

# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων

## Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

*Χαρακτηρισμός Εικονικών και Απομακρυσμένων  
Εργαστηρίων με Εκπαιδευτικά Μεταδεδομένα*

Αυθεντοπούλου Αναστασία-Ευαγγελία

A.M. 13005

Επιβλέπων: Δημήτριος Γ. Σάμψων, Καθηγητής

*Πειραιάς, Ιούνιος 2015*

## Περίληψη

Τα εικονικά και απομακρυσμένα εργαστήρια καθώς και τα εργαλεία ανάλυσης αυτών (EAE) συμβάλλουν καταλυτικά στην ενίσχυση της προώθησης της εκπαίδευσης των Φυσικών Επιστημών, της Τεχνολογίας, της Επιστήμης των Μηχανικών και των Μαθηματικών (Science, Technology, Engineering & Mathematics). Συγκεκριμένα, επιτρέποντας τη διεξαγωγή πειραμάτων έξω από τα όρια της τάξης, χωρίς χρονικούς ή γεωγραφικούς περιορισμούς, παρέχουν τη δυνατότητα στον εκπαιδευόμενο να εξασκηθεί τόσο σε προσομοιωμένα όσο και σε πραγματικά πειραματικά περιβάλλοντα. Η συνεισφορά στην πρακτική εξάσκηση, η οποία είναι καθοριστική για τους παραπάνω εκπαιδευτικούς τομείς, σε συνδυασμό με την καλλιέργεια της ανακαλυπτικής και της αυτόνομης μάθησης τοποθετούν τα EAE στο επίκεντρο της εκπαιδευτικής διαδικασίας.

Η αξιοποίηση, όμως, των εκπαιδευτικών εμπειριών που παρέχονται από τα EAE συναντά σημαντικές δυσκολίες. Καθώς αυτά βρίσκονται διασκορπισμένα στον Παγκόσμιο Ιστό χωρίς μια κοινή μέθοδο περιγραφής των εκπαιδευτικών τους μεταδεδομένων, η αναζήτηση και ο εντοπισμός των EAE από τους εκπαιδευτικούς βάσει συγκεκριμένων κριτηρίων με σκοπό την ενσωμάτωσή τους στις εκπαιδευτικές τους δραστηριότητες δυσχεραίνεται σημαντικά. Αναγνωρίζοντας την αυξανόμενη ανάγκη για μια ενιαία μέθοδο περιγραφής, συγκέντρωσης και παρουσίασης των EAE, σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η συγκέντρωση 185 εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων και ο πλήρης χαρακτηρισμός τους με μεταδεδομένα ώστε να υποστηριχτεί η επιλογή τους από εκπαιδευτικούς για χρήση σε εκπαιδευτικές δραστηριότητες αλλά και για τη μελλοντική αποθήκευσή τους σε αποθετήρια εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων.

Προς αυτήν την κατεύθυνση θα παρουσιαστούν στην παρούσα εργασία οι ορισμοί που απαντώνται στη διεθνή βιβλιογραφία για το εικονικό και απομακρυσμένο εργαστήριο, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και οι διαστάσεις τους. Επιπλέον, θα τονιστεί η επιτακτική ανάγκη ανεύρεσης των EAE στον Παγκόσμιο Ιστό. Στη συνέχεια θα πραγματοποιηθεί ανασκόπηση των υπαρχόντων μοντέλων μεταδεδομένων και θα παρουσιαστεί αναλυτικά το επιλεγθέν μοντέλο βάσει του οποίου χαρακτηρίζονται τα εργαστήρια της παρούσας εργασίας. Θα γίνει αναφορά στα χαρακτηριστικά και τον τρόπο επιλογής του δείγματος και θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα των αναλύσεων του περιεχομένου της πληροφορίας που πραγματοποιήθηκαν στα στοιχεία του μοντέλου. Τέλος, θα συζητηθούν τα συμπεράσματα

στα οποία καταλήγει η μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, ενώ θα προταθούν και μελλοντικές κατευθύνσεις.

Η συμβολή της διπλωματικής εργασίας έγκειται στην ενίσχυση της προσπάθειας του εκπαιδευτικού για εντοπισμό του κατάλληλου ΕΑΕ για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, της Τεχνολογίας, της Επιστήμης των Μηχανικών και των Μαθηματικών (STEM). Μέσα από την παραγόμενη λίστα των 185 πλήρως χαρακτηρισμένων με μεταδεδομένα εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων, επιδιώκεται να διευκολυνθεί η διαδικασία αναζήτησης, η οποία με τη σειρά της θα επιτρέψει την επαναχρησιμοποίηση των διαθέσιμων ηλεκτρονικά ΕΑΕ.

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων μας παρείχαν σημαντικές πληροφορίες για το δείγμα της εργασίας. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε κυριαρχία των εικονικών εργαστηρίων έναντι των δύο άλλων μορφών εργαστηρίων. Το αποτέλεσμα αυτό προκύπτει από την εύκολη υλοποίηση των εικονικών εργαστηρίων σε αντίθεση με τα απομακρυσμένα εργαστήρια τα οποία απαιτούν εξειδικευμένο εξοπλισμό, περιορισμός ο οποίος τα καθιστά περισσότερο δαπανηρά και επομένως αυτό δικαιολογεί τον μικρό αριθμό τους. Επιπρόσθετα, η μεγάλη ποικιλία στις μεταφραζόμενες γλώσσες που τα εργαστήρια προσφέρονται μαρτυρούν το παγκόσμιο ενδιαφέρον για τα ΕΑΕ. Ακόμη, σημαντικά είναι τα ευρήματα που σχετίζονται με τον θεματικό τομέα και τις ηλικιακές ομάδες, καταδεικνύοντας πως η συντριπτική πλειοψηφία των εργαστηρίων ανήκει στον τομέα των Φυσικών Επιστημών και ανταποκρίνεται στις ανάγκες μαθητών της δευτεροβάθμιας κυρίως εκπαίδευσης.

