολότερη αναγνώρισή του
Alternative Title	Ο πιθανός εναλλακτικός τίτλος για το εργαστήριο
Description	Μια περιγραφή, με κείμενο, του συγκεκριμένου εργαστηρίου
Scientific Field	Το επιστημονικό πεδίο στο οποίο ανήκει το συγκεκριμένο εργαστήριο
Language	Ορίζει τη γλώσσα του εργαστηρίου
Creator	Μια οντότητα (καθηγητής, ίδρυμα κ.α.) που είναι η πρωταρχικά

<sup>2</sup> <http://www.library-of-labs.org/>

	υπεύθυνη για τη δημιουργία του συγκεκριμένου εργαστηρίου
Contributor	Μια οντότητα (καθηγητής, ίδρυμα κ.α.) που συνεισέφερε ή συνεισφέρει στο συγκεκριμένο εργαστήριο
Contact	Ένας σύνδεσμος επικοινωνίας για οποιαδήποτε πληροφορία σχετικά με το εργαστήριο, ειδικά στην περίπτωση που είναι απομακρυσμένο
Rights Holder	Ένας οργανισμός ή ένα άτομο το οποίο διατηρεί τα δικαιώματα επί του εργαστηρίου
Access Rights	Περιγράφει το αν το εργαστήριο είναι ανοιχτής πρόσβασης (no restrictions), αν απαιτεί επίσημη εγγραφή για τη χρήση του (requires registration) ή αν χρειάζεται επικοινωνία και συμφωνία με τον κατέχοντα τα δικαιώματα (requires agreement with rights holder)
License	
Display Size	Το μέγεθος σε όρους «οθόνης». Πρόκειται για pixels πλάτους χ ύψους. πχ. 600x800
Technical Requirements	Ένα άλλο λογισμικό το οποίο είναι απαραίτητο για τη λειτουργία και χρήση του συγκεκριμένου εργαστηρίου
Interaction Package Type	Ορίζει το αν πρόκειται για εικονικό ή απομακρυσμένο εργαστήριο
Keywords	Λέξεις κλειδιά σχετικές με το συγκεκριμένο εργαστήριο
Issued	Πότε αναρτήθηκε το συγκεκριμένο εργαστήριο
Last Modified	Πότε τροποποιήθηκε για τελευταία φορά

### 2.3.3 Phet Colorado

Το Phet Colorado είναι μια πάρα πολύ δημοφιλής βιβλιοθήκη αποκλειστικά εικονικών εργαστηρίων.



Σχήμα 6: Η Ψηφιακή Βιβλιοθήκη του Phet Colorado<sup>3</sup>

Συγκεκριμένα περιλαμβάνει 125 προσομοιώσεις που αφορούν κυρίως στις φυσικές επιστήμες και 266 δραστηριότητες που σχετίζονται με τις προσομοιώσεις. Όλες οι προσομοιώσεις είναι προϊόν της ερευνητικής ομάδας του Πανεπιστημίου του Colorado και διατίθενται δωρεάν. Όπως αναφέρεται και στην ιστοσελίδα του Phet, σκοπός του όλου εγχειρήματος είναι να βοηθηθούν οι μαθητές στην οπτική κατανόηση δύσκολων εννοιών. Οι προσομοιώσεις του PhET απεικονίζουν ό,τι είναι αδύνατο με γραφικό τρόπο και διαισθητικά εργαλεία ελέγχου.

Το μοντέλο μεταδεδομένων που ακολουθεί η συγκεκριμένη ψηφιακή βιβλιοθήκη για την περιγραφή των προσομοιώσεων είναι το εξής:

Πίνακας 3: Το μοντέλο μεταδεδομένων του Phet Colorado

Phet Colorado Repository	
Στοιχείο	Επεξήγηση
Title	Ο τίτλος της προσομοίωσης
Description	Μια περιγραφή, με κείμενο, της συγκεκριμένης προσομοίωσης

<sup>3</sup> <https://phet.colorado.edu/>

Scientific Field	Το επιστημονικό πεδίο στο οποίο ανήκει η συγκεκριμένη προσομοίωση
Main Topics	Τα συγκεκριμένα θέματα, στα οποία αφορά η προσομοίωση. Π.χ : δυνάμεις, κυματική
Grade Level	Η εκπαιδευτική βαθμίδα για την οποία προτείνεται η χρήση του συγκεκριμένου εργαστηρίου
Sample Learning Goals	Ενδεικτικοί εκπαιδευτικοί στόχοι που συνοδεύουν τη συγκεκριμένη προσομοίωση
Language	Υποστηριζόμενη γλώσσα της προσομοίωσης
Credits	Πληροφορίες για τους δημιουργούς, τους συνεισφέροντες και τους εξωτερικούς συνεργάτες της προσομοίωσης
Software Requirements	Οι τεχνικές απαιτήσεις ανά λειτουργικό σύστημα

#### 2.3.4 *iLabs*

Το "iLabs" είναι ένα project υλοποιημένο από το MIT και αποτελεί μια από τις πρώτες πρωτοβουλίες στο πεδίο των διαδικτυακών εργαστηρίων. Το όραμα του project εξαρχής ήταν να διαμοιραστεί ακριβό εργαστηριακό εξοπλισμό και υποδομές αλλά και σχετικό εκπαιδευτικό υλικό με άλλα πανεπιστήμια και φορείς σε όλο τον κόσμο, δίνοντας έτσι άλλη διάσταση στη διδακτική των φυσικών επιστημών και της τεχνολογίας. Ομάδες εργασίας του iLabs project, δημιούργησαν απομακρυσμένα εργαστήρια μικροηλεκτρονικής, χημικής μηχανικής, επεξεργασίας σημάτων κ.α. τα οποία είναι διαθέσιμα διαδικτυακά σε όλον τον κόσμο.

Βάσει της εμπειρίας των ομάδων εργασίας από τη συμμετοχή τους στην κατασκευή απομακρυσμένων εργαστηρίων διαφόρων αντικειμένων προτάθηκε μια σουίτα εργαλείων λογισμικού για την αποτελεσματική διάθεση και διαχείριση των εργαστηρίων γνωστή ως "iLabs Shared Architecture".

Το μοντέλο μεταδεδομένων που χρησιμοποιήθηκε για την περιγραφή των εργαστηρίων του iLabs, φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 4:** Μοντέλο μεταδεδομένων του iLabs

iLabs	
Στοιχείο	Επεξήγηση
Lab Client Name	Ο τίτλος/όνομα του εργαστηρίου για την καλύτερη και ευκολότερη αναγνώρισή του
Description	Μια περιγραφή, με κείμενο, του συγκεκριμένου εργαστηρίου
GUID	Ένα μοναδικό αναγνωριστικό ή μια σαφής αναφορά στο συγκεκριμένο εργαστήριο
Info URL	Ένας σύνδεσμος σε συγκεκριμένο πόρο, όπου μπορούν να βρεθούν περισσότερες πληροφορίες για το εργαστήριο
Location	Πληροφορίες σχετικά με το πού βρίσκεται ο πραγματικός εξοπλισμός του συγκεκριμένου εργαστηρίου
Service Broker URL	Μια αποδεκτή διεύθυνση URL που δίνει πρόσβαση στο εργαστήριο.
Batched / interactive	Ορίζει το αν πρόκειται για απομακρυσμένο (real hardware) ή για εικονικό εργαστήριο

### 2.3.5 LabShare

Το Labshare είναι μια μη - κερδοσκοπική εταιρεία με έδρα την Αυστραλία που παρέχει πρόσβαση, μέσα από την ψηφιακή βιβλιοθήκη που έχει δημιουργήσει, αποκλειστικά σε απομακρυσμένα εργαστήρια επωνομαζόμενα ως "rigs".



Σχήμα 7: Η Ψηφιακή βιβλιοθήκη Labshare<sup>4</sup>

Συστάθηκε για να συμβάλει στη διάδοση της χρήσης των απομακρυσμένων εργαστηρίων στο εκπαιδευτικό πλαίσιο και αυτή τη στιγμή συντηρεί έντεκα απομακρυσμένα εργαστήρια που αφορούν κυρίως το επιστημονικό πεδίο της μηχανικής. Παρακάτω ακολουθεί το μοντέλο μεταδεδομένων του Labshare:

Πίνακας 5: Το μοντέλο μεταδεδομένων του Lab Share

Lab Share Repository	
Στοιχείο	Επεξήγηση
Title	Ο τίτλος του εργαστηρίου για την καλύτερη και ευκολότερη αναγνώρισή του
Version	Η έκδοση – τη δεδομένη στιγμή – του συγκεκριμένου εργαστηρίου
Lab status	Ορίζει το αν το συγκεκριμένο εργαστήριο είναι διαθέσιμο ή όχι
Discipline	Το επιστημονικό πεδίο στο οποίο ανήκει το συγκεκριμένο εργαστήριο
Tags	Κάποιοι όροι που χαρακτηρίζουν κατάλληλα το συγκεκριμένο

<sup>4</sup> <http://www.labshare.edu.au/>

	εργαστήριο (παρόμοιο με λέξεις - κλειδιά)
Description	Μια αναλυτική περιγραφή, με κείμενο, του συγκεκριμένου εργαστηρίου
Providers	Μια οντότητα (συνήθως ίδρυμα) που «παρέχει» το συγκεκριμένο εργαστήριο
Hosted by	Μια οντότητα (συνήθως ίδρυμα) που υποστηρίζει την πρόσβαση στο συγκεκριμένο εργαστήριο προσφέροντας την τεχνολογική υποδομή
Rig Concept	Οι υπεύθυνοι (αναφορά ονόματος) της «ιδέας» του συγκεκριμένου εργαστηρίου
Rig Designers	Οι σχεδιαστές (αναφορά ονόματος) του εργαστηρίου
Other Versions	Άλλες υπάρχουσες εκδόσεις του συγκεκριμένου εργαστηρίου

## 2.4 Συγκριτικά Αποτελέσματα Κοινά Χρησιμοποιούμενων Στοιχείων Μεταδεδομένων σε Υπάρχουσες Ψηφιακές Βιβλιοθήκες Εικονικών και Απομακρυσμένων Εργαστηρίων

Έπειτα από την επισκόπηση των μοντέλων μεταδεδομένων των πέντε ψηφιακών βιβλιοθηκών μπορούμε να καταλήξουμε σε κάποια κοινά χρησιμοποιούμενα στοιχεία για την περιγραφή εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων που έχουν είτε ίδιο λεκτικό, είτε παρόμοιο που υπονοεί την ίδια έννοια. Αυτά αποτυπώνονται επιγραμματικά ως εξής:

- Στοιχείο σχετικό με τον τίτλο (**Title**): Παρατηρείται, όπως είναι λογικό, σε όλα τα μοντέλα μεταδεδομένων και αποτελεί βασικό στοιχείο για την περιγραφή ενός διαδικτυακού εργαστηρίου.



- Στοιχείο σχετικό με την περιγραφή του εργαστηρίου (**Description**): Παρατηρείται σε όλα τα μοντέλα μεταδεδομένων και είναι απόλυτα βασικό για οποιοδήποτε ψηφιακό πόρο.
- Στοιχείο σχετικό με το επιστημονικό πεδίο του εργαστηρίου (**Subject Domain**): Παρατηρείται σε 4 μοντέλα και είναι απαραίτητο για την καλή κατηγοριοποίηση όσον αφορά στο επιστημονικό πεδίο που ανήκει ένα συγκεκριμένο εργαστήριο.
- Στοιχεία σχετικά με τους παρέχοντες και στους συνεισφέροντες στην κατασκευή των εργαστηρίων (**Lab Providers – Lab Contributors**): Παρατηρούνται σε 4 μοντέλα.
- Στοιχείο σχετικό με τον τύπο του εργαστηρίου (**Lab Type**) : Παρατηρείται σε όλα τα μοντέλα εκτός του LabShare και του Phet Colorado, όπου περιέχονται μόνο απομακρυσμένα και μόνο εικονικά εργαστήρια αντίστοιχα, οπότε δεν υπάρχει και η ανάγκη διαχωρισμού.
- Στοιχείο σχετικό με τη γλώσσα του εργαστηρίου (**Language**): Παρατηρείται σε 3 μοντέλα και μπορεί να θεωρηθεί απαραίτητο όταν μια ψηφιακή βιβλιοθήκη απευθύνεται σε διεθνές κοινό.
- Στοιχείο σχετικό με τον ιδιοκτήτη ή τον κάτοχο των δικαιωμάτων του εργαστηρίου (**Lab Owner**): Παρατηρείται σε 3 μοντέλα.
- Στοιχείο σχετικό με τις λέξεις-κλειδιά που μπορούν να περιγράψουν το εργαστήριο (**Keywords**): Παρατηρείται και σε 3 μοντέλα και είναι χρήσιμο αφού μπορεί να εξασφαλίσει καλά αποτελέσματα αναζήτησης.
- Στοιχεία παιδαγωγικού χαρακτήρα (**Educational Level, Difficulty, Learning Objectives**): Παρατηρούνται σε 2 μοντέλα και είναι πολύ χρήσιμα για την πληροφόρηση των ενδιαφερόμενων ώστε να καταλήγουν σε συμπεράσματα για την παιδαγωγική αξιοποίηση του εργαστηρίου και την ένταξή τους σε εκπαιδευτικά σενάρια.
- Στοιχείο σχετικό με τη διεύθυνση πρόσβασης (**URL**): Παρατηρείται σε 2 μοντέλα. Δεν παρατηρείται στα μοντέλα που χρησιμοποιούνται σε

βιβλιοθήκες που ενσωματώνουν τα εργαστήρια. Αν μια βιβλιοθήκη παραπέμπει στα εργαστήρια, τότε το στοιχείο URL είναι απαραίτητο.

- Στοιχείο σχετικά με την ημερομηνία δημιουργίας ή ανάρτησης του εργαστηρίου (*Date Created* ή σχετικό): Παρατηρείται σε 2 μοντέλα και αμυδρά σε ακόμα ένα ως «version». Είναι σημαντικό, για λόγους σύγκρισης, να γνωρίζει ο υποψήφιος χρήστης πόσο επίκαιρο είναι το διαδικτυακό εργαστήριο.
- Στοιχεία σχετικά με το κόστος του εργαστηρίου, τα δικαιώματα και την άδεια χρήσης (*Cost – Access Rights – License*): Παρατηρούνται σε 2 μοντέλα.
- Στοιχεία σχετικά με τεχνικές απαιτήσεις και χαρακτηριστικά του εργαστηρίου (*Technical Requirements - Compatibility* ή σχετικά): Παρατηρούνται σε 3 μοντέλα.

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται τα συγκριτικά αποτελέσματα σχετικά με τα κοινά χρησιμοποιούμενα στοιχεία μεταδεδομένων στις υπάρχουσες ψηφιακές βιβλιοθήκες εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων.

**Πίνακας 6:** Κοινά χρησιμοποιούμενα στοιχεία μεταδεδομένων

Στοιχείο περιγραφής	Υπαρξη Αντίστοιχου στοιχείου					Σύνολο Εμφανίσεων
	<i>LiLa</i>	<i>Lab2Go</i>	<i>ILabs</i>	<i>Phet</i>	<i>LabShare</i>	
<i>Title</i>	✓	✓	✓	✓	✓	5
<i>Lab URL</i>		✓	✓			2
<i>Lab Type</i>	✓	✓	✓			3
<i>Subject Domain</i>	✓	✓		✓	✓	4
<i>Description</i>	✓	✓	✓	✓	✓	5
<i>Language(s)</i>	✓	✓		✓		3

<i>Contributor(s)</i>	✓	✓		✓	✓	4
<i>Provider(s)</i>	✓	✓		✓	✓	4
<i>Keywords</i>	✓			✓	✓	3
<i>Educational Level</i>		✓		✓		2
<i>Difficulty</i>		✓				1
<i>Learning Objectives</i>				✓		1
<i>Lab Owner</i>	✓	✓				2
<i>Cost</i>	✓	✓				2
<i>Access Rights</i>	✓	✓				2
<i>Technical Requirements</i>	✓	✓		✓		3
<i>Compatibility</i>	✓					1
<i>Date Created</i>	✓	✓		✓		3
<i>Χρησιμοποιούμενα Στοιχεία</i>	14	15	4	11	6	

## 2.5 Προτεινόμενο Μοντέλο Περιγραφής Εικονικών και Απομακρυσμένων Εργαστηρίων

Με βάση την ανάλυση που προηγήθηκε είναι δυνατό πλέον να προταθεί ένα ενοποιημένο μοντέλο περιγραφής για τα εικονικά και απομακρυσμένα εργαστήρια που θα βασίζεται στα κοινά χρησιμοποιούμενα στοιχεία μεταδεδομένων αλλά και θα ενσωματώνει κάποια νέα ιδιαίτερα στοιχεία. Για να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει να γίνει η τελική επιλογή των κατηγοριών και των στοιχείων που θα συνθέσουν το προτεινόμενο μοντέλο περιγραφής.

### 2.5.1 Επιλογή Κατηγοριών και Στοιχείων

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα τελικά στοιχεία που μπορούν να συνθέσουν το προτεινόμενο μοντέλο περιγραφής αλλά και οι γενικότερες κατηγορίες στις οποίες το κάθε στοιχείο μπορεί να ανήκει. Κάποια στοιχεία που μπορούν να θεωρηθούν ως πιο σύνθετα αποτελούνται από υπό-στοιχεία.

**Πίνακας 7:** Το προτεινόμενο μοντέλο μεταδεδομένων

<b>Προτεινόμενο Μοντέλο Μεταδεδομένων (Proposed Metadata Model - Elements)</b>				
<b>Κατηγορία (Category)</b>	<b>Στοιχείο (Element)</b>	<b>Υπο-Στοιχεία (Sub-Element(s))</b>	<b>Περιγραφή</b>	
<b>General Category</b>	Title	-	<i>Ένα λεκτικό βάσει του οποίου είναι αναγνωρίσιμο το διαδικτυακό εργαστήριο.</i>	
	Description	-	<i>Μια περιγραφή, με κείμενο, του συγκεκριμένου διαδικτυακού εργαστηρίου.</i>	
	Lifecycle Dates	Created Date		<i>Χρήσιμες ημερομηνίες σχετικά με την έκδοση του εργαστηρίου.</i>
		Publication Date		
		Launch Date		
		Last Modified		<i>Χρήσιμες ημερομηνίες σχετικά με τις αλλαγές ή τροποποιήσεις που έχουν γίνει στο εργαστήριο.</i>
		Last update		
		Release Date		
Keywords	-	<i>Λέξεις κλειδιά σχετικές με το συγκεκριμένο εργαστήριο.</i>		

<b>Προτεινόμενο Μοντέλο Μεταδεδομένων</b> <b>(Proposed Metadata Model - Elements)</b>			
<b>Κατηγορία</b> <b>(Category)</b>	<b>Στοιχείο</b> <b>(Element)</b>	<b>Υπο-Στοιχεία</b> <b>(Sub-Element(s))</b>	<b>Περιγραφή</b>
	Lab Type	-	Περιγράφει το αν το συγκεκριμένο εργαστήριο είναι εικονικό ( <i>virtual lab</i> ) ή «πραγματικό - απομακρυσμένο» ( <i>remote lab</i> )
	Lab Owner	Name	Το όνομα του ατόμου ή του οργανισμού που διατηρεί την ιδιοκτησία και τα δικαιώματα επί του εργαστηρίου.
		Contact	Το email επικοινωνίας με το παραπάνω άτομο ή οργανισμό.
Content Category	Language(s)	-	Η γλώσσα στην οποία είναι διαθέσιμο το συγκεκριμένο εργαστήριο.
	Additional Supportive Material	Title	Υποστηρικτικό υλικό για το συγκεκριμένο εργαστήριο όπως π.χ. οδηγίες χρήσης.
		URL	
	Supportive Apps	Title	Υποστηρικτικές εφαρμογές για το συγκεκριμένο εργαστήριο.
URL			
Pedagogical Category	Subject Domain		Το επιστημονικό πεδίο στο οποίο εντάσσεται το συγκεκριμένο εργαστήριο
	Educational	-	Η εκπαιδευτική βαθμίδα για την

<b>Προτεινόμενο Μοντέλο Μεταδεδομένων</b> <b>(Proposed Metadata Model - Elements)</b>			
<b>Κατηγορία</b> <b>(Category)</b>	<b>Στοιχείο</b> <b>(Element)</b>	<b>Υπο-Στοιχεία</b> <b>(Sub-Element(s))</b>	<b>Περιγραφή</b>
	Level		<i>οποία προτείνεται η χρήση του συγκεκριμένου εργαστηρίου.</i>
	Learning Objectives	-	<i>Μαθησιακοί στόχοι που αναμένεται να επιτευχθούν έπειτα από κατάλληλη αξιοποίηση του συγκεκριμένου εργαστηρίου.</i>
	Difficulty	-	<i>Το επίπεδο δυσκολίας που παρουσιάζει το συγκεκριμένο εργαστήριο.</i>
Organizational Category	Booking required	-	<i>Ορίζει το αν το συγκεκριμένο εργαστήριο επιβάλλει χρονική δέσμευση από τον υποψήφιο χρήστη.</i>
	Contributor(s)	Name	<i>Πρόσωπα ή οργανισμοί που συνέβαλαν στη δημιουργία του συγκεκριμένου εργαστηρίου.</i>
		Contact	
	Provider(s)	Name	<i>Πρόσωπα ή οργανισμοί που συμβάλλουν ώστε να καταστήσουν το εργαστήριο διαθέσιμο στο ευρύ κοινό.</i>
		Contact	
	Access Rights	-	<i>Περιγράφει τις συνθήκες (νομικής φύσης) κάτω από τις οποίες είναι δυνατή η χρήση του εργαστηρίου – τα δικαιώματα χρήσης.</i>

<b>Προτεινόμενο Μοντέλο Μεταδεδομένων</b> <b>(Proposed Metadata Model - Elements)</b>			
<b>Κατηγορία</b> <b>(Category)</b>	<b>Στοιχείο</b> <b>(Element)</b>	<b>Υπο-Στοιχεία</b> <b>(Sub-Element(s))</b>	<b>Περιγραφή</b>
	License	-	Περιγράφει επιπρόσθετα ή εξειδικευμένα δικαιώματα χρήσης όπως π.χ. δικαιώματα ανάγνωσης, επαναχρησιμοποίησης, υποχρεώσεις αναφοράς κ.α.
	Cost	-	Περιγράφει το αν υπάρχει κόστος ή όχι, για τη χρήση του συγκεκριμένου εργαστηρίου.
<b>Technical Category</b>	Lab URL	-	Ένα URL για την πρόσβαση στο συγκεκριμένο εργαστήριο ή στον ιστότοπο που υπάρχει.
	Level of interaction	-	Το επίπεδο διαδραστικότητας που προσφέρει το συγκεκριμένο εργαστήριο.
	Compatibility	-	Η ελάχιστη απαιτούμενη ανάλυση της οθόνης σε pixels, για τη χρήση του εργαστηρίου.
	Technical Requirements	-	Περιγράφει, με κείμενο, τις τεχνικές απαιτήσεις ώστε να είναι δυνατή η χρήση του εργαστηρίου.
<b>User-specific Category</b>	Lesson Plan	-	Ένα αρχείο σχετικά με το πώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί το συγκεκριμένο εργαστήριο στο πλαίσιο ενός

<b>Προτεινόμενο Μοντέλο Μεταδεδομένων</b> <b>(Proposed Metadata Model - Elements)</b>			
<b>Κατηγορία</b> <b>(Category)</b>	<b>Στοιχείο</b> <b>(Element)</b>	<b>Υπο-Στοιχεία</b> <b>(Sub-Element(s))</b>	<b>Περιγραφή</b>
			μαθήματος.
	Supporting students with disabilities	-	Περιγράφει το αν το συγκεκριμένο εργαστήριο υποστηρίζει κάποια ή κάποιες ομάδες μαθητών με ειδικές ανάγκες ή μαθησιακές δυσκολίες.

Σημειώνεται πως για την πληρέστερη περιγραφή των εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων προτάθηκαν τέσσερα επιπλέον στοιχεία μεταδεδομένων. Τα τρία από αυτά (Additional Supportive Material, Supportive Apps και Lesson Plan) αφορούν σε επιπρόσθετους εκπαιδευτικούς πόρους που μπορεί να συνδέονται με το εργαστήριο και απαντώνται σε όλες τις ψηφιακές βιβλιοθήκες με μικρές διαφοροποιήσεις. Το τέταρτο επιπρόσθετο (Supporting students with disabilities) αφορά στην πληροφόρηση για το αν υποστηρίζονται ειδικές ανάγκες ή μαθησιακές δυσκολίες των εκπαιδευόμενων.

### 2.5.2 Ορισμός τύπου δεδομένων και πεδίων τιμών

Οι τύποι δεδομένου που χρησιμοποιούνται στο προτεινόμενο μοντέλο περιγραφής είναι τρεις. Συγκεκριμένα χρησιμοποιείται ο τύπος Character String για τα στοιχεία που περιέχουν απλά λεκτικά, ο τύπος DateTime για τα στοιχεία που αφορούν σε ημερομηνίες και URI για τα στοιχεία που αφορούν σε εξωτερικούς συνδέσμους. Οι τύποι δεδομένων για κάθε ένα στοιχείο ξεχωριστά φαίνονται αναλυτικά στην επόμενη παράγραφο που αφορά την τεχνική περιγραφή του προτεινόμενου μοντέλου περιγραφής.



Όσον αφορά το πεδίο τιμών ενός στοιχείου, αυτό προσδιορίζει ένα σύνολο τιμών από το οποίο μπορεί το στοιχείο να αντλεί τις τιμές του. Το πεδίο τιμών μπορεί να καθοριστεί ως εξής :

- Με *Λεξιλόγιο (Vocabulary)*, που περιλαμβάνει ένα συγκεκριμένο σύνολο τιμών που μπορεί να λάβει το συγκεκριμένο στοιχείο, συνήθως με γνώμονα τους άμεσα εμπλεκόμενους με το μοντέλο μεταδεδομένων.
- Με *αναφορά σε άλλο πρότυπο ή προδιαγραφή*, όπως π.χ. το πρότυπο ISO 639-1 για τη γλώσσα.

Τα στοιχεία με συγκεκριμένα ελεγχόμενα λεξιλόγια (controlled vocabularies), ως πεδία τιμών τους αλλά και με αναφορά σε άλλα πρότυπα φαίνονται στον επόμενο πίνακα:

**Πίνακας 8:** Τα ελεγχόμενα λεξιλόγια συγκεκριμένων στοιχείων του προτεινόμενου μοντέλου μεταδεδομένων

Στοιχείο	Πεδίο Τιμών
Lab Type	Virtual Lab / Remote Lab
Language(s)	ISO 639-1
Subject	Science Curriculum Vocabulary ( <a href="http://vocbank.opendiscoveryspace.eu/thematic/index.php?tema=1">http://vocbank.opendiscoveryspace.eu/thematic/index.php?tema=1</a> )
Educational Level	Primary Education / Lower Secondary Education / Upper Secondary Education / Higher Education
Difficulty	Low / Medium / High
Booking Required	Yes / No
Cost	Yes / No
Level of Interaction	Low / Medium / High
Supporting Students	Physical Impairments, Visual Impairments, Hearing Impairments,

with Disabilities	Learning Disabilities, No Specific Provisions
-------------------	---

### **2.5.3 Τεχνική αναπαράσταση προτεινόμενου μοντέλου**

Σ' αυτό το σημείο, και αφού έχει προκύψει το τελικό μοντέλο με όλα τα στοιχεία που αποτελούν τους όρους περιγραφής των εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων, θα πρέπει να υπάρξει ένας τρόπος έκφρασής του, μέσω κάποιας τεχνολογίας, ώστε να είναι αναγνωρίσιμο και διαχειρίσιμο από υπολογιστικές μηχανές. Εδώ, χρησιμοποιείται η γλώσσα σήμανσης XML και συγκεκριμένα η XML Schema και το μοντέλο αναπαρίσταται στους πίνακες που βρίσκονται στο Παράρτημα Α.

## **2.6 Συμπεράσματα**

Με όσα αναλύθηκαν στο συγκεκριμένο κεφάλαιο αναδύθηκε η σημαντικότητα των εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων στην εκπαιδευτική διαδικασία αλλά και η ανάγκη ύπαρξης ενός κοινού τρόπου για την περιγραφή τους και την αποθήκευσή τους σε ψηφιακές βιβλιοθήκες. Η ανάγκη αυτή απαντήθηκε με την πρόταση ενός μοντέλου περιγραφής το οποίο ενσωματώνει τα κοινά χρησιμοποιούμενα στοιχεία μεταδεδομένων από τις υπάρχουσες ψηφιακές βιβλιοθήκες. Το ζητούμενο είναι να διαπιστωθεί κατά πόσο τα στοιχεία αυτά είναι όντως τα κατάλληλα για την αποτελεσματική αναζήτηση, ανάκτηση, σύγκριση και επιλογή εργαστηρίων στο πλαίσιο ενός δοθέντος εκπαιδευτικού σεναρίου όπως και για την κατασκευή εργαλείων και μηχανισμών που υποστηρίζουν αυτές τις διαδικασίες. Για να πραγματοποιηθεί αυτή η διαπίστωση το πρώτο βήμα είναι η κατασκευή μιας ψηφιακής βιβλιοθήκης που να αξιοποιεί το προτεινόμενο μοντέλο περιγραφής και η συμπλήρωσή της με υπάρχοντα εικονικά και απομακρυσμένα εργαστήρια.

## **Κεφάλαιο 3 Σχεδίαση και Ανάπτυξη Ψηφιακής Βιβλιοθήκης Εικονικών και Απομακρυσμένων Εργαστηρίων**

### **3.1 Εισαγωγή**

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η σχεδίαση και η ανάπτυξη μιας ψηφιακής βιβλιοθήκης εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων η οποία αξιοποιεί το προτεινόμενο μοντέλο μεταδεδομένων που αναπτύχθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο και θα εξυπηρετεί τόσο την καταχώριση εργαστηρίων από αντίστοιχους παρόχους όσο και την αναζήτηση κατάλληλων εργαστηρίων από εκπαιδευτικούς και λοιπούς χρήστες ώστε αυτά να αξιοποιηθούν στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Αρχικά μελετώνται οι λειτουργικές απαιτήσεις και οι πιθανοί χρήστες, ώστε να υπάρχει μια σαφής περιγραφή του τι πρέπει να επιτελεί η ψηφιακή βιβλιοθήκη ως σύστημα. Έπειτα, αναπαρίσταται η αρχιτεκτονική της ψηφιακής βιβλιοθήκης και παρουσιάζεται ο τρόπος υλοποίησής της. Τέλος, γίνεται μια ενδεικτική καταχώριση εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων με την οποία επιτυγχάνεται αφενός η επίδειξη της λειτουργίας του συστήματος και αφετέρου η ύπαρξη κατάλληλου δείγματος εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων για την μετέπειτα αξιολόγηση της λειτουργίας της αναζήτησης αυτών από τους χρήστες.

### **3.2 Λειτουργικές Απαιτήσεις της Ψηφιακής Βιβλιοθήκης**

Στον κλάδο της μηχανικής λογισμικού (software engineering) ως λειτουργικές απαιτήσεις ορίζονται οι εργασίες ή λειτουργίες τις οποίες πρέπει να επιτελεί ένα σύστημα ή ένα τμήμα ενός συστήματος (Wiegers, 2003). Ουσιαστικά είναι οι λειτουργίες που περιγράφουν το «τι κάνει» ένα σύστημα και όχι τι χαρακτηριστικά έχει.

Οι λειτουργικές απαιτήσεις της ψηφιακής βιβλιοθήκης που αναπτύχθηκε παρουσιάζονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 9:** Λειτουργικές Απαιτήσεις Ψηφιακής Βιβλιοθήκης

α/α	Λειτουργική Απαίτηση
1.	Περιήγηση στον ιστότοπο της Ψηφιακής Βιβλιοθήκης
2.	Διαχείριση χρηστών της Ψηφιακής Βιβλιοθήκης (Εγγραφή, Σύνδεση – Αποσύνδεση, Τροποποίηση προφίλ, Διαγραφή)
3.	Διαχείριση εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων (Καταχώριση, Επεξεργασία, Διαγραφή)
4.	Αναζήτηση εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων
5.	Μεταφόρτωση μεταδεδομένων εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων
6.	Επικοινωνία με το διαχειριστή της Ψηφιακής Βιβλιοθήκης
7.	Σχολιασμός και αξιολόγηση εργαστηρίων

Για την περαιτέρω ανάλυση των απαιτήσεων της ψηφιακής βιβλιοθήκης θα πρέπει να καθοριστούν οι χρήστες και τι ενέργειες αυτοί μπορούν να επιτελέσουν.

### 3.3 Χρήστες της Ψηφιακής Βιβλιοθήκης

Για να μπορέσουν να οριστούν κατάλληλα και με λεπτομέρεια οι χρήστες, θα πρέπει πρώτα να οριστεί το περιβάλλον τους. Όσον αφορά λοιπόν το περιβάλλον των χρηστών σε σχέση με το συγκεκριμένο σύστημα έχουμε τα εξής:

- Ένα μεγάλο μέρος των χρηστών θα έχει πρόσβαση στην ψηφιακή βιβλιοθήκη μέσω προσωπικού του υπολογιστή και σύνδεσης στο διαδίκτυο, από το χώρο

του σπιτιού. Το περιβάλλον θεωρείται οικείο προς τους χρήστες και επιτρέπει την ουσιαστική αλληλεπίδραση με το σύστημα.

- Ένα επίσης εξίσου μεγάλο μέρος των χρηστών θα έχει πρόσβαση στην ψηφιακή βιβλιοθήκη από το χώρο εργασίας. Με βάση το ότι η πλειονότητα των χρηστών ανήκει στον εκπαιδευτικό χώρο, θεωρείται πως το περιβάλλον εργασίας τους (σχολεία, πανεπιστήμια κ.α.) θα διευκολύνει την ουσιαστική αλληλεπίδραση με το σύστημα και θα προσφέρει τις κατάλληλες υλικοτεχνικές υποδομές.
- Ένα μικρό μέρος των χρηστών μπορεί να χρησιμοποιεί την ψηφιακή βιβλιοθήκη σε εξωτερικούς χώρους ή εν κινήσει μέσω φορητών υπολογιστικών συσκευών. Η ύπαρξη σταθερής και ποιοτικής σύνδεσης στο διαδίκτυο είναι ένα πρόβλημα που θα πρέπει να επιλύσουν αυτοί οι χρήστες.

Αφού διασαφηνίστηκε το περιβάλλον των χρηστών, θα πρέπει τώρα να οριστούν τα χαρακτηριστικά τους. Σε γενικό επίπεδο οι χρήστες της ψηφιακής βιβλιοθήκης ανήκουν στην εκπαιδευτική κοινότητα. Πιο συγκεκριμένα οι χρήστες, από την σκοπιά των χαρακτηριστικών τους, μπορούν να διακριθούν ως εξής:

- Εκπαιδευτικοί όλων των βαθμίδων της εκπαίδευσης οι οποίοι διαθέτουν μέτριο έως υψηλό επίπεδο εξοικείωσης με την τεχνολογία και ενδιαφέρονται για την αξιοποίηση εικονικών ή απομακρυσμένων εργαστηρίων στο εκπαιδευτικό τους έργο. Λόγω της φύσης του αντικειμένου, οι εκπαιδευτικοί αυτοί είναι είτε δάσκαλοι στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση είτε εκπαιδευτικοί των υπόλοιπων βαθμίδων στο γνωστικό αντικείμενο όμως των φυσικών επιστημών της τεχνολογίας και των μαθηματικών.
- Στελέχη Πανεπιστημίων, Σχολείων ή οργανισμών που δύνανται να παρέχουν εικονικά ή απομακρυσμένα εργαστήρια. Μπορεί είτε να είναι οι ίδιοι και δημιουργοί των εργαστηρίων, είτε να παρέχουν την υποδομή και τη διασύνδεση με δημιουργούς, ώστε να μπορούν τα εργαστήρια αυτά να φτάσουν στα μέλη της εκπαιδευτικής κοινότητας μέσω της ψηφιακής

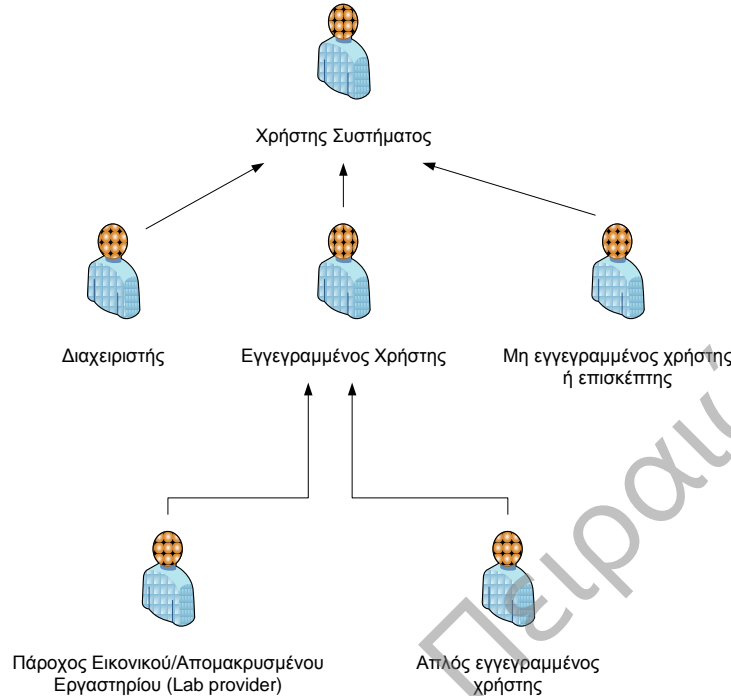
βιβλιοθήκης. Οι χρήστες αυτοί διαθέτουν μέτριο έως υψηλό βαθμό εξοικείωσης με την τεχνολογία.

- Ερευνητές και φοιτητές σε τομείς των εμπλεκόμενων επιστημών (παιδαγωγικά - φυσικές επιστήμες - τεχνολογία - μαθηματικά) αλλά και σε ευρύτερους τομείς της εκπαιδευτικής τεχνολογίας και της πληροφορικής. Οι χρήστες αυτοί διαθέτουν μέτριο έως υψηλό βαθμό εξοικείωσης με την τεχνολογία.
- Επαγγελματίες του κλάδου της Πληροφορικής, οι οποίοι αναπτύσσουν λογισμικό και συντηρούν υπολογιστικά συστήματα οι οποίοι μπορεί να μισθώνονται για τη δημιουργία και συντήρηση εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων. Οι χρήστες αυτοί διαθέτουν πολύ υψηλό βαθμό εξοικείωσης με την τεχνολογία.

Αφού περιγράφηκαν και τα χαρακτηριστικά των χρηστών, μπορούν τώρα να καθοριστούν οι ομάδες χρηστών της ψηφιακής βιβλιοθήκης όπως και το τι ενέργειες μπορούν αυτοί να επιτελέσουν.

Οι χρήστες του συστήματος, λοιπόν, εκτός από τον διαχειριστή του, μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες, στους εγγεγραμμένους και στους μη εγγεγραμμένους χρήστες. Οι εγγεγραμμένοι με τη σειρά τους χωρίζονται σε απλούς εγγεγραμμένους χρήστες (όπως π.χ. δάσκαλοι, καθηγητές κ.α.) και σε παρόχους εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων (lab providers).

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η ιεραρχική ταξινόμηση των χρηστών του συστήματος:



**Σχήμα 8:** Οι χρήστες της Ψηφιακής Βιβλιοθήκης

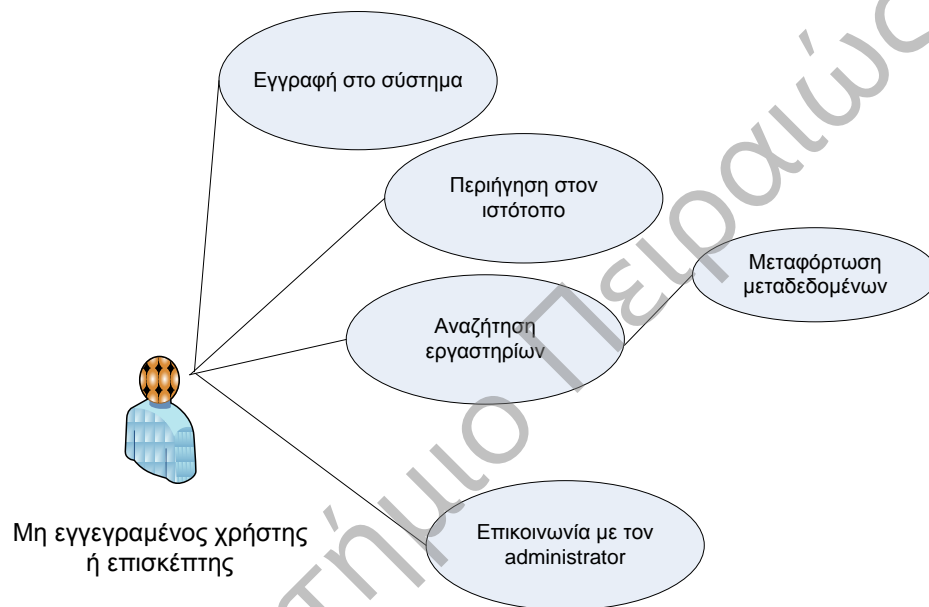
### ***Μη εγγεγραμμένοι χρήστες ή επισκέπτες***

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι επισκέπτες του ιστοτόπου της ψηφιακής βιβλιοθήκης οι οποίοι ενδιαφέρονται να ενημερωθούν για το σκοπό της αλλά και για το τι προσφέρει στους εγγεγραμμένους χρήστες. Μπορούν, επίσης, να αναζητήσουν εικονικά και απομακρυσμένα εργαστήρια αλλά δεν μπορούν να επιτελέσουν περαιτέρω ενέργειες. Οι επισκέπτες αυτοί είναι και εν δυνάμει εγγεγραμμένοι χρήστες, αφού δύνανται να εγγραφούν δίνοντας κάποια προσωπικά στοιχεία και να ενταχθούν στην κατηγορία του απλού εγγεγραμμένου χρήστη ή του παρόχου εργαστηρίου.

Συγκεκριμένα ο μη εγγεγραμμένος χρήστης ή επισκέπτης δύναται να:

- εγγραφεί στο σύστημα της ψηφιακής βιβλιοθήκης

- περιηγηθεί στις σελίδες του ιστοτόπου της ψηφιακής βιβλιοθήκης διαβάζοντας πληροφορίες
- αναζητήσει εικονικά και απομακρυσμένα εργαστήρια και να μεταφορτώσει τα μεταδεδομένα τους
- επικοινωνήσει με τον διαχειριστή (administrator)



Σχήμα 9: UML διάγραμμα λειτουργιών των μη εγγεγραμμένων χρηστών

### *Απλοί Εγγεγραμμένοι Χρήστες*

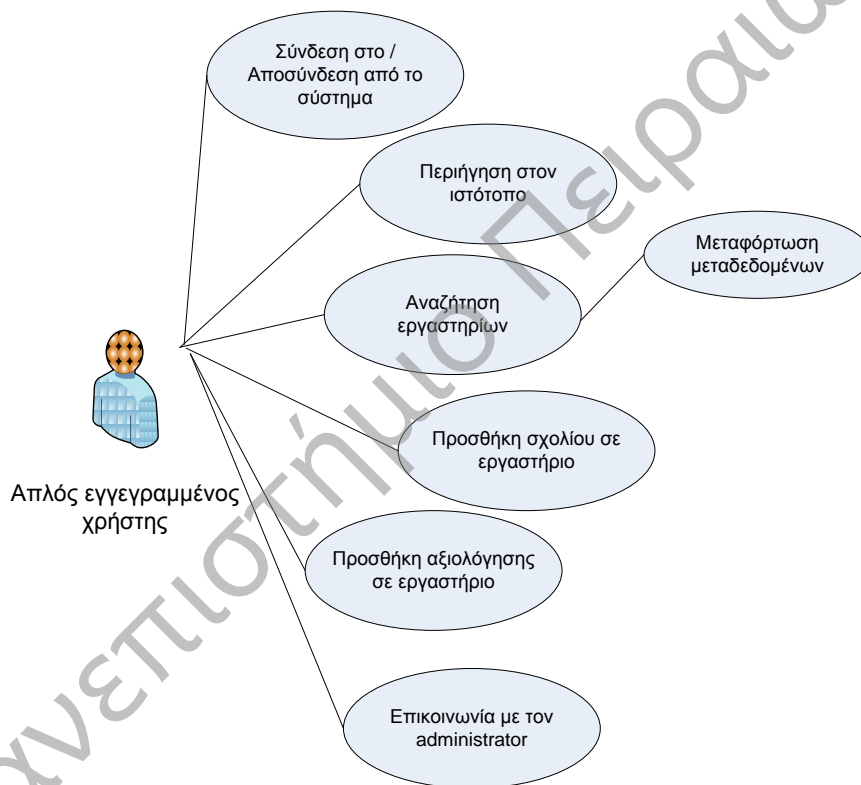
Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι χρήστες οι οποίοι προβάλλουν ένα μεγαλύτερο ενδιαφέρον για την ψηφιακή βιβλιοθήκη και θέλουν να εμπλακούν ενεργά. Τέτοιοι χρήστες είναι δάσκαλοι, καθηγητές, επαγγελματίες της πληροφορικής κ.α., οι οποίοι εκτός από απλή περιήγηση στον ιστοτόπο και εξεύρεση εργαστηρίων που πιθανώς επιθυμούν να αξιοποιήσουν, μπορούν να σχολιάσουν και να αξιολογήσουν κάποιο εργαστήριο για να βοηθήσουν περισσότερο την εκπαιδευτική κοινότητα.