Τέλος, οι προτεινόμενες μελλοντικές κατευθύνσεις επικεντρώνονται στην πρακτική αξιοποίηση του δείγματος των ΕΑΕ που συγκεντρώθηκε στην παρούσα εργασία μέσα από τη δημιουργία ενός διαδικτυακού αποθετηρίου. Επίσης, η ανάλυση του περιεχομένου των υπόλοιπων στοιχείων μεταδεδομένων του μοντέλου πέραν των εκπαιδευτικών που μελετήθηκαν, αποτελεί μία επιπλέον ερευνητική πρόταση.

## Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια της ολοκλήρωσης των σπουδών μου στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών “Διδακτική της Τεχνολογίας και Ψηφιακά Συστήματα”, με κατεύθυνση “Ηλεκτρονική Μάθηση” του Τμήματος των Ψηφιακών Συστημάτων, του Πανεπιστημίου Πειραιώς. Η εκπόνηση της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας διήρκησε από τον Οκτώβριο του 2014 έως τον Ιούνιο του 2015.

Για την περάτωση της παρούσας εργασίας ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα Καθηγητή του Πανεπιστημίου Πειραιώς, κ. Δημήτριο Γ. Σάμψων, που στήριξε την προσπάθειά μου με την επιστημονική του κατάρτιση, καθώς και για την εμπιστοσύνη με την οποία με περιέβαλε. Επίσης, ευχαριστώ θερμά τον διδάκτορα του Πανεπιστημίου Πειραιώς, κ. Παναγιώτη Ζέρβα και τον υποψήφιο διδάκτορα του Πανεπιστημίου Πειραιώς, κ. Στέλιο Σέργη, για τη συνεχή επιστημονική τους καθοδήγηση, καθώς και όλους του καθηγητές του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών της κατεύθυνσης “Ηλεκτρονικής Μάθησης” για τη συμβολή τους στην πολύπλευρή μου κατάρτιση.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά την οικογένεια και τα φιλικά μου πρόσωπα για τη διαρκή συμπαράσταση και ενθάρρυνση που μου παρείχαν κατά τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

## Περιεχόμενα

Περίληψη.....	i
Ευχαριστίες.....	iii
Ευρετήριο Σχημάτων.....	vi
Ευρετήριο Πινάκων.....	vi
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup> : ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Ορισμός Προβλήματος.....	1
1.2 Δομή Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας.....	2
1.3 Συνεισφορά Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας.....	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup> : ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΚΑΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ: ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΠΕΔΙΟΥ.....	4
2.1 Εισαγωγή.....	4
2.2 Εικονικό Εργαστήριο (Virtual laboratory).....	5
2.2.1 Ορισμοί.....	5
2.2.2 Ιδιαίτερα Χαρακτηριστικά και Διαστάσεις.....	7
2.3 Απομακρυσμένο Εργαστήριο (Remote laboratory).....	9
2.3.1 Ορισμοί.....	9
2.3.2 Ιδιαίτερα Χαρακτηριστικά και Διαστάσεις.....	11
2.4 Εργαλείο Ανάλυσης (Data set).....	12
2.5 Ανάγκη Ανεύρεσης στον Παγκόσμιο Ιστό.....	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 <sup>ο</sup> : ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΜΕΤΑΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟ ΕΙΚΟΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ.....	17
3.1 Εισαγωγή.....	17
3.2 Επισκόπηση Υπαρχόντων Μοντέλων Μεταδεδομένων.....	17
3.2 Επιλογή Κατάλληλου Μοντέλου Μεταδεδομένων και Αναλυτική Παρουσίαση.....	20
3.2.1 Λόγοι Επιλογής Μοντέλου Μεταδεδομένων.....	20
3.2.2 Αναλυτική Περιγραφή του Μοντέλου Μεταδεδομένων.....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 <sup>ο</sup> : ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΩΝ ΕΙΚΟΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ.....	27
4.1 Εισαγωγή.....	27
4.2 Επιλογή Δείγματος.....	27
4.3 Παρουσίαση Διαδικασίας Χαρακτηρισμού.....	29
4.4 Ανάλυση Μεταδεδομένων Επιλεγμένων Εικονικών και Απομακρυσμένων Εργαστηρίων.....	38
4.4.1 Ανάλυση του στοιχείου "Lab type".....	39

4.4.2	Ανάλυση του στοιχείου "Language"	41
4.4.3	Ανάλυση του στοιχείου "Big idea"	43
4.4.4	Ανάλυση του στοιχείου "Subject domain"	45
4.4.5	Ανάλυση του στοιχείου "Age range"	48
4.4.6	Ανάλυση του στοιχείου "Engaging in Scientific Reasoning"	50
4.4.7	Ανάλυση του στοιχείου "Level of Difficulty"	52
4.4.8	Ανάλυση του στοιχείου "Level of Interaction"	53
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 <sup>ο</sup> : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ		55
5.1	Εισαγωγή	55
5.2	Συμπεράσματα	55
5.3	Μελλοντικές Κατευθύνσεις	58
Βιβλιογραφία		59
Παράρτημα Α: Μεγάλες Ιδέες της Επιστήμης		69
Παράρτημα Β: Βασικοί Όροι του Λεξιλογίου του Προγράμματος Σπουδών του STEM		69
Παράρτημα Γ: Ταξινόμια Εκπαιδευτικών Στόχων κατά Bloom		70
Παράρτημα Δ: Τεχνολογικές Ικανότητες Εκπαιδευτικών		71

## Ευρετήριο Σχημάτων

Σχήμα 1: Γράφημα αριθμού εμφάνισης τιμών για το στοιχείο "Lab type" .....	40
Σχήμα 2: Γράφημα αριθμού εμφάνισης τιμών για το στοιχείο "Language" .....	42
Σχήμα 3: Γράφημα αριθμού εμφάνισης τιμών για το στοιχείο "Big idea" .....	44
Σχήμα 4: Γράφημα αριθμού εμφάνισης τιμών για το στοιχείο "Subject domain" .....	46
Σχήμα 5: Γράφημα αριθμού εμφάνισης τιμών για το στοιχείο "Science" .....	47
Σχήμα 6: Γράφημα αριθμού εμφάνισης τιμών για το στοιχείο "Age range" .....	49
Σχήμα 7: Γράφημα αριθμού εμφάνισης τιμών για το στοιχείο "Engaging in Scientific Reasoning" .....	51
Σχήμα 8: Γράφημα αριθμού εμφάνισης τιμών για το στοιχείο "Level of Difficulty" .....	52
Σχήμα 9: Γράφημα αριθμού εμφάνισης τιμών για το στοιχείο "Level of Interaction" .....	54

## Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1: Ορισμοί Εικονικού Εργαστηρίου (Virtual Laboratory).....	5
Πίνακας 2: Ορισμοί Απομακρυσμένου Εργαστηρίου (Remote Laboratory).....	9
Πίνακας 3: Δομή και Λεξιλόγιο Επιλεγόμενου Μοντέλου Μεταδεδομένων.....	21
Πίνακας 4: Κατηγορίες της δομής της μεθοδολογίας .....	25
Πίνακας 5: Παράδειγμα χαρακτηρισμένου εικονικού εργαστηρίου .....	29
Πίνακας 6: Παράδειγμα χαρακτηρισμένου απομακρυσμένου εργαστηρίου .....	32
Πίνακας 7: Παράδειγμα χαρακτηρισμένου εργαλείου ανάλυσης .....	35
Πίνακας 8: Heat map της μετρικής της εντροπίας για το στοιχείο "Lab type" .....	39
Πίνακας 9: Heat map της μετρικής της εντροπίας για το στοιχείο "Language" .....	41
Πίνακας 10: Heat map της μετρικής της εντροπίας για το στοιχείο "Big idea" .....	43
Πίνακας 11: Heat map της μετρικής της εντροπίας για το στοιχείο "Subject domain" .....	45
Πίνακας 12: Heat map της μετρικής της εντροπίας για το στοιχείο "Science" .....	47
Πίνακας 13: Heat map της μετρικής της εντροπίας για το στοιχείο "Age range" .....	48
Πίνακας 14: Heat map της μετρικής της εντροπίας για το στοιχείο "Engaging in Scientific Reasoning" .....	50
Πίνακας 15: Heat map της μετρικής της εντροπίας για το στοιχείο "Level of Difficulty" .....	52
Πίνακας 16: Heat map της μετρικής της εντροπίας για το στοιχείο "Level of Interaction" .....	53

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Ορισμός Προβλήματος

Τα εικονικά και απομακρυσμένα εργαστήρια επιτρέπουν την απομακρυσμένη πρόσβαση σε πειραματικές διαδικασίες, χωρίς χρονικούς και γεωγραφικούς περιορισμούς. Τα πλεονεκτήματα που τα εργαστήρια αυτά προσφέρουν στον εκπαιδευόμενο αλλά και γενικότερα στην εκπαιδευτική κοινότητα των Φυσικών Επιστημών, της Τεχνολογίας, της Επιστήμης των Μηχανικών και των Μαθηματικών (STEM) είναι πολλά. Συγκεκριμένα, ενθαρρύνουν την αυτονομία στη μαθησιακή διαδικασία (Gomes & Bogosyan, 2009), ενώ παρέχουν υψηλής ποιότητας μαθησιακές εμπειρίες (Colwell et al., 2002). Επιπρόσθετα, τα ΕΑΕ μπορούν να ενισχύσουν σημαντικά το ενδιαφέρον των εκπαιδευόμενων αλλά και να συμβάλλουν στην καλλιέργεια των δεξιοτήτων έρευνας (De Jong, 2010; Jaakkola et al., 2011).

Παρά τα θετικά ευρήματα της συνεισφοράς των ΕΑΕ στη μαθησιακή διαδικασία, ο εντοπισμός και η επαναχρησιμοποίησή τους από τα μέλη της εκπαιδευτικής κοινότητας χαρακτηρίζονται από σημαντικές δυσκολίες. Συγκεκριμένα, η προώθηση των εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων στο διαδικτυακό τόπο πραγματοποιείται από τον κάθε δημιουργό ατομικά (Zervas et al., 2014), γεγονός που δυσχεραίνει τον εντοπισμό τους. Το πρόβλημα αυτό ενισχύεται από την απουσία ενός κοινού εκπαιδευτικού τρόπου συγκέντρωσης και οργάνωσης αυτών (Zervas et al., 2014).

Προς αυτήν την κατεύθυνση έχει δημιουργηθεί τα τελευταία χρόνια ένας μεγάλος αριθμός ηλεκτρονικών αποθετηρίων, τα οποία μέσω συγκεκριμένων μοντέλων μεταδεδομένων επιτρέπουν την εύκολη πρόσβαση σε μεγάλο αριθμό εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων (Maier & Niederstätter, 2010; Richter et al., 2011; Zervas et al., 2014). Αναγνωρίζοντας την αυξανόμενη ανάγκη για μία ενιαία μέθοδο περιγραφής, συγκέντρωσης και παρουσίασης των ΕΑΕ (Li et al., 2007), σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η δημιουργία μίας λίστας αποτελούμενης από 185 εικονικά και απομακρυσμένα εργαστήρια και εργαλεία ανάλυσης πλήρως χαρακτηρισμένα με μεταδεδομένα.



## 1.2 Δομή Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας

Η εργασία οργανώνεται στα ακόλουθα κεφάλαια:

- **Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>:** Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται η εισαγωγή στο θέμα της διπλωματικής εργασίας μέσα από τον ορισμό του προβλήματος που εντοπίζεται. Επιπλέον, παρουσιάζεται η δομή της εργασίας και η συνεισφορά της στον επιστημονικό τομέα.
- **Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>:** Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι ορισμοί που απαντώνται στη διεθνή βιβλιογραφία για το εικονικό και απομακρυσμένο εργαστήριο, ενώ περιγράφονται τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και οι διαστάσεις αυτών. Ακόμη, παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του εργαλείου ανάλυσης. Τέλος, επισημαίνεται η ανάγκη ανεύρεσης των ΕΑΕ στον Παγκόσμιο Ιστό.
- **Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>:** Στο τρίτο κεφάλαιο πραγματοποιείται ανασκόπηση των υπάρχοντων μοντέλων μεταδεδομένων και αναλυτική παρουσίαση του επιλεγθέντος μοντέλου μεταδεδομένων.
- **Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>:** Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην επιλογή του δείγματος και παρουσιάζονται οι αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στα στοιχεία μεταδεδομένων των εργαστηρίων.
- **Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>:** Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη μελέτη και προτείνονται μελλοντικές κατευθύνσεις.