Συγκεκριμένα ο απλός εγγεγραμμένος χρήστης δύναται να:

- συνδεθεί και να αποσυνδεθεί στο/από το σύστημα της ψηφιακής βιβλιοθήκης



- περιηγηθεί στις σελίδες του ιστοτόπου της ψηφιακής βιβλιοθήκης
- αναζητήσει εικονικά και απομακρυσμένα εργαστήρια και να μεταφορτώσει τα μεταδεδομένα τους
- προσθέσει σχόλιο σε κάποιο εργαστήριο
- προσθέσει αξιολόγηση σε κάποιο εργαστήριο
- επικοινωνήσει με τον διαχειριστή (administrator)



**Σχήμα 10:** UML διάγραμμα λειτουργιών των απλών εγγεγραμμένων χρηστών

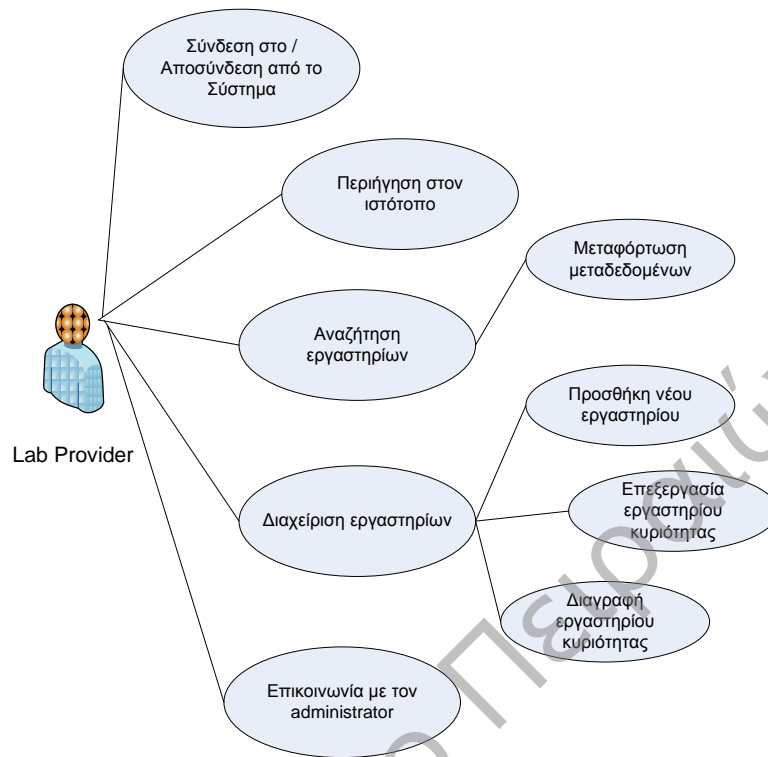
### ***Πάροχοι εργαστηρίων (lab providers)***

Σ' αυτήν την κατηγορία ανήκουν οι χρήστες που εγγράφονται στο σύστημα της ψηφιακής βιβλιοθήκης με σκοπό να «προσφέρουν» ένα εικονικό ή απομακρυσμένο εργαστήριο, το οποίο θα ενταχθεί στον κατάλογο της ψηφιακής βιβλιοθήκης με

σκοπό να αξιοποιηθεί από επισκέπτες ή απλούς εγγεγραμμένους χρήστες. Οι πάροχοι εργαστηρίων μπορεί να είναι τα άτομα τα οποία εκπροσωπούν κάποιο Πανεπιστήμιο ή κάποιον ευρύτερο φορέα που έχει δημιουργήσει ή έχει τα δικαιώματα ενός εικονικού ή απομακρυσμένου εργαστηρίου. Είναι υπεύθυνοι για την πλήρη και σωστή καταχώριση των μεταδεδομένων των εργαστηρίων που εισάγουν, ώστε αυτά να έχουν περιγραφές που θα εξυπηρετήσουν την αποτελεσματική αναζήτηση και ανάκτησή τους από τα ενδιαφερόμενα μέλη.

Ο πάροχος εργαστηρίου δύναται να:

- συνδεθεί και να αποσυνδεθεί στο/από το σύστημα της ψηφιακής βιβλιοθήκης
- περιηγηθεί στις σελίδες του ιστοτόπου της ψηφιακής βιβλιοθήκης
- αναζητήσει εικονικά και απομακρυσμένα εργαστήρια και να μεταφορτώσει τα μεταδεδομένα τους
- διαχειρίζεται εργαστήρια το οποίο σημαίνει πως:
  1. μπορεί να προσθέσει ένα νέο εικονικό ή απομακρυσμένο εργαστήριο στην ψηφιακή βιβλιοθήκη εισάγοντας κατάλληλα μεταδεδομένα που το περιγράφουν.
  2. μπορεί να επεξεργαστεί τα εικονικά ή απομακρυσμένα εργαστήρια που ο ίδιος έχει προσθέσει, διορθώνοντας ή συμπληρώνοντας τις τιμές των μεταδεδομένων
  3. μπορεί να διαγράψει από το σύστημα της ψηφιακής βιβλιοθήκης εργαστήρια που ο ίδιος έχει προσθέσει
- επικοινωνήσει με τον διαχειριστή (administrator)



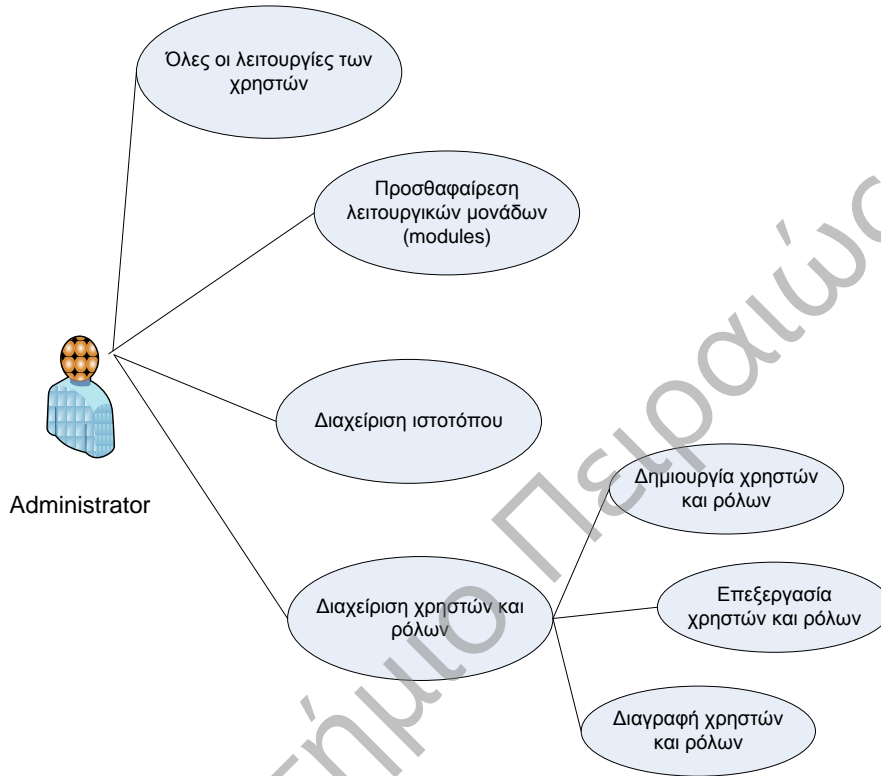
Σχήμα 11: UML διάγραμμα λειτουργιών των παρόχων εργαστηρίων

### Διαχειριστής

Στην κατηγορία αυτή ανήκει ο χρήστης οποίος αποτελεί την ανώτερη ομάδα χρηστών και έχει πλήρη δικαιώματα για την πρόσβαση και τη γενική διαχείριση του συστήματος της ψηφιακής βιβλιοθήκης. Από αυτόν εξαρτάται η λειτουργικότητα της ψηφιακής βιβλιοθήκης και η συντήρησή της.

Ο διαχειριστής της ψηφιακής βιβλιοθήκης δύναται να:

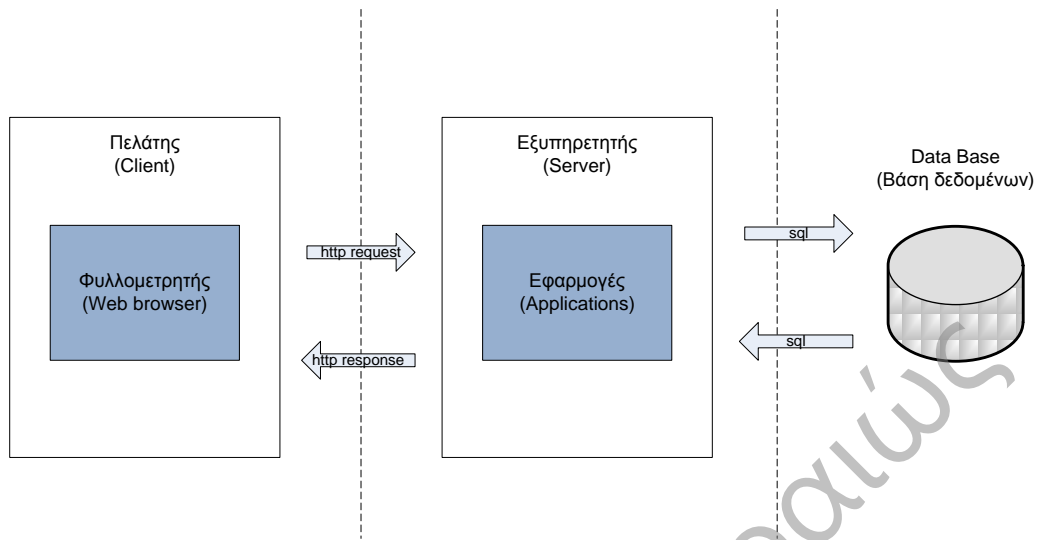
- επιτελέσει όλες τις λειτουργίες των υπόλοιπων ομάδων χρηστών
- προσθαφαιρέσει λειτουργικές μονάδες (modules) στην πλατφόρμα στην οποία βασίζεται η ψηφιακή βιβλιοθήκη
- διαχειρίζεται τον ιστότοπο (εμφάνιση, λειτουργικότητα, περιεχόμενο κ.τ.λ.)
- διαχειρίζεται τους χρήστες και τους ρόλους τους. Μπορεί να δημιουργήσει, να επεξεργαστεί και να διαγράψει χρήστες .



Σχήμα 12: UML διάγραμμα λειτουργιών του διαχειριστή

### 3.4 Αρχιτεκτονική της Ψηφιακής Βιβλιοθήκης

Η ψηφιακή βιβλιοθήκη είναι ένα διαδικτυακό εργαλείο και ακολουθεί σε γενικό επίπεδο την πρότυπη αρχιτεκτονική πελάτη - εξυπηρετητή (client - server architecture) που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



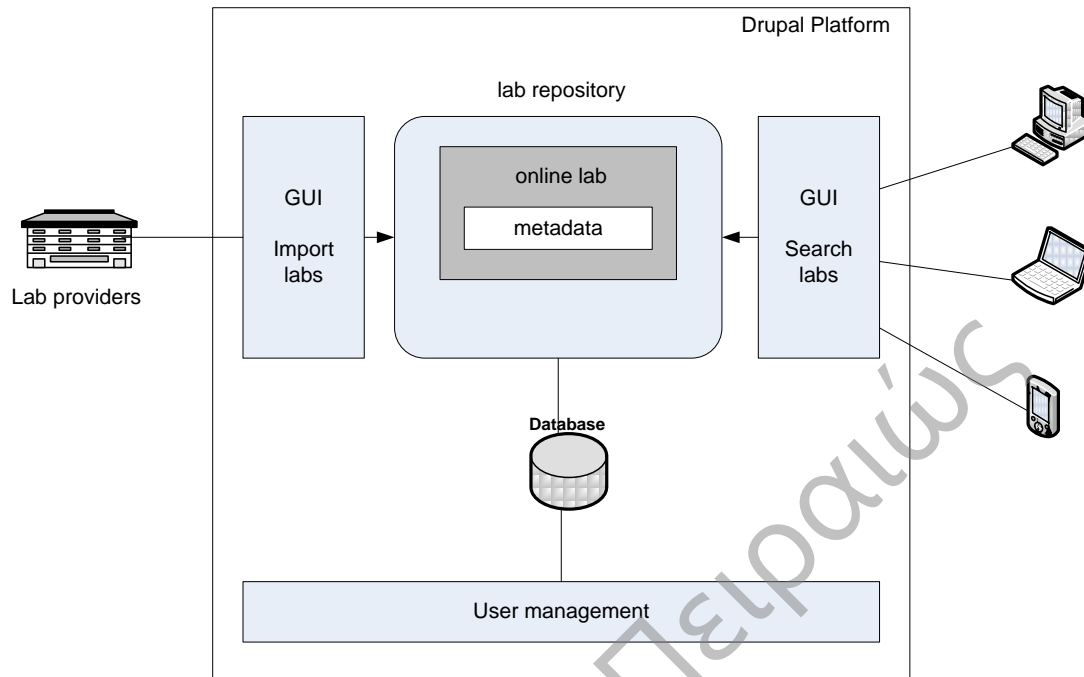
Σχήμα 13: Αρχιτεκτονική client-server

Κάθε χρήστης, με τη χρήση ενός φυλλομετρητή θα μπορεί να έχει πρόσβαση στην ψηφιακή βιβλιοθήκη και, μέσω των μηχανισμών οι οποίοι εκτελούνται στον εξυπηρετητή, θα υποστηρίζονται οι βασικές της λειτουργίες που είναι η καταχώριση εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων αλλά και όλες οι ενέργειες επί αυτών.

Η αρχιτεκτονική της ψηφιακής βιβλιοθήκης στηρίζεται σε αρχικό επίπεδο στην πλατφόρμα Drupal. Το Drupal είναι ένα αρθρωτό σύστημα διαχείρισης περιεχομένου (Content Management System ή CMS) ανοικτού/ελεύθερου λογισμικού που ενδείκνυται για υλοποίηση διαδικτυακών εφαρμογών. Το Drupal επιτρέπει πολλές παραμετροποιήσεις όπως επίσης και διαθέτει πολλές επιπλέον λειτουργικές μονάδες (modules) που προσφέρουν νέες λειτουργικότητες σε μια συγκεκριμένη εγκατάσταση. Επιπρόσθετα, μπορούν να δημιουργηθούν και να ενσωματωθούν εξατομικευμένες λειτουργικές μονάδες (custom modules) που να εξυπηρετούν συγκεκριμένους στόχους μιας διαδικτυακής εφαρμογής.

Βασικό στοιχείο της ψηφιακής βιβλιοθήκης είναι η οντότητα του «διαδικτυακού εργαστηρίου» (online lab), εικονικού ή απομακρυσμένου. Ένα εργαστήριο, όσον αφορά την αρχιτεκτονική σχεδίαση, αποτελεί έναν τύπο περιεχομένου (content type)





Σχήμα 15: Η αρχιτεκτονική της ψηφιακής βιβλιοθήκης

Οι βασικές δομικές μονάδες του συστήματος, εκτός από τις δομικές μονάδες της ίδιας της πλατφόρμας του Drupal οι οποίες διατηρούνται, είναι ο πυρήνας της βιβλιοθήκης των εργαστηρίων (lab repository) που είναι, όπως παρουσιάστηκε παραπάνω, κόμβοι του συστήματος που αποτελούν εγγραφές στη βάση δεδομένων, ο μηχανισμός διαχείρισης των χρηστών οι οποίοι με διαφορετικούς ρόλους μπορούν να επιτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες και το επίπεδο γραφικής διεπαφής των χρηστών, τόσο για την καταχώριση εργαστηρίων όσο και για την αναζήτηση και προβολή τους.

### 3.5 Υλοποίηση της Ψηφιακής Βιβλιοθήκης

Η υλοποίηση της συγκεκριμένης ψηφιακής βιβλιοθήκης βασίστηκε κυρίως στη γλώσσα προγραμματισμού PHP για τη λειτουργία του συστήματος στον εξυπηρετητή και δευτερευόντως στη γλώσσα JavaScript. Επίσης, βασίστηκε στη γλώσσα σήμανσης υπερκειμένου HTML. Σε κάποια συστατικά μέρη χρησιμοποιήθηκε και η τεχνική AJAX για να προσδώσει μεγαλύτερη ευχρηστία στη διεπαφή χρήστη. Όσον

αφορά στη μορφοποίηση και παρουσίαση της ψηφιακής βιβλιοθήκης σε επίπεδο εξωτερική εμφάνισης χρησιμοποιήθηκε το σύστημα κανόνων CSS.

Για τη δημιουργία και διαχείριση των XML εγγράφων που συνδέονται με τα εικονικά και απομακρυσμένα εργαστήρια χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα σήμανσης XML και για τη διαχείριση των XML σχημάτων χρησιμοποιήθηκε η XML Schema Language. Για την προγραμματιστική διαχείριση των XML εγγράφων χρησιμοποιήθηκε η προγραμματιστική διεπαφή (application profile interface) XML DOM.

Για τη δημιουργία και διαχείριση της βάσης δεδομένων της ψηφιακής βιβλιοθήκης αξιοποιήθηκε η γλώσσα επερωτήσεων SQL και το σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων MySQL.

Για να επιτευχθεί η λειτουργία των απαιτήσεων της ψηφιακής βιβλιοθήκης, όπως αυτές ορίστηκαν στις παραγράφους 3.2 και 3.3 δεν αρκούσε η απλή αρχική εγκατάσταση της πλατφόρμας Drupal. Έτσι, εγκαταστάθηκαν επιπλέον χρήσιμες λειτουργικές μονάδες που προσφέρει η κοινότητα υποστήριξης του Drupal, έγιναν συγκεκριμένες τροποποιήσεις σε κάποιες από αυτές αλλά και δημιουργήθηκαν νέες εξατομικευμένες που εξυπηρετούν συγκεκριμένους στόχους της λειτουργικότητας της ψηφιακής βιβλιοθήκης.

Στον πίνακα 10 παρουσιάζονται συνοπτικά οι πιο βασικές από τις επιπρόσθετες λειτουργικές μονάδες που αξιοποιήθηκαν από την κοινότητα υποστήριξης του Drupal.

**Πίνακας 10:** Επιπρόσθετες λειτουργικές μονάδες του Drupal

Λειτουργική Μονάδα	Χρήση - Λειτουργία
Views	Η πιο διαδεδομένη επιπρόσθετη λειτουργική μονάδα του Drupal που χρησιμοποιήθηκε για την προσαρμοσμένη εμφάνιση του περιεχομένου και συγκεκριμένα των εργαστηρίων.
Content Construction Kit	Χρησιμοποιήθηκε για τη διαχείριση της δομής του



	περιεχομένου του Drupal και είναι μια πολύ βασική λειτουργική μονάδα.
Search Api, Search Facets και Search Views	Τρεις σημαντικές επιπρόσθετες λειτουργικές μονάδες η οποίες προσφέρουν συνδυαστικά ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης των αναζητήσεων αλλά και της δυνατότητας χρήσης φίλτρων για την εύρεση εργαστηρίων.
Taxonomy και Taxonomy CSV Import/Export	Χρησιμοποιήθηκαν για να μπορέσουν να αποκτήσουν συγκεκριμένα πεδία ελεγχόμενα λεξιλόγια όρων, όπως το πεδίο του Subject που αντλεί εκατοντάδες όρους από το Science Curriculum Vocabulary που παρατίθεται στο παράρτημα Α.
Field UI & Field SQL Storage	Χρησιμοποιήθηκαν, μαζί με μια σειρά άλλων εξειδικευμένων λειτουργικών μονάδων, για τη διαχείριση των πεδίων των εργαστηρίων που ακολουθούν το προτεινόμενο μοντέλο μεταδεδομένων.
Field group	Χρησιμοποιήθηκε για να μπορέσει να υποστηριχτεί η ύπαρξη κατηγοριών και υποκατηγοριών πεδίων που αντιστοιχούν σε στοιχεία και υπό-στοιχεία του προτεινόμενου μοντέλου μεταδεδομένων.
Voting API και Fivestars	Δύο λειτουργικές μονάδες που συνδυαστικά εξυπηρέτησαν τη λειτουργία της βαθμολόγησης των εργαστηρίων από χρήστες.

Εκτός από τις παραπάνω λειτουργικές μονάδες της κοινότητας του Drupal δημιουργήθηκε και μια εξατομικευμένη λειτουργική μονάδα (custom module) για να είναι εφικτή η ιδιαίτερη λειτουργία της καταχώρισης ενός εικονικού ή απομακρυσμένου εργαστηρίου από κάποιον πάροχο. Όπως παρουσιάστηκε και στο κεφάλαιο 3.4 της αρχιτεκτονικής του συστήματος, η συγκεκριμένη λειτουργία αναφέρεται στη δυνατότητα κατά την καταχώριση ενός εργαστηρίου στην ψηφιακή βιβλιοθήκη να παράγεται ένα αντίστοιχο XML στιγμιότυπο που ακολουθεί το προτεινόμενο μοντέλο μεταδεδομένων και περιέχει τα δεδομένα που εισήχθησαν κατά την καταχώριση του εργαστηρίου. Αν τα δεδομένα αυτά τροποποιηθούν από τον πάροχο του εργαστηρίου, τότε αυτόματα διορθώνεται και το XML στιγμιότυπο.

Για την κατασκευή της συγκεκριμένης λειτουργικής μονάδας χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα PHP και η προγραμματιστική διεπαφή (application profile interface) XML DOM.

Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι οι υπάρχουσες βιβλιοθήκες παρέχουν σε επίπεδο γραφικής διεπαφής λειτουργίες αναζήτησης μέσω φίλτρων που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένα στοιχεία μετεδεδομένων, όπως και λειτουργίες κοινωνικού χαρακτήρα όπως ο σχολιασμός και η αξιολόγηση των εργαστηρίων από εγγεγραμμένα μέλη.

**Πίνακας 11:** Επιπρόσθετες λειτουργικότητες ψηφιακών βιβλιοθηκών

Ψηφιακή βιβλιοθήκη	Αναζήτηση με φίλτρα	Λειτουργίες κοινωνικού χαρακτήρα (social interaction functionalities)	
		Σχολιασμός	Αξιολόγηση
Lab2Go	✓		✓
LiLa	✓	✓	✓
Phet Colorado	✓		
LabShare	✓		

Έτσι και η συγκεκριμένη ψηφιακή βιβλιοθήκη ενσωματώνει και τις τρεις αυτές λειτουργίες στη γραφική διεπαφή της. Για την αναζήτηση με φίλτρα χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία μεταδεδομένων με ελεγχόμενα λεξιλόγια και παραμετροποιήθηκε η επιπρόσθετη λειτουργική μονάδα "Search Facets". Για το σχολιασμό αξιοποιήθηκε η υπάρχουσα λειτουργικότητα του Drupal, που έρχεται μαζί με την εγκατάσταση και για την αξιολόγηση η επιπρόσθετες λειτουργικές μονάδες "Voting API" και "Five Stars".

Η όλη διαδικτυακή εφαρμογή της ψηφιακής βιβλιοθήκης, για να μπορεί να λειτουργήσει ορθά, εγκαταστάθηκε σε εξυπηρετητή Apache Web Server.

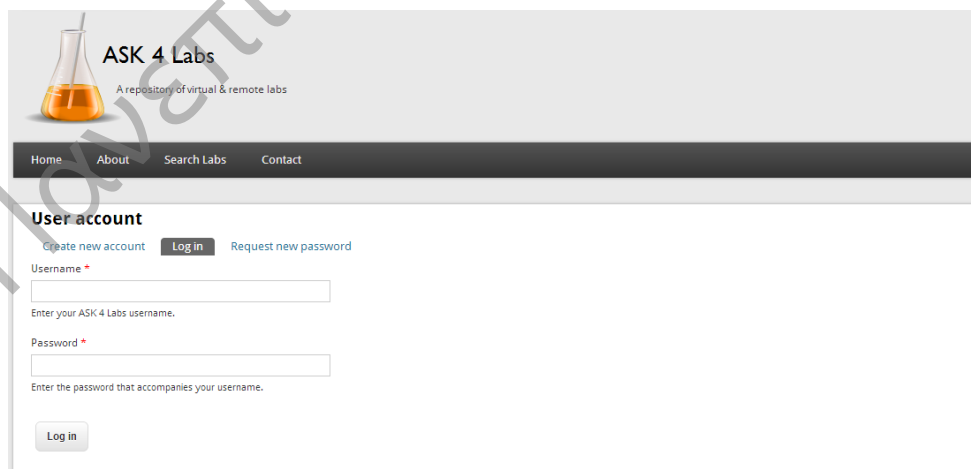
### 3.6 Διαδικασία Καταχώρισης Ενδεικτικών Εικονικών και Απομακρυσμένων Εργαστηρίων

Για να ελεγχθεί η λειτουργία της υλοποίησης που αναφέρθηκε παραπάνω αλλά και για να συμπληρωθεί η ψηφιακή βιβλιοθήκη με εικονικά και απομακρυσμένα εργαστήρια, πραγματοποιήθηκε μια ενδεικτική καταχώριση 44 εργαστηρίων που υπάρχουν στις ψηφιακές βιβλιοθήκες στις οποίες έγινε επισκόπηση, αλλά και σε άλλους ιστοτόπους. Η καταχώριση αυτή δεν έγινε με εισαγωγή δεδομένων κατευθείαν στη βάση δεδομένων αλλά χρησιμοποιήθηκε ο μηχανισμός καταχώρισης, όπως ακριβώς αυτός θα χρησιμοποιείτο από ένα πάροχο εργαστηρίων. Επιλέχθηκαν, έτσι, 33 εικονικά και 11 απομακρυσμένα εργαστήρια διαφόρων επιστημονικών αντικειμένων ώστε να υπάρχει ποικιλία.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η διαδικασία καταχώρισης που αποτελεί και μια μικρή επίδειξη της υλοποιημένης ψηφιακής βιβλιοθήκης.

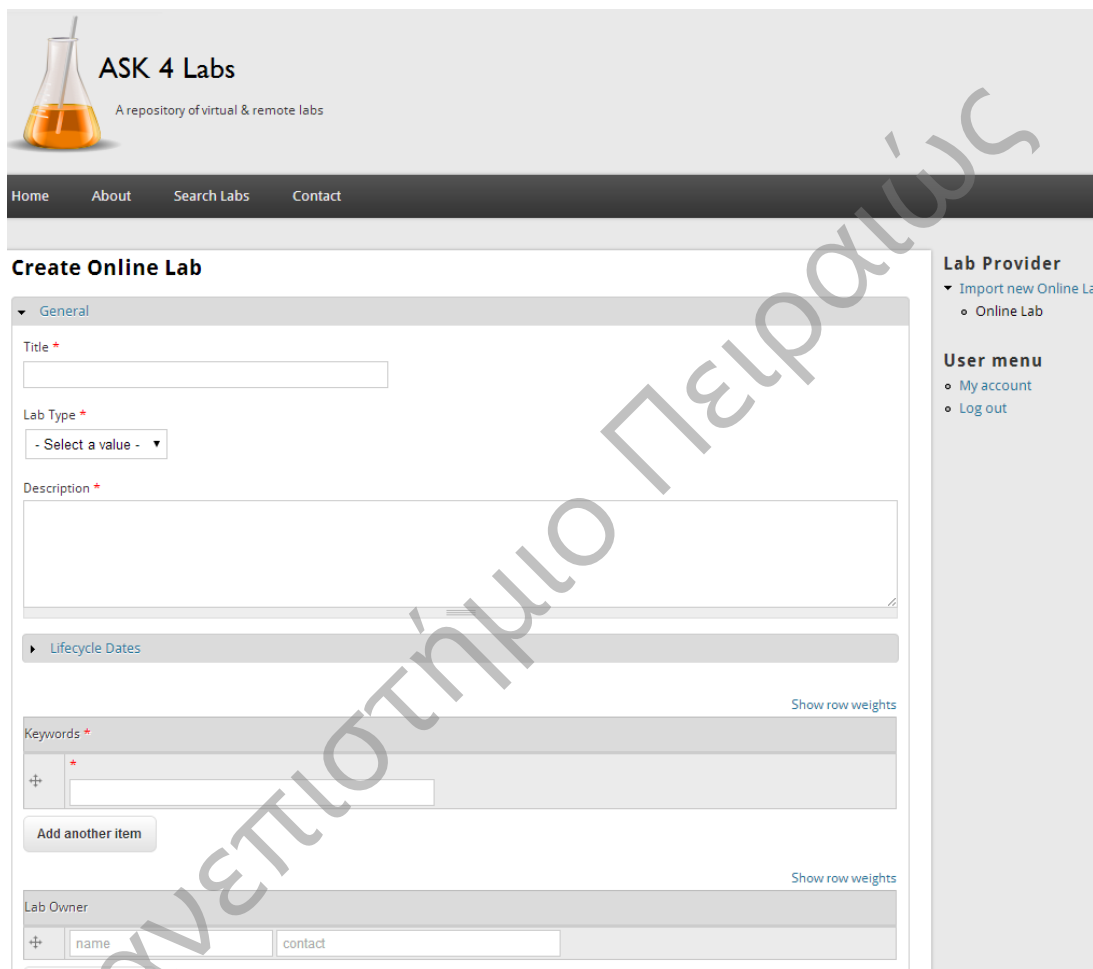
#### ***Σύνδεση του παρόχου εργαστηρίων στο σύστημα της ψηφιακής βιβλιοθήκης:***

Για να μπορέσει ένας υποτιθέμενος πάροχος εργαστηρίων να εισάγει ένα εικονικό ή απομακρυσμένο εργαστήριο με πλήρη περιγραφή στα μεταδεδομένα του, θα πρέπει πρώτα να κάνει είσοδο στο σύστημα δίνοντας τα συνθηματικά που απαιτούνται.



**Σχήμα 16:** Σύνδεση στο σύστημα της ψηφιακής βιβλιοθήκης

Μετά την είσοδό του στο σύστημα, ο πάροχος εργαστηρίων έχει τη δυνατότητα να καταχωρίσει ένα εικονικό ή απομακρυσμένο εργαστήριο συμπληρώνοντας τα απαιτούμενα μεταδεδομένα. Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνεται η υλοποιημένη φόρμα εισαγωγής, συγκεκριμένα για την κατηγορία "general".



The screenshot shows the 'Create Online Lab' form for the 'general' category. The form is divided into several sections:

- General:** Contains a 'Title' text field, a 'Lab Type' dropdown menu (currently showing '- Select a value -'), and a 'Description' text area.
- Lifecycle Dates:** A section with a right-aligned 'Show row weights' link.
- Keywords:** A section with a right-aligned 'Show row weights' link, a plus icon, a text input field, and an 'Add another item' button.
- Lab Owner:** A section with a right-aligned 'Show row weights' link, a plus icon, and two sub-input fields labeled 'name' and 'contact'.

On the right side of the form, there is a sidebar with the following elements:

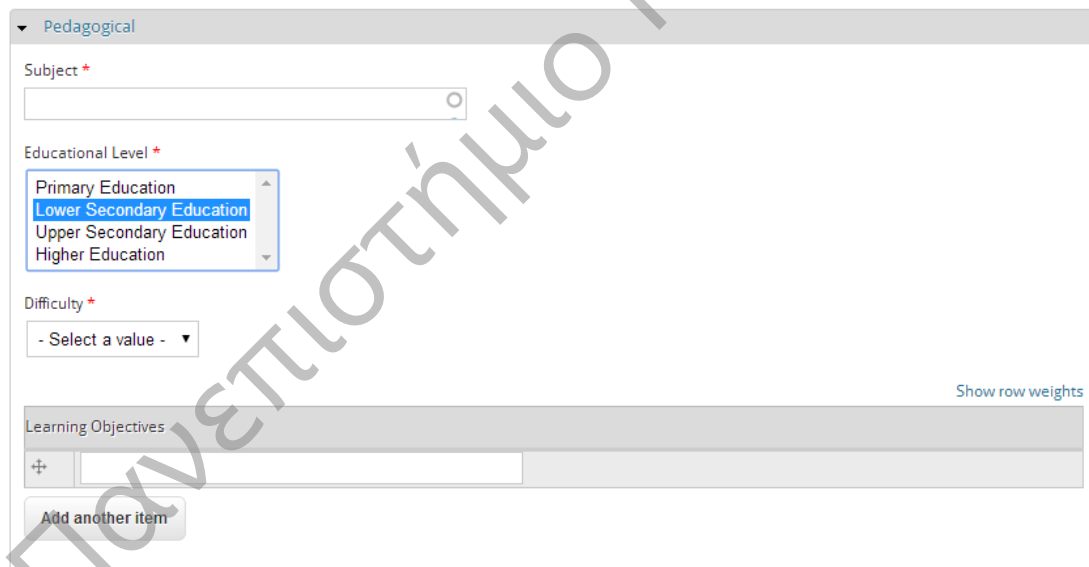
- Lab Provider:** A dropdown menu with 'Import new Online Lab' and 'Online Lab' options.
- User menu:** A list with 'My account' and 'Log out' options.

**Σχήμα 17:** Εισαγωγή μεταδεδομένων για την κατηγορία "general"

Το κάθε πεδίο εισαγωγής στη φόρμα ακολουθεί τον τύπο του κάθε στοιχείου μεταδεδομένων. Έτσι, για το στοιχείο του τίτλου (title), υπάρχει ένα μοναδικό πεδίο εισαγωγής κειμένου, για το πεδίο του είδους εργαστηρίου (lab type) υπάρχει μια αναδυόμενη λίστα (dropdown list) με δυνατότητα μιας επιλογής που περιέχει τους όρους του αντίστοιχου ελεγχόμενου λεξιλογίου, για την περιγραφή υπάρχει ένα πεδίο

εισαγωγής κειμένου μεγάλου μεγέθους (text area), για τις ημερομηνίες υπάρχει ένα εργαλείο ημερολογίου για επιλογή συγκεκριμένης ημερομηνίας, για τις λέξεις κλειδιά και τον ιδιοκτήτη του εργαστηρίου υπάρχουν πεδία κειμένου που δίνουν όμως τη δυνατότητα για επανάληψη της διαδικασίας εισαγωγής αφού τα συγκεκριμένα στοιχεία μεταδεδομένων δέχονται πολλαπλές τιμές.

Επίσης, στην κατηγορία "pedagogical" για το στοιχείο του επιστημονικού πεδίου (subject) χρησιμοποιείται μια φόρμα που αξιοποιεί την ajax τεχνική «autocomplete» και γράφοντας ο χρήστης τα πρώτα γράμματα της λέξης που θέλει να καταχωρίσει του «προτείνεται» το επιστημονικό πεδίο από ελεγχόμενο λεξιλόγιο του science curriculum που υπάρχει αναλυτικά στο Παράρτημα Α. Για το στοιχείο της βαθμίδας εκπαίδευσης (educational level) υπάρχει μια αναδυόμενη λίστα η οποία όμως επιτρέπει επιλογή πολλαπλών τιμών.



**Σχήμα 18:** Εισαγωγή μεταδεδομένων για την κατηγορία "pedagogical"

Τέλος, για την κατηγορία "user specific" και το στοιχείο lesson plan, όπως και για την εικόνα του εργαστηρίου (ένα προαιρετικό πεδίο που δεν εντάσσεται στο μοντέλο μεταδεδομένων) υπάρχει μια φόρμα ανάρτησης αρχείου.

▼ User Specific

Lesson Plan

No file chosen

Files must be less than 8 MB.  
Allowed file types: txt doc docx pdf ppt pptx.

Supporting students with disabilities

lab\_image

No file chosen

Files must be less than 8 MB.  
Allowed file types: png gif jpg jpeg.

**Σχήμα 19:** Εισαγωγή μεταδεδομένων για την κατηγορία "user specific" και ανάρτηση εικόνας

Τα πεδία φόρμας που αναφέρθηκαν παραπάνω είναι ενδεικτικά για όλους τους διαφορετικούς τύπους που υπάρχουν σε όλο το εύρος των κατηγοριών και των στοιχείων μεταδεδομένων. Επιλέγοντας, λοιπόν, εφόσον το επιθυμεί, ένας πάροχος να αναρτήσει και κάποια χαρακτηριστική φωτογραφία του εργαστηρίου ολοκληρώνει τη διαδικασία εισαγωγής.

Με το πέρας της εισαγωγής, το εργαστήριο μπορεί να προβληθεί από οποιονδήποτε χρήστη. Το τελευταίο, χρονολογικά, εργαστήριο που καταχωρείται βρίσκεται και πρώτο στη λίστα αναζήτησης όπου φαίνεται και η συνοπτική του περιγραφή μαζί με την εικόνα του, όπως παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα.

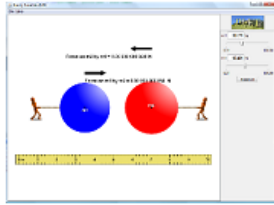
The screenshot shows the ASK 4 Labs website interface. At the top left is the logo 'ASK 4 Labs' with a flask icon and the tagline 'A repository of virtual & remote labs'. Below the logo is a navigation bar with 'Home', 'About', 'Search Labs', and 'Contact'. On the left side, there are two vertical menus: 'Lab Type' with 'Virtual Lab (33)' and 'Remote Lab (11)', and 'Subject' with a list of subjects including Physics (14), Chemistry (8), Earth science (7), Biology (5), Astronomy (4), Motion (4), Math (3), Density (2), Beta radiation (1), Circuits – generally (1), Electromagnetism (1), Floating and sinking (1), and Gamma radiation (1). The main content area is titled 'Online Labs List' and features a highlighted entry for 'Gravity Force Lab'. This entry includes a thumbnail image of two spheres (one blue, one red) with arrows indicating force, and a text box with the following details: 'Lab Type: Virtual Lab', 'Subject: Physics, Motion', 'Educational Level: Primary Education, Lower Secondary Education', 'Language(s): English, Greek, Spanish, French, German', 'Web Link: Link', 'Difficulty: Medium', and 'Keywords: Force, Gravity'. Below the text box, it states 'Cost: no' and 'Booking Required: no'. A 'Description' follows: 'Visualize the gravitational force that two objects exert on each other. Change properties of the objects in order to see how it changes the gravity force.' To the right of the main content is a 'User login' section with fields for 'Username \*' and 'Password \*', and links for 'Create new account' and 'Request new password'. A 'Log in' button is at the bottom of the login section.

Σχήμα 20: Συνοπτική περιγραφή εργαστηρίου στη λίστα αναζήτησης

Πατώντας πάνω στον τίτλο ή στην εικόνα του εργαστηρίου, ο χρήστης μπορεί να δει την πλήρη περιγραφή του. Όλα τα μεταδεδομένα είναι και οπτικά κατηγοριοποιημένα βάσει των κατηγοριών του μοντέλου περιγραφής. Επιπρόσθετα, στην πλήρη περιγραφή του εργαστηρίου υπάρχει και ένα πεδίο για τη μεταφόρτωση του xml αρχείου που αντιστοιχεί.

Αν ο χρήστης είναι εγγεγραμμένος, μπορεί να αξιολογήσει το εργαστήριο δίνοντας βαθμολογία βάσει κλίμακας πέντε αστεριών, αλλά και να γράψει ένα δημόσιο σχόλιο.

## Gravity Force Lab



**Lab Type:** Virtual Lab

**Subject:** Physics - Motion

**Description:**

Visualize the gravitational force that two objects exert on each other. Change properties of the objects in order to see how it changes the gravity force.

**Web Link:** [Link](#)

**Keywords:** Force - Gravity

**Lab Owner:**

- University of Colorado: <http://phet.colorado.edu>

▶ [Pedagogical Metadata](#)

▶ [Content Metadata](#)

▶ [Organizational Metadata](#)

▶ [Technical Metadata](#)

**XmlFile:**  Gravity Force Lab532030291553.xml

**Rating:** ☆☆☆☆☆  
No votes yet

[Log in](#) or [register](#) to post comments

**Σχήμα 21:** Αναλυτικές πληροφορίες εργαστηρίου

### 3.7 Συμπεράσματα

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάστηκε η σχεδίαση, ανάπτυξη και συμπλήρωση της ψηφιακής βιβλιοθήκης εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων που αξιοποιεί το μοντέλο περιγραφής το οποίο παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 2. Τα δύο βασικά κομμάτια της υλοποίησης ήταν κατά πρώτον η βάση για να μπορέσει να «μεταφραστεί» το μοντέλο περιγραφής σε δομικές μονάδες του συστήματος που αξιοποιήθηκε και κατά δεύτερον ο μηχανισμός για την καταχώριση εργαστηρίων ο



οποίος προβάλλει και κάποιες ιδέες διαλειτουργικότητας. Τριτεύον κομμάτι της υλοποίησης αποτέλεσε ο μηχανισμός απλής αναζήτησης εργαστηρίων μέσω κατάλληλων φίλτρων. Ο βασικός σκοπός της ψηφιακής αυτής βιβλιοθήκης δεν ήταν να αναδειχθεί σε ένα πρότυπο σύστημα αλλά να αποτελέσει το μέσο για την καταχώριση ενός απαραίτητου δείγματος εργαστηρίων με πλήρεις περιγραφές. Το δείγμα αυτό των 44 εργαστηρίων θα αποτελέσει τη βάση για την αξιολόγηση ενός μηχανισμού σύστασης που θα αναλυθεί και θα κατασκευαστεί στο κεφάλαιο που ακολουθεί.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

## **Κεφάλαιο 4 Υλοποίηση και Αξιολόγηση Μηχανισμού Σύστασης Εικονικών και Απομακρυσμένων Εργαστηρίων**

### **4.1 Εισαγωγή**

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο, γίνεται αρχικά μια επισκόπηση των μηχανισμών συστάσεων βιβλιογραφικά, ώστε να οριστεί ένα πεδίο αναφοράς για την κατασκευή του μηχανισμού σύστασης εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων. Έπειτα ορίζονται τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένας τέτοιος μηχανισμός σύστασης, ώστε να εξυπηρετεί συγκεκριμένα την αναζήτηση και ανάκτηση στο εκπαιδευτικό πλαίσιο, και ακολουθεί η περιγραφή της κατασκευής του που ενσωματώνει τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά. Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας μια μετρική ακριβείας κατάταξης, επιτελείται αξιολόγηση με συγκεκριμένο δείγμα αξιολογητών για την επιβεβαίωση των επιλογών που έγιναν στην κατασκευή του συγκεκριμένου μηχανισμού σύστασης. Τέλος, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της αξιολόγησης.

### **4.2 Επισκόπηση μηχανισμών συστάσεων**

Οι μηχανισμοί συστάσεων εμφανίστηκαν αρχικά στη βιβλιογραφία στα μέσα της δεκαετίας του '90 και έχουν ως βασική επιδίωξη την ανίχνευση αντικειμένων τα οποία δυνητικά παρουσιάζουν ενδιαφέρον για το χρήστη. Οι μηχανισμοί αυτοί, για να εκπληρώσουν το σκοπό τους, βασίζονται σε ποικίλους αλγόριθμους, οι οποίοι συνεχώς αλλάζουν και βελτιώνονται (de Wit, 2008).

Οι αλγόριθμοι των μηχανισμών σύστασης, για να πετύχουν το σκοπό τους, χρησιμοποιούν μία σειρά από δεδομένα τα οποία σχετίζονται αφενός με τον ίδιο το χρήστη (π.χ. παλαιότερο ιστορικό χρήσης, προτιμήσεις κα.) και αφετέρου με τα στοιχεία, τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά των αντικειμένων. Με βάση, λοιπόν, τα παραπάνω, οι υπάρχοντες αλγόριθμοι των μηχανισμών συστάσεων μπορούν να

κατηγοριοποιηθούν σε τρεις βασικές κατηγορίες (Adomavicius & Kwon, 2007; Adomavicius & Tuzhilin, 2005; van Setten, 2005):

- Συνεργατικοί αλγόριθμοι συστάσεων (collaborative filtering algorithms)
- Αλγόριθμοι βασισμένοι στο περιεχόμενο (content-based filtering algorithms)
- Υβριδικοί αλγόριθμοι (Hybrid forms) που συνδυάζουν χαρακτηριστικά των δύο προηγούμενων κατηγοριών

### ***Συνεργατικοί αλγόριθμοι συστάσεων (collaborative filtering algorithms)***

Η πρώτη κατηγορία, οι συνεργατικοί αλγόριθμοι, είναι η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη κατηγορία αλγορίθμων στους μηχανισμούς σύστασης (McLaughlin & Herlocker, 2004; Ziegler et al., 2005). Οι συστάσεις γίνονται βάσει μιας τεχνικής που λαμβάνει υπόψη τις βαθμολογίες (ratings) που δίνονται από τους χρήστες σε διάφορα αντικείμενα. Οι συνεργατικοί αλγόριθμοι, χωρίζονται περεταίρω σε δύο κατηγορίες: α) βασισμένοι στον χρήστη αλγόριθμοι (user-based algorithms) και β) βασισμένοι στα αντικείμενα αλγόριθμοι (item-based algorithms).