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

Η συνεισφορά της διπλωματικής εργασίας συνίσταται στη συγκέντρωση, την οργάνωση και τον πλήρη χαρακτηρισμό με μεταδεδομένα, 185 εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων. Η παραγόμενη λίστα των 185 πλήρως χαρακτηρισμένων με μεταδεδομένα εργαστηρίων, φιλοδοξεί να διευκολύνει τον εκπαιδευτικό στην επιλογή του κατάλληλου ΕΑΕ, βάσει των κριτηρίων που αυτός επιθυμεί, για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, της Τεχνολογίας, της Επιστήμης των Μηχανικών και των Μαθηματικών (STEM).

Παράλληλα, η συνεισφορά της μεταπτυχιακής εργασίας μέσα από τη λίστα των χαρακτηρισμένων με μεταδεδομένα εργαστηρίων, εντοπίζεται στη συμβολή της στη διεθνή προσπάθεια για ενίσχυση του εντοπισμού και της επαναχρησιμοποίησης των διαθέσιμων ηλεκτρονικά ΕΑΕ.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>: ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΚΑΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ: ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΠΕΔΙΟΥ

### 2.1 Εισαγωγή

Στην εκπαιδευτική διαδικασία, οι κλάδοι των Φυσικών Επιστημών, της Τεχνολογίας και της Επιστήμης των Μηχανικών θεωρούνται από τη φύση τους ως τομείς πειραματισμού (Grasso & Burkins, 2010). Τόσο στα παλαιότερα αναλυτικά προγράμματα σπουδών, ειδικότερα της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, όσο και στα σημερινά, η πρακτική εξάσκηση στον πειραματισμό αποτελούσε και αποτελεί προεξέχον και καταλυτικό στοιχείο των εκπαιδευτικών αυτών τομέων (Barros, Read, & Verdejo, 2008; Corter et al., 2007).

Οι δραστηριότητες πειραματισμού παρέχουν μία ισχυρή σύνδεση μεταξύ της θεωρίας και των πραγματικών γεγονότων, η οποία προέρχεται από την παρατήρηση των εννοιών και των αρχών στη δράση τους (Corter et al., 2011; Feisel & Peterson, 2002; Restivo, 2011). Επιπρόσθετα, όπως ο Colwell και οι συνεργάτες του (2002) υποστηρίζουν *«ο ρόλος της πρακτικής εργασίας στην εκμάθηση βασικών αρχών στις Φυσικές Επιστήμες προέρχεται από τη σπουδαιότητα που αυτή κατέχει εισάγοντας τους μαθητές στον κόσμο των επιστημόνων και των μηχανολόγων στην πράξη»*, ενώ η Nersessian (1991) τονίζει πως *«η θέση της πρακτικής εμπειρίας βρίσκεται στο επίκεντρο της εκπαίδευσης των Φυσικών Επιστημών»*.

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, οι Νέες Τεχνολογίες έχουν επηρεάσει καταλυτικά το πεδίο της εργαστηριακής εκπαίδευσης στους τομείς των Φυσικών Επιστημών και της Επιστήμης των Μηχανικών (Scanlon et al., 2002). Η ραγδαία εξάπλωση του διαδικτύου διαμόρφωσε την ανάγκη νέων σύγχρονων εκπαιδευτικών περιβαλλόντων, όπως την εξ αποστάσεως και ηλεκτρονική μάθηση (Li et al., 2007). Μέσα σε καινούρια εκπαιδευτικά πλαίσια, δημιουργήθηκαν δύο νέοι τύποι εργαστηρίου τεχνολογικά υποστηριζόμενοι ως εναλλακτικοί των παραδοσιακών εργαστηρίων (Ma & Nickerson, 2006; Nedic, Machotka, & Nafalski, 2003), τα εικονικά εργαστήρια (virtual labs) και τα απομακρυσμένα εργαστήρια (remote labs), ενώ παράλληλα, δημιουργήθηκαν και εργαλεία ανάλυσης (data sets) για τα περιβάλλοντα αυτά.

Για την παραδοσιακή μορφή εργαστηρίου και τους δύο παραπάνω τύπους εξ αποστάσεως πειραματισμού (distance experimentation) εντοπίζονται τρία βασικά κριτήρια ταξινόμησης που προσδιορίζουν τη φύση και τα χαρακτηριστικά της πειραματικής διαδικασίας που το κάθε εργαστήριο διαθέτει (Gomes & Bogosyan, 2009). Το πρώτο κριτήριο αφορά τον τύπο αλληλεπίδρασης του εκπαιδευόμενου με το πείραμα, που μπορεί να πραγματοποιηθεί κατευθείαν με τη χρήση του εξοπλισμού, όπως πραγματοποιείται στο παραδοσιακό εργαστήριο ή με έμμεσο τρόπο, με τη χρήση ενός λογισμικού, όπως στο εικονικό και στο απομακρυσμένο εργαστήριο. Το δεύτερο κριτήριο αποτελεί το είδος του πειράματος από τη φύση του όπως αυτό καθορίζεται από τη χρήση πραγματικών μηχανημάτων (κλασικά και απομακρυσμένα εργαστήρια) ή προσομοιωμένων μοντέλων (εικονικά εργαστήρια). Τέλος, η τοποθεσία του εκπαιδευόμενου και του πειράματος συναντάται στο τρίτο και πιο διαδεδομένο κριτήριο ταξινόμησης. Στο παραδοσιακό εργαστήριο η τοποθεσία είναι ίδια, ενώ στα ΕΑΕ διαφέρει μεταξύ εκπαιδευόμενου και πειραματικής διαδικασίας.