Η πρώτη κατηγορία, βασίζεται στη γενική ιδέα του ότι οι χρήστες που παρουσιάζουν έναν μεγάλο βαθμό ομοιότητας στον τρόπο που έχουν βαθμολογήσει κάποιο συγκεκριμένο αριθμό αντικειμένων, είναι πολύ πιθανό να δώσουν παρόμοιες βαθμολογίες και σε άλλα αντικείμενα και έτσι έχουν παρόμοια συμπεριφορά σε σχέση με τις βαθμολογίες αντικειμένων.

Με βάση τα παραπάνω, η διαδικασία που ακολουθείται για την παραγωγή συστάσεων από αυτή την υποκατηγορία περιλαμβάνει τρία βήματα:

- 1) Ο εντοπισμός ομάδων χρηστών που έχουν δώσει ίδιες, ή σε μεγάλο βαθμό όμοιες βαθμολογίες, σε συγκεκριμένα αντικείμενα.
- 2) Για κάθε χρήστη που ανήκει τώρα σε αυτή την ομάδα, μπορούν να υπολογιστούν οι βαθμολογίες που δυνητικά θα δώσει σε κάποια αντικείμενα που δεν έχει βαθμολογήσει ακόμη, με βάση τη συμπεριφορά των χρηστών που έχουν βαθμολογήσει τα αντικείμενα αυτά.

- 3) Αφού υπολογιστεί η βαθμολογία για όλα τα αντικείμενα κατά τον τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω, στη συνέχεια γίνονται οι προτάσεις στους χρήστες, με βάση τα αντικείμενα που είναι πιθανότερο να λάβουν την υψηλότερη βαθμολογία από εκείνους.

Η δεύτερη κατηγορία, ουσιαστικά βασίζεται στην ίδια υπόθεση με την πρώτη, αλλά ανεστραμμένη. Υιοθετείται η άποψη, δηλαδή, ότι οι χρήστες που θέτουν υψηλή βαθμολογία σε ένα αντικείμενο, θα θέσουν εξίσου υψηλή βαθμολογία σε ένα παρόμοιο αντικείμενο. Για να γίνει μία σύσταση σε έναν χρήστη, ακολουθούνται και σε αυτή την περίπτωση τα τρία βήματα που περιγράφηκαν προηγουμένως. Ωστόσο, σε αυτή την περίπτωση, οι ομοιότητες υπολογίζονται μεταξύ των αντικειμένων - και συγκεκριμένα ανά δύο αντικείμενα - αντί βάσει των προτιμήσεων των χρηστών.

Το βασικό μειονέκτημα που απαντάται σε αυτήν την κατηγορία είναι η πρώτη περίοδος εισαγωγής ενός νέου χρήστη ή ενός νέου αντικειμένου. Σε αυτή την περίοδο ο χρήστης και το αντικείμενο δεν έχουν αλληλεπιδράσει αρκετά με το σύστημα, ώστε να μπορούν να συγκριθούν με άλλα αντικείμενα ή χρήστες, και να γίνουν οι σωστές συστάσεις. Το πρόβλημα αυτό είναι γνωστό ως «cold start problem».

#### ***Αλγόριθμοι βασισμένοι στο περιεχόμενο (content-based filtering algorithms)***

Εκτός από τους συνεργατικούς αλγόριθμους υπάρχουν, όπως προαναφέρθηκε και οι βασισμένοι στο περιεχόμενο αλγόριθμοι. Πρόκειται για μία ξεχωριστή κατηγορία αλγορίθμων, οι οποίοι βασίζονται σε μεταδεδομένα. Τα μεταδεδομένα δεν χαρακτηρίζουν αποκλειστικά και μόνο τα αντικείμενα, αλλά μπορούν να προσδιορίζουν και τους ίδιους τους χρήστες. Τα μεταδεδομένα αφορούν μία σειρά από χαρακτηριστικά τα οποία βρίσκονται σε άμεση συσχέτιση με το είδος και την κατηγορία των αντικειμένων. Για παράδειγμα, διαφορετικά μεταδεδομένα χρησιμοποιούνται για έπιπλα και διαφορετικά για ταινίες. Σε κάθε περίπτωση, υπάρχουν δύο τρόποι απόκτησης των μεταδεδομένων. Είτε συμπληρώνονται από το

διαχειριστή του συστήματος ή κάποιο χρήστη, είτε παράγονται δυναμικά, μέσω της αλληλεπίδρασης με το μηχανισμό συστάσεων.

Και σε αυτή την κατηγορία διακρίνουμε δύο βασικά διαμορφωμένους τρόπους / προσεγγίσεις των συστάσεων. Αφενός, σύμφωνα με τις βασισμένες στην εύρεση (heuristics-based) προσεγγίσεις ένα αντικείμενο περιγράφεται ως διάνυσμα, από σειρά μεταδεδομένων τα οποία έχουν διαφορετικό ειδικό βάρος. Αυτά τα ειδικά βάρη συνήθως βασίζονται στην αρχή ανάκτησης πληροφοριών TF-IDF (Salton, 1989; Salton & Buckley, 1987).

Αντίθετα, κατά την βασισμένη σε μοντέλο (model-based) προσέγγιση, δεν χρησιμοποιούνται διανύσματα για να καθορίσουν το πόσο ενδιαφέρον είναι ένα αντικείμενο προς ένα χρήστη, αλλά ο καθορισμός γίνεται με βάση τα υπάρχοντα δεδομένα, χρησιμοποιώντας μια σειρά από τεχνικές όπως Bayesian ταξινομητές (Bayesian classifiers), μηχανική μάθηση (machine learning), δέντρα αποφάσεων (decision trees) και νευρωνικά δίκτυα (neural networks) (Adomavicius & Tuzhilin, 2005).

Δύο από τα βασικά μειονεκτήματα που μπορούμε να διακρίνουμε σε αυτή την κατηγορία είναι:

- Οι συστάσεις βασίζονται σε πολύ μεγάλο βαθμό στην ορθότητα των εισαχθέντων μεταδεδομένων.
- Οι συστάσεις συνήθως προτείνουν αντικείμενα από ένα μικρό εύρος, με μεγάλο βαθμό ομοιότητας, με αποτέλεσμα τα αποτελέσματα να είναι σε μεγάλο βαθμό ομοιόμορφα μεταξύ τους.

### ***Υβριδικοί Αλγόριθμοι (Hybrid forms)***

Όπως προαναφέρθηκε, η τρίτη κατηγορία περιλαμβάνει τους δύο αυτούς τύπους σε ποικίλους συνδυασμούς, ώστε να επιτευχθεί το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα, να υπάρχουν διασταυρώσεις και βελτιστοποιήσεις, χρησιμοποιώντας τόσο συνεργατικούς όσο και βασισμένους στο περιεχόμενο αλγορίθμους.

Στη βιβλιογραφία απαντώνται τέσσερις τρόποι συνδυασμού των δύο κατηγοριών (Adomavicius & Tuzhilin, 2005):

- Συνδυασμός των συστάσεων και από τους δύο τύπους αλγορίθμων
- Υιοθέτηση τεχνικών συνεργατικών αλγορίθμων σε έναν βασισμένο στο περιεχόμενο αλγόριθμο.
- Υιοθέτηση τεχνικών βασισμένων στο περιεχόμενο αλγορίθμων σε έναν συνεργατικό αλγόριθμο.
- Πλήρης υιοθέτηση και των δύο ειδών αλγορίθμων σε ένα κοινό σύστημα.

### **4.3 Υλοποίηση Μηχανισμού Σύστασης Εικονικών και Απομακρυσμένων Εργαστηρίων**

Για την ανάπτυξη του μηχανισμού σύστασης που θα εξυπηρετεί την κατάλληλη αναζήτηση και ανάκτηση εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων τα οποία είναι χαρακτηρισμένα βάσει του μοντέλου μεταδεδομένων που ορίστηκε στο κεφάλαιο 2, θα πρέπει να κατασκευαστεί ένας αλγόριθμος, η εφαρμογή του οποίου θα κατατάσσει σε φθίνουσα σειρά σχετικότητας τα εργαστήρια αυτά βάσει συγκεκριμένων κριτηρίων αναζήτησης που αφορούν ένα υποτιθέμενο εκπαιδευτικό σενάριο. Ο μηχανισμός σύστασης και συγκεκριμένα ο αλγόριθμος στον οποίο θα βασίζεται, θα υλοποιηθεί τεχνικά στο πλαίσιο της ψηφιακής βιβλιοθήκης που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 3 ώστε να είναι εφικτή και αξιολόγησή του. Αυτό όμως δεν επιβάλει εξαρτήσεις στην ανάπτυξή του αφού οι γενικές αρχές και τα χαρακτηριστικά που τον διέπουν, όπως και η λειτουργία του, ισχύουν σε αφαιρετικό επίπεδο και εξαρτώνται μόνο από το προτεινόμενο μοντέλο μεταδεδομένων.

#### **4.3.1 Χαρακτηριστικά του Μηχανισμού Σύστασης**

Για να μπορέσουν να οριστούν ορθά τα χαρακτηριστικά του μηχανισμού σύστασης εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων, θα πρέπει πρώτα να οριστεί το πλαίσιο αναφοράς. Ο μηχανισμός σύστασης θα αφορά την εκπαιδευτική κοινότητα

και συγκεκριμένα το χώρο της τεχνολογικά υποστηριζόμενης εκπαίδευσης και της διδακτικής των φυσικών επιστημών. Ο γενικός στόχος του αλγορίθμου στον οποίο θα βασίζεται ο μηχανισμός σύστασης είναι ο εξής:

Για ένα υποτιθέμενο εκπαιδευτικό σενάριο, να αναζητά βάσει συγκεκριμένων λέξεων κλειδιών κατάλληλα εργαστήρια που θα μπορούν να αξιοποιηθούν στο πλαίσιο του σεναρίου αυτού.

Για να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει:

1. **Να λαμβάνει υπόψη του τις βασικές παραμέτρους ενός εκπαιδευτικού σεναρίου, οι οποίες θα αποτελούν και τα κριτήρια αναζήτησης σχετικών εργαστηρίων.** Αυτές οι παράμετροι είναι οι εξής:

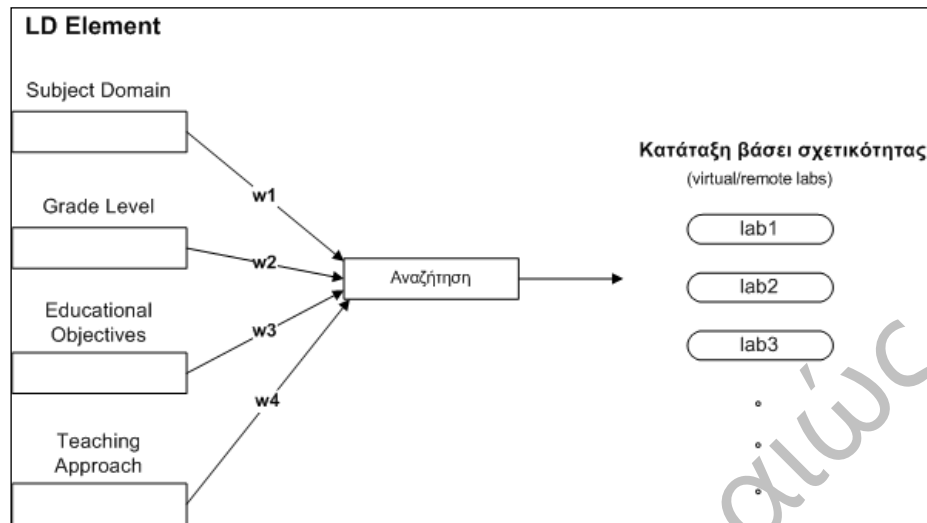
- α) Το επιστημονικό πεδίο (Subject Domain)
- β) Η βαθμίδα εκπαίδευσης (Grade Level)
- γ) Οι εκπαιδευτικοί στόχοι (Educational Objectives)
- δ) Η εκπαιδευτική προσέγγιση (Teaching Approach)

Έτσι, ο υποτιθέμενος χρήστης-μέλος της εκπαιδευτικής κοινότητας θα μπορεί να εισάγει λέξεις-κλειδιά σε κάθε ένα από τα παραπάνω κριτήρια αναζήτησης, οι οποίες θα εκφράζουν το περιεχόμενο του εκπαιδευτικού σεναρίου για το οποίο ενδιαφέρεται να βρει κάποιο εικονικό ή απομακρυσμένο εργαστήριο.

2. **Να αναζητά τις δοθείσες λέξεις-κλειδιά σε συγκεκριμένα κατάλληλα μεταδεδομένα ενός εργαστηρίου.** Το κάθε εργαστήριο μπορεί να περιγραφεί από 25 μεταδεδομένα. Κάποια μεταδεδομένα περιέχουν πληροφορία σημαντική για την εξαγωγή συμπερασμάτων και την αξιοποίηση ενός εργαστηρίου, ασήμαντη όμως για την αναζήτηση και ανάκτηση βάσει των κριτηρίων που προαναφέρθηκαν. Τα κατάλληλα μεταδεδομένα είναι αυτά στα οποία είναι πιο πιθανό να βρεθούν οι δοθείσες λέξεις-κλειδιά των κριτηρίων αναζήτησης.

3. **Να λαμβάνει υπόψη του συγκεκριμένες βαρύτητες που διαφοροποιούν σε σημαντικότητα τα κριτήρια αναζήτησης ώστε να προσαρμόζει τα αποτελέσματα κατάταξης στις εκπαιδευτικές απαιτήσεις του χρήστη που αναζητά εργαστήρια.** Η σημαντικότητα που έχει κάθε ένα από τα τέσσερα προαναφερθέντα κριτήρια αναζήτησης διαφέρει από χρήστη σε χρήστη όπως επίσης και από εκπαιδευτικό σύστημα σε εκπαιδευτικό σύστημα. Στην Ελλάδα π.χ., που η μαθησιακή διαδικασία είναι περισσότερο βασισμένη στο αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών, θα είχε μεγαλύτερη βαρύτητα το κριτήριο Subject Domain. Έτσι, ο μηχανισμός σύστασης θα πρέπει να αναπροσαρμόζει τη σειρά κατάταξης των αποτελεσμάτων, ανάλογα με βαρύτητα που επιλέγει να δώσει ο χρήστης σε κάθε κριτήριο αναζήτησης.
4. **Τα πιο σχετικά, βάσει των κριτηρίων αναζήτησης, εργαστήρια να κατατάσσονται ψηλότερα στη λίστα των αποτελεσμάτων αναζήτησης.** Το τελικό αποτέλεσμα του μηχανισμού σύστασης και αντίστοιχα του αλγορίθμου, είναι μια κατάταξη των υπαρχόντων σχετικών εργαστηρίων που θα ακολουθεί φθίνουσα σειρά ανάλογα με τη σχετικότητα του κάθε εργαστηρίου ως προς τα κριτήρια αναζήτησης. Όπως προαναφέρθηκε, αυτή η κατάταξη θα αλλάζει ανάλογα με τις βαρύτητες σημαντικότητας των κριτηρίων αναζήτησης.





Σχήμα 22: Γενική ιδέα λειτουργίας του μηχανισμού σύστασης

Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται η γενική ιδέα του μηχανισμού σύστασης και αντίστοιχα του αλγορίθμου στον οποίο θα βασίζεται. Η κάθε παράμετρος του εκπαιδευτικού σεναρίου (ή αλλιώς LD Element), που αποτελεί κριτήριο αναζήτησης, παρουσιάζεται ως ένα πεδίο αναζήτησης όπου μπορούν να εισαχθούν κατάλληλες λέξεις-κλειδιά που εκφράζουν το εκπαιδευτικό σενάριο. Κάθε κριτήριο κατέχει μια βαρύτητα σημαντικότητας  $w$  η οποία είναι μεταβλητή. Όλες οι βαρύτητες σημαντικότητας αθροίζονται στη μονάδα. Η κατάταξη των εργαστηρίων γίνεται βάσει της σχετικότητάς τους με τις λέξεις κλειδιά των κριτηρίων αναζήτησης σε συνδυασμό με τις βαρύτητες σημαντικότητας.

#### 4.3.2 Κατασκευή Μηχανισμού Σύστασης Εικονικών και Απομακρυσμένων Εργαστηρίων

Ο μηχανισμός σύστασης, βάσει της επισκόπησης που έγινε στην παράγραφο 4.2, θα πρέπει να βασίζεται στην κατασκευή ενός κατάλληλου αλγορίθμου ο οποίος θα διέπεται από τις αρχές της κατηγορίας των βασισμένων στο περιεχόμενο αλγορίθμων (content based filtering) και θα υλοποιεί όλα τα χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα (4.3.1).

Οι βασισμένοι στο περιεχόμενο αλγόριθμοι αναλύουν την περιγραφή των αντικειμένων με σκοπό την ανίχνευση αντικειμένων που να είναι επιθυμητά στο χρήστη. Ένα είδος τεχνικών σύστασης που ανήκει στη συγκεκριμένη κατηγορία είναι οι βασιζόμενες στα χαρακτηριστικά τεχνικές (attribute based techniques). Αυτές οι τεχνικές ακολουθούν τις εξής αρχές (Manouselis et al., 2010 ; Schafer, Konstan and Riedl, 1999):

- a) Τα προς σύσταση αντικείμενα έχουν χαρακτηριστικά από τα οποία περιγράφονται.
- b) Προτείνονται αντικείμενα, τα χαρακτηριστικά των οποίων «ταιριάζουν» περισσότερο στο προφίλ του χρήστη.
- c) Τα χαρακτηριστικά αυτά μπορούν να κατέχουν διαφορετικές βαρύτητες ανάλογα με τη σημαντικότητά τους για τον χρήστη.
- d) Οι συστάσεις γίνονται για συγκεκριμένες αναζητήσεις τις οποίες καθορίζει ο χρήστης και όχι αυτομάτως.

Ο αλγόριθμος, λοιπόν που θα αναπτυχθεί θα εφαρμόζει τις παραπάνω αρχές αφού:

- a) Ως «χαρακτηριστικά» των εργαστηρίων μπορούν να θεωρηθούν τα μεταδεδομένα τους.
- b) Ως «προφίλ» στο οποίο αντιστοιχούν χαρακτηριστικά συγκεκριμένων εργαστηρίων μπορούν να θεωρηθούν οι παράμετροι ενός εκπαιδευτικού σεναρίου.
- c) Μπορούν να αποδίδονται συγκεκριμένες βαρύτητες σημαντικότητας ανάλογα με το πλαίσιο αναζήτησης όπως θα φανεί παρακάτω.
- d) Οι συστάσεις θα γίνονται βάσει συγκεκριμένων αναζητήσεων με λέξεις κλειδιά στα κριτήρια αναζήτησης που αντιστοιχούν στις παραμέτρους ενός εκπαιδευτικού σεναρίου.

Για την κατασκευή του αλγορίθμου αυτού θα πρέπει κατ' αρχήν να γίνει ένας συσχετισμός των παραμέτρων ενός εκπαιδευτικού σεναρίου με συγκεκριμένα μεταδεδομένα του μοντέλου περιγραφής των εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων ώστε να ικανοποιούνται τα χαρακτηριστικά 1 και 2 που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 4.3.1.

***Για την παράμετρο του επιστημονικού πεδίου (Subject Domain):***

Λέξεις - κλειδιά που εισάγονται στην παράμετρο του επιστημονικού πεδίου μπορούν να βρεθούν στα εξής μεταδεδομένα του μοντέλου περιγραφής των εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων: Subject, Title, Description, Keywords.

Όπως παρατηρείται, συγκεκριμένα μεταδεδομένα παρουσιάζουν μεγαλύτερο βαθμό σχετικότητας με την παράμετρο όπως π.χ. το Subject που είναι ταυτόσημο. Αυτό σημαίνει πως από τα τέσσερα παραπάνω μεταδεδομένα κάποια είναι πιο σημαντικά για την αναζήτηση. Έτσι, μπορεί να επιλεγθεί ένα ποσοστό σχετικότητας κάθε μεταδεδομένου κατά την αντιστοίχισή του με την παράμετρο του εκπαιδευτικού σεναρίου. Τα ποσοστά, όσον αφορά το Subject Domain, μπορούν να αποδοθούν ως εξής: Subject -> 60% , Title -> 10% , Description -> 10% , Keywords -> 20%.

***Για την παράμετρο της Βαθμίδας Εκπαίδευσης (Grade Level):***

Λέξεις - κλειδιά που εισάγονται στην παράμετρο της βαθμίδας εκπαίδευσης μπορούν να βρεθούν στα εξής μεταδεδομένα του μοντέλου περιγραφής των εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων: Educational Level, Description.

Ακολουθώντας την ίδια λογική με προηγουμένως τα ποσοστά σχετικότητας που μπορούν να αποδοθούν σ' αυτά τα δύο μεταδεδομένα είναι τα εξής: Educational Level -> 80% (καθώς έχει απόλυτη ταύτιση με την παράμετρο) και Description -> 20%.

***Για την παράμετρο των Εκπαιδευτικών Στόχων (Educational Objectives):***

Λέξεις - κλειδιά που εισάγονται στην παράμετρο των εκπαιδευτικών στόχων μπορούν να βρεθούν στα εξής μεταδεδομένα του μοντέλου περιγραφής των εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων: Learning Objectives, Description, Keywords.

Αντίστοιχα, τα ποσοστά σχετικότητας που μπορούν να αποδοθούν έχουν ως εξής: Learning Objectives -> 70% , Description -> 10% , Keywords -> 20%.

***Για την παράμετρο της Εκπαιδευτικής Προσέγγισης (Teaching Approach):***

Λέξεις - κλειδιά που εισάγονται στην παράμετρο της εκπαιδευτικής προσέγγισης μπορούν να βρεθούν στα εξής μεταδεδομένα του μοντέλου περιγραφής των εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων: Description, Learning Objectives.

Αντίστοιχα, τα ποσοστά σχετικότητας που μπορούν να αποδοθούν έχουν ως εξής: Description -> 70% , Learning Objectives -> 30%.