## 2.2 Εικονικό Εργαστήριο (Virtual laboratory)

### 2.2.1 Ορισμοί

Στη διεθνή βιβλιογραφία συναντάται μεγάλος αριθμός ορισμών που περιγράφουν τα εικονικά εργαστήρια. Παρόλα αυτά, δεν υπάρχει ένας καθολικά αποδεκτός ορισμός. Για το λόγο αυτό γίνεται προσπάθεια συγκέντρωσης των ορισμών εκείνων για το εικονικό εργαστήριο που παρουσιάζουν με κατανοητό και σαφή τρόπο τα προεξέχοντα χαρακτηριστικά αυτού του τύπου εργαστηρίου.

*Πίνακας 1: Ορισμοί Εικονικού Εργαστηρίου (Virtual Laboratory)*

Αναφορά	Ορισμός <i>Εικονικού Εργαστηρίου</i>
Almgren & Cahow (2005)	Διαδραστικά περιβάλλοντα στα οποία ο χρήστης χρησιμοποιεί εργαλεία προσομοίωσης για να ακολουθήσει τη συμπεριφορά του πειραματικού συστήματος μέσω του λογισμικού προσομοίωσης.

<b>Alves, Gericota, Silva, &amp; Alves (2007)</b>	Μία ή περισσότερες εφαρμογές πληροφορικής που παρέχουν γραφική αναπαράσταση τόσο των εργαλείων όσο και των αντικειμένων ενός πειράματος και επιστρέφουν αποτελέσματα σύμφωνα με το περιγραφικό μοντέλο της συμπεριφοράς και της αλληλεπίδρασης αυτών των στοιχείων.
<b>Balamuralithara &amp; Woods (2009)</b>	Περιβάλλοντα προσομοίωσης στα οποία περίπλοκα ή όχι τόσο εύκολα ορατά φαινόμενα τίθενται υπό μελέτη και πειραματισμό και ο εκπαιδευόμενος μπορεί να έχει πρόσβαση σε αυτά μέσω διαδικτύου ή να τα εγκαταστήσει στον υπολογιστή του.
<b>Donzellini &amp; Ponta (2007)</b>	Εικονικά προγράμματα κατά τα οποία χρησιμοποιούνται προσομοιωμένα εργαλεία και στοιχεία για τη διεξαγωγή πειραμάτων.
<b>Gomes &amp; Bogosyan (2009)</b>	Διαδραστικά περιβάλλοντα για το σχεδιασμό και τη διεξαγωγή πειραμάτων προσομοίωσης, στα οποία η πρόσβαση είναι εφικτή μέσω του διαδικτύου ή της αποθήκευσης αυτών στον υπολογιστή.
<b>Lerro, Marchisio, Plano, Protano, &amp; Pamel (2008)</b>	Περιβάλλοντα λογισμικού που κρύβουν το μαθηματικό μοντέλο και φανερώνουν το προσομοιωμένο μοντέλο, κατά το οποίο επιτρέπεται η ανάλυση των καταστάσεων και των διαδικασιών μέσω του ελέγχου των μεταβλητών.
<b>Müller &amp; Erbe (2007)</b>	Προγράμματα υπολογιστή που εύκολα μπορούν να λειτουργήσουν με περισσότερους του ενός εκπαιδευόμενους για τη διεξαγωγή πειραμάτων με τη χρήση μη φυσικών εργαλείων.
<b>Nafalski, Machotka, &amp; Nedic (2011)</b>	Διαδραστικά προγράμματα υπολογιστή μέσω των οποίων ο εκπαιδευόμενος παρατηρεί τα αποτελέσματα των μετρήσεων σε μια πειραματική διαδικασία.
<b>Richter, Böringer, &amp; Jeschke (2009)</b>	Περιβάλλοντα λογισμικού που παρέχουν ένα πλαίσιο για την εκτέλεση πειραμάτων μέσω υπολογιστή σε «εικονικό χώρο» δίνοντας τη δυνατότητα για ρυθμίσεις που δε θα ήταν εφικτές σε «πραγματικό χώρο».

**Sancristobal, Castro, Martin, Tawkif, Pesquera, Gil, Díaz, & Peire (2011)**

Προγράμματα προσομοίωσης που χρησιμοποιούν διαδικτυακούς πόρους για το σχεδιασμό και τη διεξαγωγή πειραμάτων.

Με βάση τους παραπάνω ορισμούς, στα πλαίσια της παρούσας εργασίας ορίζουμε το εικονικό εργαστήριο ως ένα περιβάλλον προσομοίωσης που προσφέρει στον εκπαιδευόμενο τη δυνατότητα διεξαγωγής πειραμάτων με τη χρήση μη φυσικού εξοπλισμού, με βασικό χαρακτηριστικό τη δυνατότητα του εκπαιδευόμενου να μεταβάλλει τις πειραματικές παραμέτρους.

Από τους παραπάνω ορισμούς διαφαίνονται τα βασικά χαρακτηριστικά του εικονικού εργαστηρίου, καθώς και οι προσφερόμενες προς τον εκπαιδευόμενο δυνατότητες για τη διεξαγωγή προσομοιωμένων πειραμάτων, θεματικές που θα αναλυθούν στην επόμενη υποενότητα.

### ***2.2.2 Ιδιαίτερα Χαρακτηριστικά και Διαστάσεις***

Το εικονικό εργαστήριο αποτελεί ένα προσομοιωμένο περιβάλλον διεξαγωγής πειραμάτων που επιτρέπει στον εκπαιδευόμενο να πειραματίζεται κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες. Ο εκπαιδευόμενος είναι απαλλαγμένος από το φόβο πρόκλησης τυχόν ατυχήματος στο χώρο που εκτελεί το πείραμα, καθώς ο ορισμός «επιβλαβών» τιμών στις πειραματικές παραμέτρους οδηγεί σε εμφάνιση κάποιας προειδοποιητικής ένδειξης είτε μη δυνατής εκτέλεσης του πειράματος είτε μη συμβατών τιμών στις μεταβλητές. Με τον τρόπο αυτό, ο εκπαιδευόμενος επικεντρώνεται στην παρατήρηση των πειραματικών διαδικασιών και ενθαρρύνεται η συμμετοχή του σε αυτές. Συμπερασματικά, θέματα ασφάλειας τόσο ως προς τον μαθητευόμενο όσο και ως προς τον εξοπλισμό του εργαστηρίου δε λαμβάνονται υπόψη (Gomes & Bogosyan, 2009; Nedic et al., 2003) καθώς ο εκπαιδευόμενος δε χειρίζεται πραγματικά εργαλεία.

Σύμφωνα με τους De Jong, Linn και Zacharia (2013), τους Benmohamed, Leleve και Prevot (2004) και τον Coble και τους συνεργάτες του (2010), φαινόμενα που παρατηρούνται με δυσκολία σε πραγματικές συνθήκες ή δεν είναι εύκολο να αναπαραχθούν, μέσα από το εικονικό εργαστήριο μπορούν να προσομοιωθούν και να παρατηρηθούν. Μέσα από αυτή τη διάσταση του εικονικού εργαστηρίου δημιουργούνται νέες εκπαιδευτικές εμπειρίες για τον

εκπαιδευόμενο που πιθανό να μην μπορούσαν να του προσφερθούν σε πραγματικές εργαστηριακές συνθήκες (De Jong, Linn, & Zacharia, 2013).

Επιπρόσθετα, κατά τη διεξαγωγή του πειράματος σε εικονικό εργαστήριο ο εκπαιδευόμενος έχει τη δυνατότητα να χειρίζεται επανειλημμένα την πειραματική διαδικασία. Η διάσταση αυτή του εικονικού εργαστηρίου ενισχύει τη μάθηση μέσω της μεθόδου επίλυσης προβλημάτων με δοκιμή και λάθος (Coble et al., 2010; Gomes & Bogosyan, 2009). Συγκεκριμένα, ο εκπαιδευόμενος μέσα από τη δυνατότητα για επαναλαμβανόμενες προσπάθειες εκτέλεσης του πειράματος, προσεγγίζει τη γνώση αποφεύγοντας προηγούμενα λάθη. Ακόμη, μέσω της επανεκτέλεσης της πειραματικής διαδικασίας ο εκπαιδευόμενος μπορεί να προσαρμόζει την ταχύτητα της εκτέλεσης (Nedic et al., 2003) με βάση τον προσωπικό του ρυθμό μάθησης.

Το παραπάνω χαρακτηριστικό του εικονικού εργαστηρίου συνδέεται άρρηκτα με την προσφερόμενη παιδαγωγική διάσταση της καλλιέργειας της ανακαλυπτικής ικανότητας (Balamuralithara & Woods, 2007; Coble et al., 2010; Lerro et al., 2008). Καθώς ο εκπαιδευόμενος μεταβάλλει τις πειραματικές παραμέτρους και δρα σύμφωνα με τις εμπειρίες, τα λάθη και τις προηγούμενες γνώσεις του, εξασκείται στην ανακάλυψη της γνώσης που στην περίπτωση του εικονικού εργαστηρίου αποτελεί ανακάλυψη της επιτυχημένης εκτέλεσης του.

Τέλος, η στοχευμένη τοποθέτηση των προσομοιωμένων φυσικών φαινομένων μέσα στο αντίστοιχο θεωρητικό πλαίσιο καθιστά τα εικονικά εργαστήρια αποτελεσματικά στην κατασκευή θεωρητικής γνώσης (Coble et al., 2010; Lerro et al., 2008; Nedic et al., 2003). Ο εκπαιδευόμενος διευκολύνεται κατά την προσπάθεια κατανόησης της πειραματικής διαδικασίας μέσα από τη σύνδεση που επιτυγχάνεται με τα αλληλοεξαρτώμενα βασικά θεωρητικά στοιχεία του πειράματος.

## 2.3 Απομακρυσμένο Εργαστήριο (Remote laboratory)

### 2.3.1 Ορισμοί

Παρομοίως με το εικονικό εργαστήριο, πλήθος ορισμών αναφέρονται στη βιβλιογραφία σχετικά με το απομακρυσμένο εργαστήριο, χωρίς όμως κάποιος να αποτελεί επίσημο ορισμό του απομακρυσμένου εργαστηρίου.

Ανάλογη προσπάθεια συγκέντρωσης ορισμών για το απομακρυσμένο εργαστήριο αποτελεί ο παρακάτω πίνακας.

*Πίνακας 2: Ορισμοί Απομακρυσμένου Εργαστηρίου (Remote Laboratory)*

<b>Αναφορά</b>	<b>Ορισμός <i>Απομακρυσμένου Εργαστηρίου</i></b>
<b>Almgren &amp; Cahow (2005)</b>	Εργαστήρια ελεγχόμενα από υπολογιστή που επιτρέπουν στον εκπαιδευόμενο να αλληλεπιδρά μέσω διαδικτύου με την πειραματική διάταξη, η οποία βρίσκεται σε διαφορετική γεωγραφική τοποθεσία από αυτόν.
<b>Alves, Gericota, Silva, &amp; Alves (2007)</b>	Πραγματικά πειράματα στα οποία ο έλεγχος και η παρατήρηση των πραγματικών εργαλείων και αντικειμένων του πειράματος πραγματοποιείται με τη μεσολάβηση ενός υπολογιστή μέσω της απομακρυσμένης πρόσβασης σε αυτό και μέσω ενός ειδικού δικτύου επικοινωνίας.
<b>Dixon, Dawson, Costic, &amp; Queiroz (2002)</b>	Διαδικτυακή εμπειρία εργαστηρίου για τη διεξαγωγή πειραμάτων στα οποία η πρόσβαση και ο έλεγχος πραγματοποιούνται από απόσταση με τη χρήση πραγματικών εργαλείων.
<b>Eikaas, Schmid, Foss, &amp; Gillet (2003)</b>	Εργαστήρια ελεγχόμενα από υπολογιστή που προσφέρουν απομακρυσμένη διεξαγωγή πειραμάτων μέσω λογισμικού μακριά από το φυσικό χώρο διεξαγωγής.