Αφού έγινε ο συσχετισμός των παραμέτρων ενός εκπαιδευτικού σεναρίου με τα μεταδεδομένα του μοντέλου περιγραφής των εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων, όπως επίσης και η απόδοση των ποσοστών σχετικότητας για κάθε στοιχείο μεταδεδομένων, θα πρέπει να δίνεται η δυνατότητα να αποκτά βαρύτητα σημαντικότητας η κάθε παράμετρος, ώστε να υπάρχει συμφωνία και με το χαρακτηριστικό 3 που αναφέρθηκε στην παράγραφο 4.3.1.

Μπορούν, λοιπόν, να οριστούν μεταβλητές που να αντιστοιχούν σε κάθε μια παράμετρο, οι οποίες θα είναι τύπου δεκαδικού αριθμού και θα αθροίζουν στη μονάδα. Έτσι, ανάλογα με την κάθε περίπτωση, μπορεί να αποδοθεί μεγαλύτερη βαρύτητα (π.χ. 0,5) σε συγκεκριμένη παράμετρο, που αυτό θα συνεπάγεται μεγαλύτερη σημαντικότητα αυτής της παραμέτρου στο συγκεκριμένο πλαίσιο αναζήτησης.

Στον πίνακα που ακολουθεί, συνοψίζεται η ενσωμάτωση των τριών παραπάνω χαρακτηριστικών στον αλγόριθμο του μηχανισμού σύστασης. Στις στήλες Β και Δ

φαίνεται η αντιστοίχιση των παραμέτρων ενός εκπαιδευτικού σεναρίου με τα συγκεκριμένα μεταδεδομένα του μοντέλου περιγραφής εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων. Η στήλη Α περιέχει τις μεταβλητές που εκφράζουν τη σημαντικότητα που αποδίδεται σε κάθε παράμετρο του εκπαιδευτικού σεναρίου και τέλος η στήλη Γ περιέχει τα ποσοστά σχετικότητας των παραμέτρων που αποδίδονται σε κάθε στοιχείο μεταδεδομένων. Σημειώνεται πως τα ποσοστά της στήλης Γ είναι σταθερά.

**Πίνακας 12:** Δομικά στοιχεία του αλγορίθμου του μηχανισμού σύστασης

(Α)	(Β)	(Γ)	(Δ)
<b>Βαρύτητες Σημαντικότητας</b>	<b>LD Elements</b>	<b>Ποσοστά Σχετικότητας</b>	<b>Metadata Elements</b>
W1	Subject Domain	60%	Subject
		10%	Title
		10%	Description
		20%	Keywords
W2	Grade Level	80%	Educational Level
		20%	Description
W3	Educational Objectives	70%	Learning Objectives
		10%	Description
		20%	Keywords
W4	Teaching Approach	70%	Description
		30%	Learning Objectives

Ο αλγόριθμος, που θα υλοποιεί όλο το παραπάνω σκεπτικό, θα πρέπει να κατατάσσει ψηλότερα στη λίστα των αποτελεσμάτων αναζήτησης τα πιο σχετικά, βάσει των κριτηρίων, εργαστήρια. Για να επιτευχθεί αυτό, το κάθε εργαστήριο μετά από μια

συγκεκριμένη αναζήτηση θα αποκτά μια βαθμολογία κατάταξης (σκορ) που θα υπολογίζεται με βάση τον παραπάνω πίνακα.

Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνεται ο ψευδοκώδικας του αλγορίθμου για την απόδοση σκορ στην περίπτωση των λέξεων-κλειδιών αναζήτησης που έχουν εισαχθεί συγκεκριμένα στο πεδίο Subject Domain.

```
.....  
foreach keyword in Subject_Domain field  
{  
  if keyword found in subject metadata element  
    score+= w1 * freq(keyword, subject) * 0.6  
  if keyword found in title metadata element  
    score+= w1 * freq(keyword, title)*0.1  
  if keyword found in description metadata element  
    score+= w1 * freq(keyword, description) * 0.1  
  if keyword found in keywords metadata element  
    score+= w1 * freq(keyword, keywords) * 0.2  
}
```

**Σχήμα 23:** Ψευδοκώδικας του αλγορίθμου για τη λειτουργία σκορ στο πεδίο αναζήτησης Subject Domain

Κάθε λέξη-κλειδί που περιέχεται μέσα στο πεδίο Subject Domain αναζητείται στα τέσσερα μεταδεδομένα του μοντέλου που έχει γίνει αντιστοίχιση. Αν βρεθεί π.χ. στο Subject, το σκορ υπολογίζεται με βάση την τιμή της μεταβλητής  $W1$ , της συχνότητας εμφάνισης της συγκεκριμένης λέξης και του ποσοστού σχετικότητας του συγκεκριμένου στοιχείου μεταδεδομένων. Το ίδιο συμβαίνει και με τα υπόλοιπα τρία μεταδεδομένα, όπως επίσης και με τα υπόλοιπα κριτήρια αναζήτησης.

Το εργαστήριο με το μεγαλύτερο σκορ θα εμφανίζεται πρώτο στη λίστα των αποτελεσμάτων αναζήτησης ως το πιο σχετικό. Θα ακολουθούν τα υπόλοιπα σε φθίνουσα σειρά κατάταξης.

Γίνεται λοιπόν αντιληπτό πως αν αλλάξουν οι βαρύτητες σημαντικότητας των κριτηρίων αναζήτησης θα αλλάξει αντίστοιχα και η κατάταξη των αποτελεσμάτων αναζήτησης.

#### **4.4 Αξιολόγηση Μηχανισμού Σύστασης Εικονικών και Απομακρυσμένων Εργαστηρίων**

Ένα άλλο πολύ σημαντικό στάδιο, πέρα από το στάδιο δημιουργίας του μηχανισμού σύστασης, είναι βεβαίως η αξιολόγησή του. Η αξιολόγηση ενός μηχανισμού σύστασης μας παρέχει πολύ ενδιαφέροντα στοιχεία για την απόδοση του μηχανισμού και το κατά πόσο οι συστάσεις που παρέχονται είναι οι ορθές και οι αναμενόμενες. Κατά την αξιολόγηση μπορούν να εντοπιστούν τυχόν λάθη στον αλγόριθμο, να διευκρινιστούν οι αιτίες τυχόν προβλημάτων αλλά και να σχηματιστεί μία πιο πλήρης και ακριβής εικόνα για τον τρόπο που ο αλγόριθμος λειτουργεί υπό πραγματικές συνθήκες (de Wit, 2008).

Τα είδη αξιολόγησης μηχανισμών συστάσεων που υπάρχουν στη βιβλιογραφία είναι δύο:

- On-line αξιολόγηση
- Off-line αξιολόγηση

Ο πρώτος τρόπος, αυτός της on-line αξιολόγησης, γίνεται είτε υπό πραγματικές είτε υπό ελεγχόμενες συνθήκες. Και στις δύο περιπτώσεις, οι χρήστες λαμβάνουν πραγματικές συστάσεις από το μηχανισμό και στη συνέχεια τους ζητείται να διατυπώσουν το πόσο ευχαριστημένοι είναι από τις συστάσεις που έλαβαν. Όταν οι συνθήκες είναι ελεγχόμενες, τότε είναι δυνατό να δοθούν «έτοιμα» προφίλ χρηστών στους συμμετέχοντες, ενώ αν η αξιολόγηση γίνεται υπό πραγματικές συνθήκες, τότε πρόκειται για μελέτες πεδίου, όπου δίνεται πλήρης ελευθερία στους χρήστες.

Η διεξαγωγή τέτοιων αξιολογήσεων είναι βέβαια χρονοβόρα και συχνά απαιτεί πολύ καλό συντονισμό και οργάνωση. Ωστόσο, η on-line αξιολόγηση θεωρείται ως ο

μόνος τρόπος απόκτησης δεδομένων που αντικατοπτρίζουν την πραγματική γνώμη των χρηστών για το μηχανισμό.

Στην off-line αξιολόγηση από την άλλη πλευρά, δεν συμμετέχουν πραγματικοί χρήστες αλλά χρησιμοποιούνται έτοιμα δεδομένα. Τα δεδομένα διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στα δεδομένα εξάσκησης και στα δεδομένα αξιολόγησης. Η off-line αξιολόγηση λαμβάνει χώρα ως εξής: Τα δεδομένα εξάσκησης χρησιμοποιούνται ως βάση για να γίνουν προβλέψεις, από το μηχανισμό συστάσεων, σχετικά με τα δεδομένα αξιολόγησης. Στη συνέχεια, οι συστάσεις συγκρίνονται με τις αναμενόμενες συστάσεις για τα δεδομένα αξιολόγησης, και κατ' αυτόν τον τρόπο, εξάγονται τα κατάλληλα συμπεράσματα.

Διατυπώνοντας κριτική για αυτόν τον τρόπο αξιολόγησης, διακρίνονται κάποια σημαντικά πλεονεκτήματα. Η μέθοδος αυτή είναι γρήγορη, οικονομική, απλή και εύκολη στη διεξαγωγή της. Με κάποιες προσθήκες, μάλιστα, που αφορούν τη διάσταση του χρόνου βαθμολόγησης ενός αντικειμένου, είναι δυνατόν να αναπαρασταθεί ολόκληρη η διαδικασία, στο πλαίσιο αυτής της μεθόδου. Ωστόσο, όπως προαναφέρθηκε, ο μόνος τρόπος απόκτησης δεδομένων που αντικατοπτρίζουν την πραγματική γνώμη των χρηστών για το μηχανισμό, είναι η on-line αξιολόγηση, ενώ ο αριθμός των αντικειμένων που περιλαμβάνονται σε τέτοιου είδους αξιολογήσεις είναι συνήθως περιορισμένος (de Wit, 2008).

#### **4.4.1 Μετρικές ακριβείας**

Από όλα τα πιθανά είδη μετρικών που θα μπορούσαν να μετρηθούν, η ακρίβεια είναι σαφώς το πιο διαδεδομένο (Herlocker et al., 2004). Οι μετρικές ακριβείας (accuracy metrics) μετρούν τη διαφοροποίηση, την απόσταση, μεταξύ των προβλέψεων της προτίμησης ενός χρήστη που πραγματοποιεί ένας μηχανισμός συστάσεων και της πραγματικής προτίμησης του χρήστη αυτού. Ουσιαστικά, οι μετρικές ακριβείας μπορούν να προβλέψουν με πόση ακρίβεια οι προτιμήσεις ενός χρήστη αναπαράγονται από το μηχανισμό αλλά και την ακρίβεια των προβλέψεων για τις μελλοντικές προτιμήσεις ενός χρήστη.



Οι μετρικές ακριβείας μπορούν να διαχωριστούν σε τρεις βασικές υποκατηγορίες (Herlocker et al., 2004):

- Μετρικές ακριβείας προβλέψεων (predictive accuracy metrics)
- Μετρικές ακριβείας ταξινόμησης (classification accuracy metrics)
- Μετρικές ακριβείας κατάταξης (rank accuracy metrics)

Οι μετρικές ακριβείας προβλέψεων (predictive accuracy metrics) αξιολογούν το βαθμό στον οποίο ένας μηχανισμός συστάσεων μπορεί να προβλέψει τις προτιμήσεις των χρηστών. Αυτή η κατηγορία μετρικών αποβαίνει ιδιαίτερα χρήσιμη για συστήματα που παρουσιάζουν τις συστάσεις τους στον τελικό χρήστη. Με δεδομένο ότι οι προτιμήσεις των χρηστών συχνά βασίζονται στη βαθμολογία που παρέχει ο ίδιος για τα αντικείμενα, η υποκατηγορία αυτή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την κατάταξη των αντικειμένων με βάση συγκεκριμένες βαθμολογίες. Η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη από αυτές τις μετρικές είναι το “Mean Absolute Error”.

Οι μετρικές ακριβείας ταξινόμησης (classification accuracy metrics) μετρούν σε ποιο βαθμό ένας μηχανισμός συστάσεων μπορεί να ταξινομήσει σωστά ένα αντικείμενο ως «ενδιαφέρον» ή «μη ενδιαφέρον». Όποια απόκλιση μεταξύ των προβλέψεων του μηχανισμού και των πραγματικών προτιμήσεων ενός χρήστη, παραβλέπεται σε αυτή την υποκατηγορία μετρικών. Δύο από τις πιο δημοφιλείς μετρικές αυτής της υποκατηγορίας είναι οι «precision» και «recall», που αρχικά χρησιμοποιήθηκαν στον τομέα της Ανάκτησης Πληροφοριών (Information Retrieval).

Τέλος, η υποκατηγορία των μετρικών ακριβείας κατάταξης (rank accuracy metrics), εστιάζει κυρίως στη σειρά με την οποία γίνονται οι συστάσεις. Πιο συγκεκριμένα, στην υποκατηγορία αυτή δεν γίνεται σύσταση ενός μόνο αντικειμένου, αλλά προωθείται η εμφάνιση μίας λίστας αντικειμένων σε συγκεκριμένη σειρά, υπό την προϋπόθεση, βέβαια, ότι η σειρά εμφάνισης των αντικειμένων στη λίστα είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας στη συγκεκριμένη περίπτωση.

Συνεπώς, αν και όλα τα αντικείμενα σε μία λίστα συστάσεων μπορεί να θεωρούνται «ενδιαφέροντα» ή «σχετικά» για έναν χρήστη, η σειρά με την οποία εμφανίζονται

είναι πολύ μεγάλης σημασίας, αφού για ένα χρήστη  $X$  το αντικείμενο  $\Gamma$  κατά σειρά μπορεί να φαντάζει πιο σχετικό από το αντικείμενο  $A$ . Η συγκεκριμένη υποκατηγορία μετρικών ακριβείας, λαμβάνοντας αυτό το γεγονός υπόψη, ελέγχει τη σωστή σύνταξη της λίστας συστάσεων. Για να ελεγχθεί η ομοιότητα μεταξύ δύο λιστών από συστάσεις, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν αρκετές μετρικές, όπως π.χ. ο συντελεστής συσχέτισης Spearman (Spearman's correlation coefficient) και η συσχέτιση Kendall's Tau (Kendall's Tau correlation).

#### 4.4.2 Μεθοδολογία αξιολόγησης

Στη συγκεκριμένη εργασία, για να αξιολογηθεί ο μηχανισμός σύστασης εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων που κατασκευάστηκε, χρησιμοποιήθηκε η μετρική ακριβείας κατάταξης Spearman's correlation coefficient. Η μετρική ακριβείας αυτή, που πήρε το όνομά της από τον Charles Spearman και συχνά συμβολίζεται με το ελληνικό γράμμα  $\rho$ , είναι ένα μη-παραμετρικό μέτρο της στατιστικής εξάρτησης μεταξύ δύο μεταβλητών. Αξιολογεί το πόσο καλά μπορεί να περιγραφεί η σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών χρησιμοποιώντας μια μονότονη συνάρτηση. Εάν δεν υπάρχουν επαναλαμβανόμενες τιμές των δεδομένων, μια τέλεια συσχέτιση Spearman κατά  $+1$  ή  $-1$  συμβαίνει όταν κάθε μία από τις μεταβλητές είναι μια τέλεια μονότονη συνάρτηση της άλλης.

Στη συνέχεια φαίνεται η εξίσωση από την οποία περιγράφεται:

$$\rho = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{n \cdot stdev(x) \cdot stdev(y)}$$

**Σχήμα 24:** Η Εξίσωση συσχέτισης Spearman's  $\rho$

Η μετρική αυτή συγκρίνει την κατάταξη που προτείνει κάποιος χρήστης για μια λίστα αντικειμένων σε σχέση με το παραγόμενο αποτέλεσμα κατάταξης ενός μηχανισμού σύστασης. Τα  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  και  $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ , είναι τα επίπεδα

κατάταξης για κάθε αντικείμενο στη λίστα του χρήστη και του μηχανισμού σύστασης αντίστοιχα.

Rank	User	RS
1	A	A
2	G	B
3	B	E
4	E	F
5	C	C
6	D	G
7	F	D

Item	Spearman
A	(1,1)
B	(3,2)
C	(5,5)
D	(6,7)
E	(4,3)
F	(7,4)
G	(2,6)

**Σχήμα 25:** Παράδειγμα εφαρμογής της εξίσωσης συσχέτισης Spearman's  $\rho$

Στο σχήμα 25 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα με τα εξής δεδομένα: Στον αριστερά πίνακα φαίνεται κατά πρώτον η λίστα κατάταξης του χρήστη για μια ομάδα αντικειμένων και κατά δεύτερον η λίστα κατάταξης που παρήγαγε ο μηχανισμός σύστασης. Έτσι, παρατηρείται π.χ. πως το αντικείμενο που ο χρήστης προτιμά πρώτο στη λίστα κατάταξης (το A) είναι πρώτο και στη λίστα του μηχανισμού σύστασης, ενώ το αντικείμενο που ο χρήστης προτιμά δεύτερο στη λίστα κατάταξης (το G) ο μηχανισμός σύστασης το κατατάσσει έκτο. Στον δεξιά πίνακα φαίνεται το ότι χρησιμοποιούνται αυτά τα ζεύγη τιμών (1,1), (2,6) κ.ο.κ., για να υπολογιστεί το Spearman's  $\rho$  βάσει της εξίσωσης που παρουσιάστηκε παραπάνω. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, η εκτέλεση της εξίσωσης δίνει αποτέλεσμα για το  $\rho = 0,5$ .

Για την αξιολόγηση του μηχανισμού σύστασης εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων εκτελέστηκε ένα συγκεκριμένο πείραμα που αξιοποιεί το παραπάνω σκεπτικό, ώστε να επιβεβαιωθεί η ορθότητα του αλγορίθμου στον οποίο βασίζεται ο μηχανισμός επιβεβαιώνοντας παράλληλα:

1. την επιλογή που έγινε για την αντιστοίχιση των παραμέτρων ενός εκπαιδευτικού σεναρίου με συγκεκριμένα μεταδεδομένα του μοντέλου περιγραφής και

2. την επιλογή που έγινε στα αντίστοιχα ποσοστά σχετικότητας που ορίστηκαν.

Για το πείραμα αρχικά κατασκευάστηκαν δύο ενδεικτικές επερωτήσεις (queries) που ουσιαστικά αντιπροσωπεύουν αναζητήσεις εικονικών ή απομακρυσμένων εργαστηρίων για αξιοποίηση σε κάποια εκπαιδευτικά σενάρια. Για τη σύνθεση των δύο επερωτήσεων επιλέχθηκαν κατάλληλες λέξεις-κλειδιά για κάθε μια παράμετρο αναζήτησης (Subject Domain, Grade Level, Educational Objectives, Teaching Approach). Έπειτα, επιλέχθηκαν τρεις διαφορετικοί συνδυασμοί στις τιμές των βαρυτήτων σημαντικότητας των παραμέτρων όπως περιγράφεται παρακάτω:

### Αναζήτηση Q1

**Subject domain:** “chemistry” (w1)

**Grade Level:** “lower secondary education” (w2)

**Educational Objectives:** “carrying out tests with chemical solutions” (w3)

**Teaching Approach:** “inquiry based learning” (w4)

### Αναζήτηση Q2

**Subject domain:** “physics motion” (w1)

**Grade Level:** “primary education” (w2)

**Educational Objectives:** “learn about forces and balance” (w3)

**Teaching Approach:** “problem based learning” (w4)

Για τις βαρύτητες w1, w2, w3 και w4 αντίστοιχα, επιλέχθηκαν οι εξής τρεις διαφορετικές εκδοχές για κάθε αναζήτηση (Q1 και Q2):

a. Έμφαση στο επιστημονικό πεδίο: w1=0.5 w2=0.2 w3=0.2 w4=0.1

b. Έμφαση στη βαθμίδα εκπαίδευσης:  $w_1=0.2$   $w_2=0.5$   $w_3=0.2$   $w_4=0.1$

c. Έμφαση στην εκπαιδευτική προσέγγιση:  $w_1=0.2$   $w_2=0.5$   $w_3=0.2$   $w_4=0.1$

Με βάση τα παραπάνω, εκτελέστηκαν οι αναζητήσεις και παρήχθησαν έξι διαφορετικές κατατάξεις εργαστηρίων. Αυτές μπορούν να ονομαστούν ως εξής:

- Rank 1 (Q1 / a), Rank 2 (Q1 / b), Rank 3 (Q1 / c)
- Rank 4 (Q2 / a), Rank 5 (Q2 / b), Rank 6 (Q2 / c)

Στους πίνακες που ακολουθούν φαίνονται τα αποτελέσματα του μηχανισμού σύστασης. Για λόγους απλούστευσης, οι τίτλοι των εργαστηρίων που προτάθηκαν ως τα πιο σχετικά σε φθίνουσα σειρά, έχουν αντικατασταθεί από κωδικοποιημένες ονομασίες. Η πλήρης αναφορά στην εκτέλεση των αναζητήσεων βρίσκεται στο Παράρτημα Β. Παρατηρείται ότι για κάθε διαφορετική εκδοχή βαρυτήτων οι κατατάξεις αναδιαμορφώνονται.

**Πίνακας 14:** Αποτελέσματα κατάταξης (1)

Θέση Κατάταξης	Rank 1 (Q1 / a)	Rank 2 (Q1 / b)	Rank 3 (Q1 / c)
1	Lab A	Lab B	Lab B
2	Lab B	Lab A	Lab D
3	Lab C	Lab C	Lab A
4	Lab D	Lab D	Lab C

**Πίνακας 15:** Αποτελέσματα κατάταξης (2)

Θέση Κατάταξης	Rank 4 (Q2 / a)	Rank 5 (Q1 / b)	Rank 6 (Q1 / c)
1	Lab E	Lab F	Lab G
2	Lab F	Lab G	Lab E
3	Lab G	Lab H	Lab F
4	Lab H	Lab E	Lab H

Έχοντας, λοιπόν, τα αποτελέσματα κατάταξης που παρήγαγε ο μηχανισμός σύστασης, οργανώθηκε μια έρευνα στην οποία χρησιμοποιήθηκαν 30 άτομα. Στα άτομα αυτά, τα οποία προέρχονται από τον εκπαιδευτικό χώρο (καθηγητές φυσικών επιστημών, δάσκαλοι, φοιτητές στο αντικείμενο της ηλεκτρονικής μάθησης κ.α.), παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα κατάταξης, δόθηκαν οι σύνδεσμοι των επιστρεφόμενων εργαστηρίων ώστε να είναι δυνατό να μελετηθούν και έπειτα τους ζητήθηκε είτε να επιβεβαιώσουν τη σειρά κατάταξης που παρήγαγε ο μηχανισμός σύστασης είτε να προτείνουν τη δική τους κατάταξη.

#### **4.4.3 Αποτελέσματα Αξιολόγησης**

Για να πραγματοποιηθεί η έρευνα, χρησιμοποιήθηκε η πλατφόρμα <http://esurv.org>, η οποία επιτρέπει την πραγματοποίηση διαδικτυακών ερευνών (online surveys).

Πραγματοποιήθηκαν τελικώς 180 αξιολογήσεις που προέκυψαν ως εξής: Κάθε ένας από τους 30 χρήστες αξιολόγησε τις 6 διαφορετικές κατατάξεις που επέστρεψε ο μηχανισμός σύστασης.

Στον πίνακα 16 φαίνονται τα συνολικά αποτελέσματα της αξιολόγησης. Κάθε στήλη εκφράζει τις έξι διαφορετικές κατατάξεις και στο κάθε πεδίο αναγράφεται το αποτέλεσμα αξιολόγησης ανά χρήστη. Αν επιβεβαίωσε την κατάταξη, χρησιμοποιείται το γράμμα "Σ" ενώ, αν διαφώνησε, αναγράφεται η σειρά που αυτός πρότεινε σε σχέση με τη σειρά που επέστρεψε ο μηχανισμός σύστασης.

**Πίνακας 16:** Συνολικά αποτελέσματα αξιολόγησης

User	Rank1	Rank2	Rank3	Rank4	Rank5	Rank6
User1	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ
User2	Σ	2 - 3 - 1 - 4	Σ	Σ	Σ	Σ
User3	1 - 3 - 4 - 2	1 - 4 - 2 - 3	Σ	Σ	2 - 4 - 3 - 1	Σ
User4	1 - 2 - 4 - 3	1 - 4 - 3 - 2	2 - 1 - 4 - 3	Σ	Σ	Σ
User5	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ
User6	Σ	Σ	Σ	1 - 3 - 2 - 4	Σ	Σ
User7	Σ	Σ	4 - 3 - 2 - 1	Σ	1 - 2 - 4 - 3	2 - 3 - 4 - 1
User8	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ
User9	Σ	1 - 4 - 3 - 2	Σ	Σ	Σ	Σ
User10	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ
User11	Σ	Σ	Σ	4 - 3 - 2 - 1	Σ	Σ
User12	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ
User13	Σ	1 - 2 - 4 - 3	Σ	Σ	Σ	Σ
User14	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ
User15	Σ	Σ	2 - 3 - 4 - 1	Σ	Σ	2 - 4 - 3 - 1
User16	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ
User17	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ
User18	1 - 3 - 4 - 2	Σ	1 - 4 - 3 - 2	1 - 3 - 2 - 4	Σ	3 - 2 - 1 - 4
User19	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ
User20	Σ	Σ	4 - 3 - 2 - 1	Σ	1 - 3 - 4 - 2	3 - 2 - 4 - 1
User21	1 - 2 - 4 - 3	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ
User22	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ
User23	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ
User24	Σ	3 - 4 - 1 - 2	Σ	Σ	Σ	Σ
User25	Σ	Σ	1 - 3 - 4 - 2	Σ	Σ	1 - 3 - 2 - 4
User26	Σ	1 - 2 - 4 - 3	Σ	Σ	Σ	Σ
User27	Σ	Σ	Σ	2 - 3 - 1 - 4	Σ	Σ
User28	1 - 3 - 4 - 2	Σ	Σ	Σ	1 - 3 - 4 - 2	Σ
User29	Σ	3 - 2 - 1 - 4	Σ	2 - 1 - 3 - 4	Σ	Σ
User30	Σ	Σ	Σ	2 - 3 - 1 - 4	Σ	2 - 4 - 3 - 1

Στη συνέχεια, υπολογίστηκε το Spearman's  $\rho$  για κάθε μια κατάταξη του κάθε χρήστη. Για παράδειγμα, στην περίπτωση του δεύτερου αξιολογητή (user 2) για τη δεύτερη κατά σειρά κατάταξη (Rank 2) έχουμε τα εξής:

Αν θεωρήσουμε τη σειρά 1 - 2 - 3 - 4 ως την κατάταξη που παράγει ο αλγόριθμος, τότε ο συγκεκριμένος αξιολογητής διαφώνησε σε σχέση με αυτή την κατάταξη και πρότεινε τη σειρά 2 - 3 - 1 - 4. Άρα τα ζεύγη τιμών για τον υπολογισμό του Spearman's  $\rho$ , ακολουθώντας την εξίσωση που διατυπώθηκε στην παράγραφο 4.4.2, θα έχουν ως εξής: (2,1) - (3,2) - (1,3) - (4,4) και με την εκτέλεση του τύπου της εξίσωσης καταλήγουμε στο αποτέλεσμα 0,4 για το Spearman's  $\rho$ . Αντίθετα, συμφώνησε απόλυτα με την πρώτη κατάταξη όπως την παρήγαγε ο αλγόριθμος και γι' αυτό το αντίστοιχο αποτέλεσμα είναι η μονάδα.

Η παραπάνω διαδικασία ακολουθήθηκε 180 φορές και προέκυψαν αντίστοιχα 180 αποτελέσματα υπολογισμού του Spearman's  $\rho$  τα οποία φαίνονται στον πίνακα 17.

**Πίνακας 17:** Υπολογισμός Spearman's  $\rho$  για κάθε κατάταξη

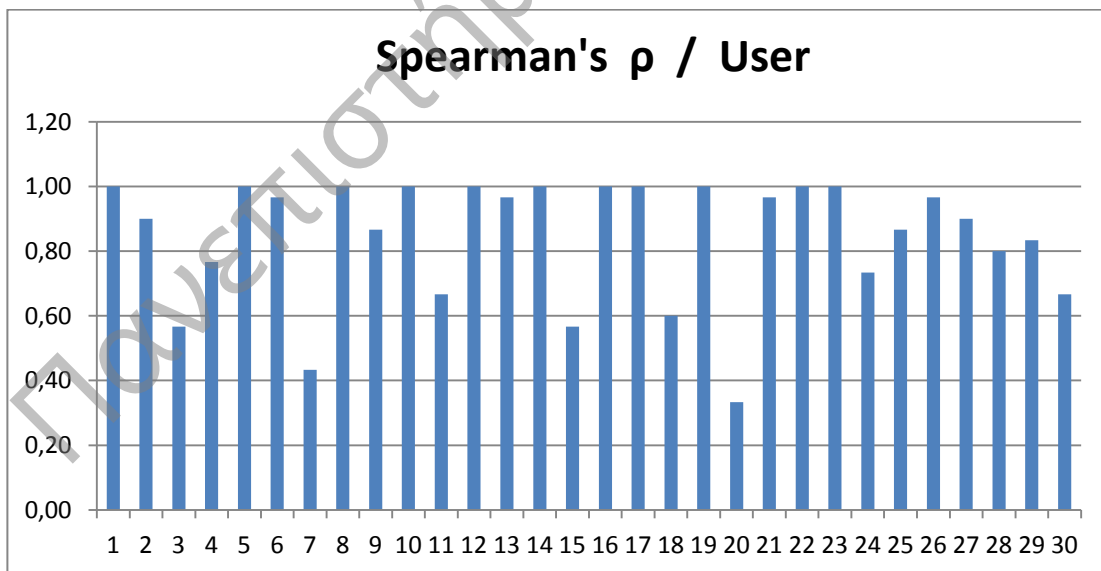
User	Spearman's $\rho$					
	Rank1	Rank2	Rank3	Rank4	Rank5	Rank6
User1	1	1	1	1	1	1
User2	1	0,4	1	1	1	1
User3	0,4	0,4	1	1	-0,4	1
User4	0,8	0,2	0,6	1	1	1
User5	1	1	1	1	1	1
User6	1	1	1	0,8	1	1
User7	1	1	-1	1	0,8	-0,2
User8	1	1	1	1	1	1
User9	1	0,2	1	1	1	1
User10	1	1	1	1	1	1
User11	1	1	1	-1	1	1
User12	1	1	1	1	1	1
User13	1	0,8	1	1	1	1
User14	1	1	1	1	1	1
User15	1	1	-0,2	1	1	-0,4
User16	1	1	1	1	1	1
User17	1	1	1	1	1	1
User18	0,4	1	0,2	0,8	1	0,2
User19	1	1	1	1	1	1
User20	1	1	-1	1	0,4	-0,4



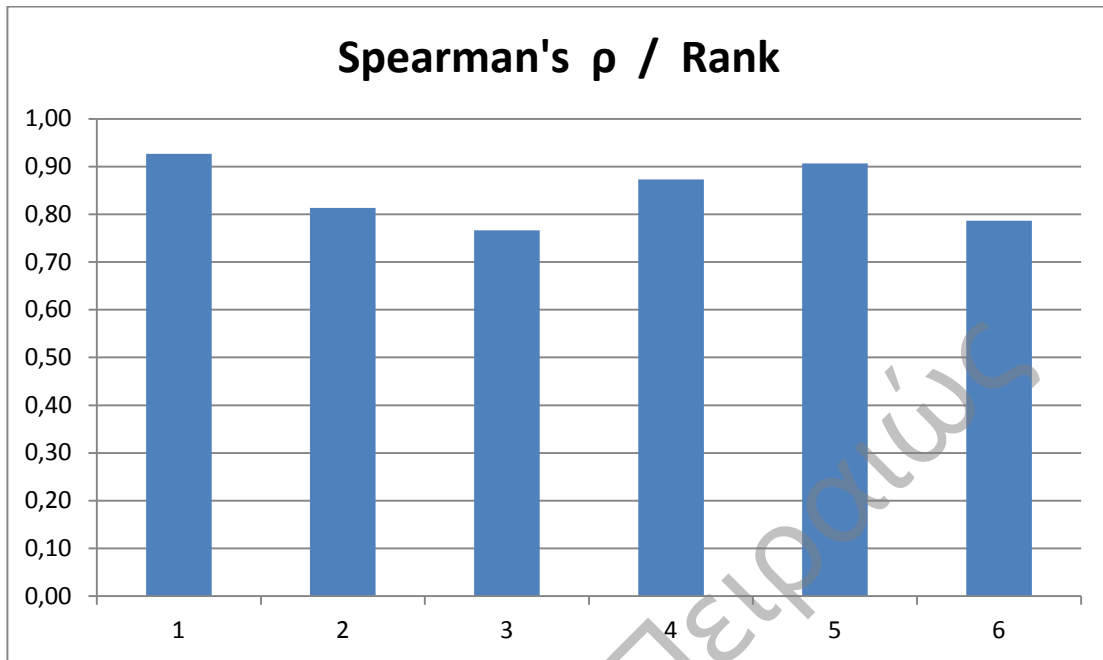
User21	0,8	1	1	1	1	1
User22	1	1	1	1	1	1
User23	1	1	1	1	1	1
User24	1	-0,6	1	1	1	1
User25	1	1	0,4	1	1	0,8
User26	1	0,8	1	1	1	1
User27	1	1	1	0,4	1	1
User28	0,4	1	1	1	0,4	1
User29	1	0,2	1	0,8	1	1
User30	1	1	1	0,4	1	-0,4

Υπολογίζοντας το μέσο όρο όλων των παραπάνω αποτελεσμάτων μπορεί να βρεθεί πως η τελική τιμή για το Spearman's  $\rho$ , που εκφράζει τη συνολική αξιολόγηση από το δείγμα αξιολογητών, είναι **0,845**.

Στη συνέχεια υπολογίζεται το Spearman's  $\rho$  ανά χρήστη και ανά κατάταξη και τα αποτελέσματα αποδίδονται οπτικοποιημένα στα παρακάτω ραβδογράμματα.



Σχήμα 26: Ραβδόγραμμα του Spearman's  $\rho$  ανά χρήστη



Σχήμα 27: Ραβδόγραμμα του Spearman's ρ ανά κατάταξη

Όπως είναι εμφανές, το συνολικό αποτέλεσμα της αξιολόγησης είναι θετικό και αποτελεί μια ισχυρή επιβεβαίωση των επιλογών που έγιναν για την κατασκευή του αλγορίθμου κατάταξης. Επιβεβαιώνεται, δηλαδή, τόσο η επιλογή που έγινε για την αντιστοίχιση των παραμέτρων ενός εκπαιδευτικού σεναρίου με συγκεκριμένα μεταδεδομένα του μοντέλου περιγραφής όσο και τα ποσοστά σχετικότητας που ορίστηκαν κατά την αντιστοίχιση αυτή.

Παρατηρείται, όσον αφορά στις κατατάξεις, πως ο αλγόριθμος αποδίδει καλύτερα στις 4 από τις 6 κατατάξεις. Η χειρότερη απόδοση του αλγορίθμου εντοπίζεται στις κατατάξεις 3 και 6 αντίστοιχα, όπου το spearman's ρ είναι μεταξύ του 0,7 και του 0,8. Αυτές οι δύο κατατάξεις αφορούν τις αναζητήσεις που αποδίδουν μεγαλύτερη βαρύτητα στην εκπαιδευτική προσέγγιση (teaching approach). Είναι γεγονός πως η εκπαιδευτική προσέγγιση είναι η παράμετρος αναζήτησης που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη δυσκολία αφού δεν υπάρχει κάποιο ταυτόσημο στοιχείο μεταδεδομένων στο μοντέλο περιγραφής των εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων όπου θα μπορούσε να αναφέρεται ρητά ποιά εκπαιδευτική προσέγγιση προτείνεται. Για τις

υπόλοιπες παραμέτρους αναζήτησης υπάρχουν ταυτόσημα στοιχεία στα οποία αποδίδεται και μεγαλύτερος βαθμός σχετικότητας. Έτσι, οι λέξεις κλειδιά των αναζητήσεων που αναφέρονται ρητά στα αντίστοιχα ταυτόσημα στοιχεία μεταδεδομένων ισχυροποιούν πολύ την αποτελεσματικότητα του αλγορίθμου. Η εκπαιδευτική προσέγγιση αναζητείται, όπως φάνηκε στην παράγραφο 4.3.2, στην περιγραφή και στους εκπαιδευτικούς στόχους ενός εργαστηρίου και προκύπτει σε μεγάλο βαθμό ως συμπέρασμα, κάτι το οποίο αφήνει μεγαλύτερα περιθώρια λάθους στη λειτουργία του αλγορίθμου.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

## Κεφάλαιο 5 Συμπεράσματα και Μελλοντικές Κατευθύνσεις

Οι σύγχρονες εκπαιδευτικές πρακτικές σε συνδυασμό με την ολοένα και εντονότερη διείσδυση της τεχνολογίας στη μαθησιακή διαδικασία, «επιβάλλουν» την αξιοποίηση ψηφιακών εκπαιδευτικών πόρων στα εκπαιδευτικά σενάρια που σχεδιάζονται και υλοποιούνται από τους εκπαιδευτικούς. Πάνω σ' αυτή τη λογική, τα εικονικά και απομακρυσμένα εργαστήρια, όπως φάνηκε και στο κεφάλαιο 2, αποτελούν κατάλληλους ψηφιακούς εκπαιδευτικούς πόρους, που δίνουν άλλη δυναμική στην εκπαίδευση των φυσικών επιστημών, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών.

Σε μια προσπάθεια για την υποστήριξη της εκπαιδευτικής κοινότητας στην αναζήτηση, την ανακάλυψη και την επιλογή εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων, με σκοπό την ενσωμάτωσή τους σε εκπαιδευτικά σενάρια, η παρούσα εργασία ακολούθησε μια μεθοδολογία που ξεκινά από τη μελέτη των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών αυτού του νέου ψηφιακού εκπαιδευτικού πόρου μέχρι την κατασκευή και αξιολόγηση εξειδικευμένων μηχανισμών που υποστηρίζουν τεχνικά την όλη προσπάθεια.

Αρχικά, μελετήθηκαν τα διαδικτυακά εργαστήρια ως ψηφιακοί πόροι που χρήζουν περιγραφής από κατάλληλα μεταδεδομένα. Έγινε εμφανές πως δεν αρκεί να περιγραφούν απλώς ως μαθησιακά αντικείμενα και γι' αυτό, ήδη, διεθνείς φορείς που έχουν αναπτύξει ψηφιακές βιβλιοθήκες εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων τα περιγράφουν «με τον δικό τους τρόπο», χρησιμοποιώντας μια σειρά από ειδικά μεταδεδομένα. Είναι σημαντικό, για λόγους διευκόλυνσης της εκπαιδευτικής κοινότητας αλλά και για λόγους διαλειτουργικότητας των συστημάτων στον χώρο αυτό, να υπάρχει ένας ενιαίος, κοινά αποδεκτός τρόπος περιγραφής. Στη συγκεκριμένη εργασία προτάθηκε ένα νέο μοντέλο περιγραφής των εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων, το οποίο συνδυάζει χαρακτηριστικά από τα άλλα υπάρχοντα μοντέλα. Τα στοιχεία μεταδεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν είναι

αρκετά για την πλήρη και ουσιαστική περιγραφή των εργαστηρίων, κατάλληλα κατηγοριοποιημένα και, επίσης, επιτρέπουν επεκτάσεις που μπορεί η διεθνής επιστημονική κοινότητα να προτείνει.

Αφού λοιπόν ορίστηκε ένα μοντέλο περιγραφής, το ζητούμενο ήταν να κατασκευαστεί ένας μηχανισμός σύστασης εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων μέσω του οποίου, ένας ενδιαφερόμενος χρήστης, με συγκεκριμένη αναζήτηση που θα εκτελεί, θα έχει τη δυνατότητα να βρίσκει κατάλληλα εργαστήρια για ενσωμάτωση σε ένα εκπαιδευτικό σενάριο με συγκεκριμένες παιδαγωγικές προδιαγραφές. Για να μπορέσει να επιτευχθεί αυτό, έπρεπε πρώτα να μοντελοποιηθούν οι παιδαγωγικές παράμετροι ενός εκπαιδευτικού σεναρίου και έπειτα να γίνει η αντιστοίχιση αυτών των παραμέτρων με συγκεκριμένα στοιχεία του μοντέλου περιγραφής των εργαστηρίων. Επίσης, εκτός της αντιστοίχισης αυτής, δόθηκαν συγκεκριμένα ποσοστά σχετικότητας μεταξύ των παιδαγωγικών παραμέτρων και των στοιχείων μεταδεδομένων που αντιστοιχούν. Σημειώνεται πως σημαντικό στοιχείο της συμβολής της συγκεκριμένης εργασίας είναι η επιβεβαίωση αυτών των επιλογών αντιστοίχισης και απόδοσης ποσοστών σχετικότητας.

Επίσης, κατασκευάστηκε μια ψηφιακή βιβλιοθήκη, που αξιοποιεί το μοντέλο περιγραφής που προτάθηκε, και συμπληρώθηκε από 44 ενδεικτικά εικονικά και απομακρυσμένα εργαστήρια, όπως φάνηκε στο κεφάλαιο 3, ώστε να είναι εφικτή και η αξιολόγηση του μηχανισμού σύστασης στην πράξη. Για αυτή την αξιολόγηση, οργανώθηκε ένα πείραμα με 30 συμμετέχοντες -μέλη της εκπαιδευτικής κοινότητας- το οποίο απέδειξε την ορθότητα των επιλογών που έγιναν για τη λειτουργία του αλγορίθμου και συγκεκριμένα για την ακρίβεια κατάταξης των αποτελεσμάτων. Επιβεβαιώθηκαν έτσι, οι επιλογές αντιστοίχισης και απόδοσης ποσοστών σχετικότητας που αναφέρθηκαν παραπάνω και οι οποίες αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 4, αποτέλεσμα σημαντικό για την αξία των μεταδεδομένων στην ανακάλυψη και επιλογή εργαστηρίων αλλά και για τον τρόπο με τον οποίο μια αναζήτηση με παιδαγωγικά χαρακτηριστικά διαφοροποιείται από την «κλασική» αναζήτηση στο πλαίσιο ενός συστήματος.

Οι μελλοντικές κατευθύνσεις για το συγκεκριμένο επιστημονικό πεδίο σχετίζονται με διάφορα ζητήματα που θέτει η παρούσα εργασία.

Κατά πρώτον, μπορούν να υπάρξουν τροποποιήσεις και επεκτάσεις στο μοντέλο περιγραφής των εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων, όπως αναφέρθηκε και πρωτύτερα, ώστε να περιλαμβάνονται περισσότερα στοιχεία, κυρίως εκπαιδευτικού χαρακτήρα, που μπορούν να αντληθούν από το πρότυπο IEEE LOM.

Στο κομμάτι της ψηφιακής βιβλιοθήκης, μπορούν να υπάρξουν νέοι ρόλοι, όπως αυτός του εκπαιδευόμενου ως ξεχωριστής οντότητας, με ιδιαίτερες λειτουργικές δυνατότητες, αλλά και να αναπτυχθεί μια επιπρόσθετη τεχνική βάση για τη δημιουργία μιας διαδικτυακής κοινότητας εκπαιδευτών, εκπαιδευόμενων και φορέων γύρω από την ψηφιακή βιβλιοθήκη.