<p><b>Gravier, Fayolle, Bayard, Ates &amp; Lardon (2008)</b></p>	<p>Προγράμματα ελεγχόμενα από υπολογιστή, τα οποία μπορούν να είναι προσβάσιμα και να ελέγχονται εξωτερικά από κάποιο μέσω επικοινωνίας.</p>
<p><b>Jeschke, Richter, Scheel, &amp; Thomsen (2007)</b></p>	<p>Πραγματικά πειράματα τα οποία ελέγχονται από μια τοποθεσία εκτός εργαστηρίου και αποτελούνται από δύο βασικές συνιστώσες: την πραγματική πειραματική διάταξη και την τεχνολογία της απομακρυσμένης πρόσβασης.</p>
<p><b>Lerro, Marchisio, Plano, Protano, &amp; Pamel (2008)</b></p>	<p>Εργαστήρια ελεγχόμενα από υπολογιστές στα οποία χρησιμοποιούνται φυσικά εργαλεία για τη διεξαγωγή των μετρήσεων σε τοπικό επίπεδο αλλά οι εκπαιδευόμενοι έχουν πρόσβαση σε αυτά μέσω απομακρυσμένης πρόσβασης με τη χρήση ενός λογισμικού διεπαφής και του διαδικτύου.</p>
<p><b>Maier &amp; Niederstätter (2010)</b></p>	<p>Πραγματικά πειράματα στα οποία ο εκπαιδευόμενος σε απευθείας σύνδεση χειρίζεται πραγματικό εξοπλισμό μέσω απομακρυσμένης πρόσβασης στο χώρο του εργαστηρίου.</p>
<p><b>Maiti (2010)</b></p>	<p>Εργαστήρια ελεγχόμενα από υπολογιστή στα οποία ο εκπαιδευόμενος αλληλεπιδρά και χειρίζεται την πειραματική διαδικασία από απομακρυσμένη περιοχή.</p>
<p><b>Sancristobal, Castro, Martin, Tawkif, Pesquera, Gil, Díaz, &amp; Peire, (2011)</b></p>	<p>Προγράμματα λογισμικού που επιτρέπουν στον εκπαιδευόμενο να διεξάγει πειράματα με πραγματικά εργαλεία σε μια τοποθεσία μακριά από το φυσικό εργαστήριο.</p>

Με βάση τους παραπάνω ορισμούς, στα πλαίσια της παρούσας εργασίας ορίζουμε το απομακρυσμένο εργαστήριο ως ένα περιβάλλον που προσφέρει στον εκπαιδευόμενο τη δυνατότητα εκτέλεσης πειραμάτων μέσω πραγματικού εξοπλισμού από την τοποθεσία που ο ίδιος επιλέγει.

Οι παραπάνω ορισμοί σε συνδυασμό με την κατανόηση των βασικών χαρακτηριστικών που το απομακρυσμένο εργαστήριο διαθέτει, θεματική που θα αναλυθεί στην επόμενη υποενότητα, συνθέτουν πληρέστερα τον υπό μελέτη όρο.

### **2.3.2 Ιδιαίτερα Χαρακτηριστικά και Διαστάσεις**

Το απομακρυσμένο εργαστήριο αποτελεί χώρο διεξαγωγής πειραμάτων, στον οποίο η τοποθεσία του εκπαιδευόμενου διαφέρει από εκείνη της πειραματικής διαδικασίας. Η ρεαλιστική αυτή εκδοχή του εργαστηρίου ενισχύεται από τη χρήση πραγματικού εξοπλισμού αλλά κυρίως μέσω του χειρισμού και της παρατήρησης πραγματικών δεδομένων (Coble et al., 2010; Corter et al., 2004; Nedic et al., 2003). Ο εκπαιδευόμενος δρα και ενεργεί μέσα στο φυσικό περιβάλλον του ερευνητή, αντιλαμβάνομενος την επιστημονική ευθύνη και συνέπεια που αυτός διαθέτει (De Jong, Linn, & Zacharia, 2013).

Στο πλαίσιο αυτό, προσφέρονται δεδομένα και αποτελέσματα προς παρατήρηση και ανάλυση μέσα από πραγματικές εμπειρίες πειραματισμού. Ο εκπαιδευόμενος στο απομακρυσμένο εργαστήριο αποκτά πρωταγωνιστικό ρόλο καθώς ο ίδιος διαμορφώνει την πειραματική διαδικασία μέσα από τις ενέργειες χειρισμού του εξοπλισμού και τον καθορισμό των πειραματικών παραμέτρων. Παράλληλα, αναπτύσσει πρακτικές δεξιότητες εργαστηρίου, όπως αυτές που καλλιεργούνται μέσα από την αντιμετώπιση προβλημάτων με τα μηχανήματα (De Jong, Linn, & Zacharia, 2013).

Μία ακόμη διάσταση του απομακρυσμένου εργαστηρίου είναι πως αποτελεί πειραματικό χώρο ποικίλων επιστημονικών πεδίων. Οι πειραματικές διαδικασίες που μπορούν να πραγματοποιηθούν σε ένα απομακρυσμένο εργαστήριο δεν περιορίζονται σε συγκεκριμένο επιστημονικό πεδίο, όπως πειράματα αποκλειστικά για Φυσική ή Βιολογία. Αντιθέτως, λόγω της συμμετοχής πολλών εκπαιδευτικών ιδρυμάτων σε αυτά, το κάθε απομακρυσμένο εργαστήριο απαρτίζεται από εξοπλισμό που προσφέρει τη διεξαγωγή πειραμάτων από διαφορετικές επιστημονικές κοινότητες (Gravier et al., 2008) όπως Φυσική, Βιολογία και Χημεία.