Στο σημαντικό ζήτημα του μηχανισμού σύστασης προτείνεται η εξής εξέλιξη: Θα μπορούσε να κατασκευαστεί νέος υβριδικός αλγόριθμος που να διατηρεί τα χαρακτηριστικά που προτάθηκαν στη συγκεκριμένη εργασία, να επεκτείνει την πολυπλοκότητα της αναζήτησης σε περισσότερα στοιχεία μεταδεδομένων (ακόμη και τεχνικού χαρακτήρα), αλλά και να ενσωματώνει τεχνικές από τους συνεργατικούς αλγορίθμους (collaborative filtering) αλγορίθμους, λαμβάνοντας υπόψη αξιολογήσεις, σχόλια και ετικέτες χρηστών. Έτσι, θα μπορούσαν να υπάρχουν πιο «ολοκληρωμένες» συστάσεις, αφού ένας τέτοιος μηχανισμός θα διατηρεί τα προφίλ των χρηστών και θα λαμβάνει υπόψη του τόσο τη συγκεκριμένη αναζήτηση ενός μέλους, όσο και τη «γνώση» από την αλληλεπίδραση των υπόλοιπων μελών. Αυτό προϋποθέτει βέβαια την ύπαρξη ενός πλήθους εγγεγραμμένων χρηστών στην ψηφιακή βιβλιοθήκη, οι οποίοι θα έχουν μια ενεργή συμμετοχή και δραστηριότητα, ώστε να είναι εφικτή και αξιολόγηση του αλγορίθμου.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : Τεχνική Αναπαράσταση Μοντέλου Μεταδομένων Εικονικών και Απομακρυσμένων Εργαστηρίων

**Πίνακας 13:** -onlinelab- element

Online Lab data element	XML name	Sub -elements	min	Max	Data type
Online Lab	onlinelab	General Content Pedagogical Organizational Technical User - Specific	1	1	Unspecified
General	general	Βλ. Πίνακα 10	1	1	Unspecified
Content	content	Βλ. Πίνακα 13	1	1	Unspecified
Pedagogical	pedagogical	Βλ. Πίνακα 16	1	1	Unspecified
Technical	technical	Βλ. Πίνακα 20	1	1	Unspecified
User - Specific	user_specific	Βλ. Πίνακα 21	0	1	Unspecified

**Πίνακας 14:** -general- element

Online Lab data element	XML name	Sub -elements	min	Max	Data type

General	general	Title Description Lifecycle Dates Keywords Lab Type Lab Owner	1	1	Unspecified
Title	title		1	1	CharacterString
Description	description		1	1	CharacterString
Lifecycle Dates	lifecycle_dates	Βλ. Πίνακα 11	0	1	Unspecified
Keywords	keywords		1	∞	CharacterString
Lab Type	lab_type		1	1	CharacterString
Lab Owner	lab_owner	Βλ. Πίνακα 12	0	∞	Unspecified

**Πίνακας 15:** -lifecycle\_dates- element

Online Lab data element	XML name	Sub -elements	Min	max	Data type
Lifecycle Dates	lifecycle_dates	Created Date Publication Date Launch Date Last Modified Last Update	0	1	Unspecified



		Release Date			
Created Date	created_date		0	1	DateTime
Publication Date	publication_date		0	1	DateTime
Launch Date	launch_date		0	1	DateTime
Last Modified	last_modified		0	1	DateTime
Last Update	last_update		0	1	DateTime
Release Date	release_date		0	1	DateTime

**Πίνακας 16:** -lab\_owner- element

Online Lab data element	XML name	Sub -elements	min	Max	Data type
Lab Owner	lab_owner	Name Contact	0	∞	Unspecified
Name	name		0	1	CharacterString
Contact	contact		0	1	CharacterString

**Πίνακας 17:** -content- element

Online Lab data element	XML name	Sub -elements	min	Max	Data type

Content	content	Language(s)  Additional Supportive Material  Supportive Apps	1	1	Unspecified
Language(s)	lab_language		1	∞	CharacterString
Additional Supportive Material	additional_supportive_material	Βλ. Πίνακα 14	0	∞	Unspecified
Supportive Apps	supportive_apps	Βλ. Πίνακα 15	0	∞	Unspecified

**Πίνακας 18:** -additional\_supportive\_material- element

Online Lab data element	XML name	Sub -elements	min	max	Data type
Additional Supportive Material	additional_supportive_material	Title URL	0	∞	Unspecified
Title	title		0	1	CharacterString
URL	url		0	1	URI

**Πίνακας 19:** -supportive\_apps- element

Online Lab data element	XML name	Sub -elements	min	Max	Data type
Supportive Apps	supportive_apps	Title URL	0	∞	Unspecified
Title	title		0	1	CharacterString
URL	url		0	1	URI

**Πίνακας 20:** -pedagogical- element

Online Lab data element	XML name	Sub -elements	min	Max	Data type
Pedagogical	pedagogical	Subject  Educational Level  Difficulty  Learning Objectives	1	1	Unspecified
Subject	subject		1	∞	CharacterString

Educational Level	educational_level		1	1	CharacterString
Difficulty	difficulty		1	1	CharacterString
Learning Objectives	learning_objectives		0	$\infty$	CharacterString

**Πίνακας 21:** -organizational- element

Online Lab data element	XML name	Sub -elements	min	max	Data type
Organizational	organizational	Booking Required Contributor(s) Provider(s) Access Rights License Cost	1	1	Unspecified
Booking Required	booking_required		1	1	CharacterString
Contributor(s)	lab_contributor	Βλ. Πίνακα 18	0	$\infty$	Unspecified
Provider(s)	lab_provider	Βλ. Πίνακα 19	0	$\infty$	Unspecified
Access Rights	access_rights		0	$\infty$	CharacterString

Cost	cost		1	1	CharacterString
------	------	--	---	---	-----------------

**Πίνακας 22:** -lab\_contributor- element

Online Lab data element	XML name	Sub -elements	min	Max	Data type
Contributor(s)	lab_contributor	Name Contact	0	∞	Unspecified
Name	name		0	1	CharacterString
Contact	contact		0	1	CharacterString

**Πίνακας 23:** -lab\_provider- element

Online Lab data element	XML name	Sub -elements	min	Max	Data type
Provider(s)	lab_provider	Name Contact	0	∞	Unspecified
Name	name		0	1	CharacterString
Contact	contact		0	1	CharacterString

**Πίνακας 24:** -technical- element

Online Lab data element	XML name	Sub -elements	min	Max	Data type
Technical	technical	Web Link  Level of Interaction  Compatibility  Technical Requirements	1	1	Unspecified
Web Link	web_link		1	1	URI
Level of Interaction	level_of_intercation		0	1	CharacterString
Compatibility	compatibility		0	1	CharacterString
Technical Requirements	technical_requirements		0	1	CharacterString

**Πίνακας 25:** -user\_specific- element

Online Lab data element	XML name	Sub -elements	min	Max	Data type
User Specific	user_specific	Supporting Students with Disabilities  Lesson Plan	0	1	Unspecified
Supporting Students with Disabilities	supporting_students_with_disabilities		0	∞	CharacterString
Lesson Plan	lesson_plan		0	1	URL (file)

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β : Διαδικτυακή Έρευνα Αξιολόγησης Μηχανισμού Σύστασης

Παρατίθεται αναλυτικά όλο το περιεχόμενο της φόρμας αξιολόγησης που στάλθηκε στους χρήστες όπως και τα πραγματικά αποτελέσματα της εφαρμογής του αλγορίθμου τα οποία κλήθηκαν να αξιολογήσουν:

«Φανταστείτε ότι σχεδιάζετε ένα εκπαιδευτικό σενάριο για το επιστημονικό πεδίο (subject domain) της Χημείας (**chemistry**), για την δευτεροβάθμια εκπαίδευση (ηλικίες 12-15 ετών) (grade level: **lower secondary education**) με βασικό εκπαιδευτικό στόχο (educational objectives) “οι μαθητές να πραγματοποιήσουν πειράματα με χημικά διαλύματα” (**carrying out tests with chemical solutions**) και για το οποίο έχετε επιλέξει την εκπαιδευτική προσέγγιση (teaching approach) της “ανακαλυπτικής μάθησης” (**inquiry based learning**).

Στο πλαίσιο αυτού του σεναρίου επιθυμείτε να αξιοποιήσετε ένα remote/virtual lab το οποίο θέλετε να επιλέξετε από μια βιβλιοθήκη remote/virtual labs. Τα remote/virtual labs της εν λόγω βιβλιοθήκης έχουν χαρακτηριστεί με μεταδεδομένα με βάση τις παραπάνω 4 κατηγορίες. Όσον αφορά στην αναζήτηση, οι κατηγορίες αυτές (subject domain, grade level, educational objectives, teaching approach) έχουν συντελεστές βαρύτητας ( $w_1$ ,  $w_2$ ,  $w_3$  και  $w_4$  αντίστοιχα) οι οποίοι μεταβάλλονται όπως περιγράφεται πιο κάτω. Για κάθε μεταβολή των συντελεστών βαρύτητας ο αλγόριθμός της διαδικτυακής βιβλιοθήκης επιστρέφει διαφορετικά αποτελέσματα ταξινόμησης της σχετικότητας των remote/virtual labs προς επιλογή, όπως παρουσιάζεται πιο κάτω. Για κάθε περίπτωση παρακαλείσθε να αξιολογήσετε την ταξινόμηση αυτή επιβεβαιώνοντας την σειρά των αποτελεσμάτων ή προτείνοντας τη δική σας σειρά. Σημειώνεται ότι κάθε remote/virtual lab της λίστας των αποτελεσμάτων είναι ενεργό link στην διαδικτυακή βιβλιοθήκη για επισκόπηση.»



Περίπτωση α' : Βαρύτητες **W1=0.5** - "**chemistry**", **W2=0.2**, **W3=0.2**, **W4=0.1**

Εργαστήριο	Σχετικότητα
<a href="#">Balancing Chemical Equations</a>	30.2%
<a href="#">Salts &amp; Solubility</a>	27.9%
<a href="#">Methyl Orange</a>	24.1%
<a href="#">pH Scale</a>	17.8%

Συμφωνείτε με την παραπάνω κατάταξη ;

Ναι

Όχι

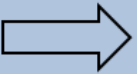
Αν όχι, προτείνετε τη δική σας σειρά:

Balancing Chemical Equations

Salts & Solubility

Methyl Orange

pH Scale



Περίπτωση β' : Βαρύτητες **W1=0.2** , **W2=0.5** - "**lower secondary education**", **W3=0.2**, **W4=0.1**

Εργαστήριο	Σχετικότητα
<a href="#">Salts &amp; Solubility</a>	31.0%
<a href="#">Balancing Chemical Equations</a>	24.6%
<a href="#">Methyl Orange</a>	23.8%
<a href="#">pH Scale</a>	20.6%

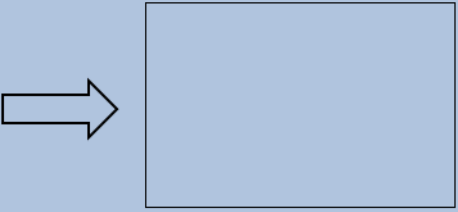
Συμφωνείτε με την παραπάνω κατάταξη ;

Ναι

Όχι

Αν όχι, προτείνετε τη δική σας σειρά:

Salts & Solubility
Balancing Chemical Equations
Methyl Orange
pH Scale



Περίπτωση γ' : Βαρύτητες  $W1=0.2$  ,  $W2=0.1$  ,  $W3=0.2$  ,  $W4=0.5$  - **"inquiry based learning"**

Εργαστήριο	Σχετικότητα
<a href="#">Salts &amp; Solubility</a>	29.5%
<a href="#">Methyl Orange</a>	27.5%
<a href="#">Balancing Chemical Equations</a>	24.2%
<a href="#">pH Scale</a>	18.8%

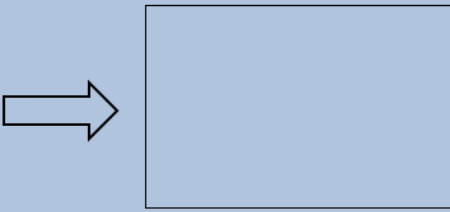
Συμφωνείτε με την παραπάνω κατάταξη ;

Ναι

Όχι

Αν όχι, προτείνετε τη δική σας σειρά:

Salts & Solubility
Methyl Orange
Balancing Chemical Equations
pH Scale



«Φανταστείτε επίσης ότι σχεδιάζετε ένα άλλο εκπαιδευτικό σενάριο για το επιστημονικό πεδίο (subject domain) της Φυσικής και συγκεκριμένα για την ενότητα της Κίνησης (**physics motion**), για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση (grade level: **primary education**) με βασικούς εκπαιδευτικούς στόχους (educational objectives) "να μάθουν οι μαθητές για τις δυνάμεις και την ισορροπία" (**learn about**

**forces and balance**) και για το οποίο έχετε επιλέξει την εκπαιδευτική προσέγγιση (teaching approach) της “μάθησης βασισμένης στην επίλυση προβλήματος” (**problem based learning**). Σχετικά με την αναζήτηση και τους συντελεστές βαρύτητας, ισχύει ό,τι και προηγουμένως. Καλείστε, λοιπόν, για δεύτερη φορά να επιβεβαιώσετε την επιστρεφόμενη κατάταξη των εργαστηρίων ή να προτείνετε τη δική σας, για τις αντίστοιχες μεταβολές στους συντελεστές βαρύτητας.»

Περίπτωση α' : Βαρύτητες **W1=0.5** - “**physics motion**”, **W2=0.2**, **W3=0.2**, **W4=0.1**

Εργαστήριο	Σχετικότητα
<a href="#">Forces and Motion: Basics</a>	32.3%
<a href="#">Balancing Act</a>	24.0%
<a href="#">Gravity and Orbits</a>	22.9%
<a href="#">Gravity Force Lab</a>	20.8%

Συμφωνείτε με την παραπάνω κατάταξη ;

Ναι

Όχι

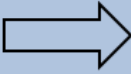
Αν όχι, προτείνετε τη δική σας σειρά:

[Forces and Motion: Basics](#)

[Balancing Act](#)

[Gravity and Orbits](#)

[Gravity Force Lab](#)



Περίπτωση β' : Βαρύτητες **W1=0.2** , **W2=0.5** - “**primary education**”, **W3=0.2**, **W4=0.1**

Εργαστήριο	Σχετικότητα
<a href="#">Balancing Act</a>	28.3%
<a href="#">Gravity and Orbits</a>	24.9%
<a href="#">Gravity Force Lab</a>	24.0%

<a href="#">Forces and Motion: Basics</a>	22.8%
---	-------

Συμφωνείτε με την παραπάνω κατάταξη ;

Ναι

Όχι


Αν όχι, προτείνετε τη δική σας σειρά:

Balancing Act

Gravity and Orbits

Gravity Force Lab

Forces and Motion: Basics



Περίπτωση γ' : Βαρύτητες  $W1=0.2$  ,  $W2=0.1$  ,  $W3=0.2$  ,  $W4=0.5$  – “**problem based learning**”

Εργαστήριο	Σχετικότητα
<a href="#">Gravity and Orbits</a>	30.0%
<a href="#">Forces and Motion: Basics</a>	28.8%
<a href="#">Balancing Act</a>	23.3%
<a href="#">Gravity Force Lab</a>	17.9%

Συμφωνείτε με την παραπάνω κατάταξη ;

Ναι

Όχι


Αν όχι, προτείνετε τη δική σας σειρά:

Gravity and Orbits

Forces and Motion: Basics

Balancing Act

Gravity Force Lab



## Βιβλιογραφικές Αναφορές

Adomavicius, G. & Kwon, Y. (2007). *New recommendation techniques for multicriteria rating systems*, IEEE Intelligent Systems, 22 (3), 48–55.

Adomavicius, G. & Tuzhilin, A. (2005). *Toward the next generation of recommender systems: A survey of the state-of-the-art and possible extensions*, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering 17 (6), 734–749.

Arons, A., *A Guide to Introductory Physics Teaching*. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1990.

Bakia, M., Anderson, K., Heying, E., Keating, K. & Mislevy, J. (2011). *Implementing Online Learning Labs in Schools and Districts: Lessons From Miami-Dade's First Year*. Menlo Park, CA: SRI International.

Balamuralithara, B., & Woods, P. C. (2009). *Virtual laboratories in engineering education: The simulation lab and remote lab*. Computer Applications in Engineering Education, 17, 108-118. doi: 10.1002/cae.20186

Bybee, R. (2000). *Teaching science as inquiry*, In J. Minstrel, & E. H. Van Zee (eds.). *Inquiring into inquiry learning and teaching in science*, pp. 20-46. Washington DC: American Association for the Advancement of Science (AAAS).

de Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). *Physical and virtual laboratories in science and engineering education*. *Science*, 340, 305-308. doi: 10.1126/science.1230579

De la Torre, L., Heradio, R., Vargas, H., Sanchez, J. & Dormido, S. (2011). *A Framework for Implementing Virtual and Remote Laboratories in Scientific Course*. World Congress in Computer Science Computer Engineering and Applied Computing, Las Vegas, USA.

de Wit J. (2008). *Evaluating Recommender Systems: An evaluation framework to predict user satisfaction for recommender systems in an electronic programme guide context*. TNO Information and Communication Technology, Delft.

Feisel, L. D., & Rosa, A. J. (2005). *The role of the laboratory in undergraduate engineering education*. *Journal of Engineering Education*, 94, 121-130.

GOLC (2010). Global Online Laboratory Consortium. [ONLINE] Available at: <http://online-lab.org/> [Last Accessed 20 January 13]

Gratch, J., Kelly, J. & Bradley, C. (2007). "Science simulations: What do they contribute to student learning?", in Society for Information Technology and Teacher Education International Conference, (Chesapeake, USA), pp. 3422–3425 Chesapeake, USA

Grube, P.P., Boehringer, D., Richter, T., Spiecker, C., Natho, N., Maier, C. & Zutin, D. (2001). *A Metadata Model for Online Laboratories*, in: *IEEE EDUCON Education Engineering 2011 – Learning Environments and Ecosystems in Engineering Education*, April 4-6, 2011.

Gustavsson, I., Zackrisson, J., Hakansson, L., Claesson, I. & Lago T. (2007). "The VISIR project - an Open Source Software for Distributed Online Laboratories", Proc. of Annual Int. Conf. on Remote Engineering and Virtual Instrumentation

Harward, V.J., del Alamo, J.A., Lerman, S.R., Bailey, P.H., Carpenter, J., DeLong, K., Felkner, C., Hardison, J., Harrison, B., Jabbour, I., Long, P.D., Tingting Mao, Naamani, L., Northridge, J., Schulz, M., Talavera, D., Varadharajan, C., Shaomin Wang, Yehia, K., Zbib, R. & Zych, D. (2008) "The iLab Shared Architecture: A Web Services Infrastructure to Build Communities of Internet Accessible Laboratories," *Proceedings of the IEEE* , vol.96, no.6, pp.931-950

Herlocker, J.L., Konstan, J. A., Terveen, L. G. & Riedl J. (2004). *Evaluating collaborative filtering recommender systems*. *ACM Trans. Inf. Syst.* 22(1), 5-53.

Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). *The laboratory in science education: Foundation for the 21st century*. Science Education, 88, 28-54.

Manouselis N., Drachsler H., Vuorikari R., Hummel H. and Koper R.. *Recommender systems in Technology Enhanced Learning*. In Rokach L. Shapira B. Kantor P., Ricci F., editor, *Recommender Systems Handbook: A Complete Guide for Research Scientists & Practitioners*, pages 387–415. Springer, 2010.

Khachadorian, S., Scheel, H., Thomsen, C., Vries, P. (2010) "*Deployment of remote experiments: The OnPReX course at the TU Berlin*," Education Engineering (EDUCON), 2010 IEEE , vol., no., pp.1065-1070, 14-16 April 2010.

Lowe, D., Murray, S., Weber, L. & Villefromoy, M. (2009). "*LabShare: Towards a National Approach to Laboratory Sharing*" Proc. of 20th Australasian Association for Engineering Education Conference 2009.

Kozma, R. (1994). "*Will media influence learning? reframing the debate.*" Education Technology Research and Development, vol. 42, no. 2, pp. 7–19

McGreal, R. (2004). *Online Education Using Learning Objects*. London: Routledge Falmer.

Mclaughlin M. R. & Herlocker, J. A. (2004). *A collaborative filtering algorithm and evaluation metric that accurately model the user experience*, SIGIR '04: Proceedings of the 27th annual international conference on Research and development in information retrieval (New York, NY, USA), ACM Press, 329–336.

Richter, T., Tetour Y., Boehringer D. (2011). *Library of Labs. A European Project on the Dissemination of Remote Experiments and Virtual Laboratories*. SEFI Annual Conference 2011, Lisbon, 28-30 September 2011.

Salton, G. (1989). *Automatic text processing – the transformation, analysis, and retrieval of information by computer*, Addison–Wesley.

Salton, G. & Buckley, C. (1987). *Term weighting approaches in automatic text retrieval*, Tech. report, Ithaca, NY.

Salzmann, C. & Gillet, D. (2007). “*Challenges in remote laboratory sustainability*”, in International Conference on Engineering Education., Coimbra, Portugal.

San Cristobal E., Martin S., Gil R., Orduna P., Tawfik M., Pesquera A., Diaz G., Colmenar A., Zubia J. G., Castro M.: *State of Art, Initiatives and New Challenges for Virtual and Remote Labs*. ICALT 2012: 714-715

Tao, P., and Gunstone, R. (1999). *The process of conceptual change in force and motion during computer-supported physics instruction*, Journal of Research in Science Teaching, 36(7): 859-882.

van Setten, M. (2005). *Supporting people in finding information*, Ph. D. thesis, Universiteit Twente.

Vosniadou, S. (1994). *Capturing and modelling the process of conceptual change*. Learning and Instruction 4, 45-69.

Wieggers, Karl E. (2003). *Software Requirements* (2nd ed.). Redmond: Microsoft Press.

Ziegler, C., Mcnee, S. M., Konstan, J. A.& Lausen, G. (2005). *Improving recommendation lists through topic diversification*, WWW '05: Proceedings of the 14th international conference on World Wide Web (New York, NY, USA), ACM Press, 22–32.

Zutin, D. G., Auer, M.E. , Maier, C. & Niederstatter, M. (2010). “*Lab2go — A repository to locate educational online laboratories*”, Education Engineering (EDUCON), 2010 IEEE , vol.,no.,pp.1741-1746,14-16

Ευαγγέλλου, Φ., & Κώτσης, Κ. (2009). *Γνωρίσματα ερευνών της Διεθνούς Βιβλιογραφίας σχετικά με τα μαθησιακά αποτελέσματα από τη σύγκριση εικονικών και πραγματικών πειραμάτων στη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής*. Πρακτικά 6ου συνεδρίου διδακτικής των φυσικών επιστημών και νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση, Φλώρινα.



Καλκάνης, Γ. Θ. (2003). *Το ιστορικό(;) μέλλον των ερευνητικών και εκπαιδευτικών πειραμάτων*. Στο Κ. Σκορδούλης & Λ. Χαλκιά (Επ.), Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου: «Η συμβολή της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στη Διδασκαλία των Φ.Ε.» (σ. 99-108). Αθήνα: Π.Τ.Δ.Ε.

Κόκκοτας, Παναγιώτης Β. *Διδακτική των φυσικών επιστημών : Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών: Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης /Παναγιώτης Β. Κόκκοτας. - Αθήνα : Γρηγόρη, 2008.*

Κώτσης Θ. Κ. & Ευαγγέλου Β. Φ. (2010). *Μαθησιακά αποτελέσματα μετά από την εκτέλεση πραγματικών και εικονικών πειραμάτων Φυσικής σε μαθητές Πέμπτης και Έκτης Δημοτικού σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος. Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση, 3(3), 141-158.*

Ταραμόπουλος, Α., Ψύλλος, Δ., & Χατζηκρανιώτης, Ε. (2010). *Διδασκαλία ηλεκτρικών κυκλωμάτων με το εικονικό εργαστήριο και τα applets του Ανοικτού Μαθησιακού Περιβάλλοντος (ΑΜΑΠ)*. Στο Α.Τζιμογιάννης (Επ.), Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή "Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση" (τ. ΙΙ, 355 – 363).

Χαλκιά, Κ. (2000). *Το πείραμα στο μάθημα της Φυσικής: Σχολιασμός και Επιστημάνσεις για το ρόλο και τη σημασία του*. Εκπαιδευτικές προσεγγίσεις για τις Φυσικές Επιστήμες, 6, 12-18.