Όπως προαναφέρθηκε, μεγάλος αριθμός εκπαιδευτικών φορέων, κυρίως της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, συνεργάζεται για τη δημιουργία απομακρυσμένων εργαστηρίων, όπου η πρόσβαση είναι κοινή. Η συνδρομή αυτή πέρα από τους προφανείς οικονομικούς λόγους (Dixon et al., 2002; Mohtar, Nedic, & Machotka, 2008; Nickerson et al., 2007) δικαιολογείται και ως μία τεχνική στα πλαίσια της εξ αποστάσεως φοίτησης, την οποία τα πανεπιστήμια αυτά προσφέρουν στους φοιτητές τους (Almgren & Cahow, 2005; Lerro et al., 2008; Oliver et al., 2007). Το νέο αυτό εκπαιδευτικό πλαίσιο υποστηρίζεται από το απομακρυσμένο εργαστήριο, καθώς δίνεται η δυνατότητα στους εξ αποστάσεως φοιτητές να έχουν τις ίδιες

εκπαιδευτικές και εργαστηριακές εμπειρίες με εκείνους που φοιτούν με φυσική παρουσία (Henry & Ozkaya, 2011).

Την ανάγκη για παροχή πραγματικών, ουσιαστικών και σχετικών εμπειριών πρακτικής εργασίας που είναι διαθέσιμες σε απευθείας σύνδεση (Balamuralithara & Woods, 2007) και υπό άλλες συνθήκες θα ήταν ανέφικτη η πρόσβαση σε αυτές (Dixon et al., 2002), καλύπτουν τα εργαστήρια εκείνα που προσφέρουν απομακρυσμένη πρόσβαση στους εκπαιδευόμενους. Η διάσταση αυτή είναι καθοριστική για την ενίσχυση των παρεχόμενων εκπαιδευτικών ευκαιριών προς τους εκπαιδευόμενους, ενώ μέσα από αυτή διαφαίνεται η συμβολή του απομακρυσμένου εργαστηρίου στην αναβάθμιση της ποιότητας της εκπαίδευσης.

## 2.4 Εργαλείο Ανάλυσης (Data set)

Η έννοια του εργαλείου ανάλυσης είναι κοινή σχεδόν σε κάθε επιστημονικό κλάδο που τα δεδομένα παρέχουν την εμπειρική βάση για τις επιστημονικές εργασίες (Renear, Sacchi, & Wickett, 2010). Παρά την ευρεία χρήση του όρου, δεν υπάρχει ένας κοινά αποδεκτός ορισμός στη διεθνή βιβλιογραφία που να αποτυπώνει με σαφήνεια τα κύρια χαρακτηριστικά του εργαλείου ανάλυσης.

Στη βιβλιογραφική ανασκόπηση του Renear και των συνεργατών του (2010) σχετικά με τους ορισμούς του εργαλείου ανάλυσης που συναντώνται στην επιστημονική κοινότητα, ως ιδιαίτερο χαρακτηριστικό προβάλλουν όροι που σχετίζονται με την ομαδοποίηση όπως σύνολο (set), συσσωμάτωση (aggregation) και συλλογή (collection). Μέσα από τη χρήση των όρων αυτών γίνεται φανερό πως το εργαλείο ανάλυσης αποτελείται από δεδομένα τα οποία αντιμετωπίζονται συλλογικά, ως μια μονάδα.

Σχετικά με το περιεχόμενο του εργαλείου ανάλυσης, αυτό στοχεύει στον αντικατοπτρισμό των αποτελεσμάτων συγκεκριμένων δραστηριοτήτων, όπως της μέτρησης και της παρατήρησης (Renear, Sacchi, & Wickett, 2010). Συγκεκριμένα, ό,τι καταγράφεται αποτελεί παρατήρηση (Feleey, 2004) ή “αποτέλεσμα” της παρατήρησης (Purchase, 2008). Επιπρόσθετα, σύμφωνα με τον Lonrey και τους συνεργάτες του (2009), «ένα εργαλείο ανάλυσης περιέχει τα δεδομένα εκείνα που αποκτήθηκαν ή προέκυψαν από επιστημονική έρευνα-δραστηριότητα». Παρόμοια άποψη εκφράζεται και στην LTER General Data Use

Agreement (2005), όπου «το εργαλείο ανάλυσης και τα μεταδεδομένα του προέρχονται από κάθε επιστημονική δραστηριότητα».

Το καθοριστικό γνώρισμα του εργαλείου ανάλυσης σύμφωνα με το οποίο συνιστά αποτέλεσμα επιστημονικής έρευνας-δραστηριότητας υποστηρίζεται και από τον Cyganiak και τους συνεργάτες του (2008), που θεωρούν πως το εργαλείο ανάλυσης αντιπροσωπεύει μια βάση γνώσεων, υποδηλώνοντας πως αυτό μεταφέρει πληροφορίες που στηρίζουν την επιστημονική έρευνα. Απόρροια του παραπάνω γνωρίσματος αποτελεί η πρόσθετη ιδιαίτερη διάσταση που δίδεται στο εργαλείο ανάλυσης κατά την οποία η βασική δραστηριότητα που πραγματοποιείται σε αυτό επιτρέπει στον εκπαιδευόμενο να εργάζεται άμεσα με τα αποτελέσματα της επιστημονικής έρευνας (De Jong, Sotiriou, & Gillet, 2014).

Στο πλαίσιο των ΕΑΕ, το εργαλείο ανάλυσης συνιστά το αποτέλεσμα της έρευνας που πραγματοποιείται με φυσικό ή εικονικό εξοπλισμό (απομακρυσμένο - εικονικό εργαστήριο, αντίστοιχα). Στο εργαλείο ανάλυσης ένας τρίτος φορέας έχει αναλάβει και ολοκληρώσει τον χειρισμό των μεταβλητών και της συνολικής πειραματικής διαδικασίας, και τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας προσφέρονται μέσω του εργαλείου στον εκπαιδευόμενο προκειμένου να τα μελετήσει (De Jong, Sotiriou, & Gillet, 2014). Επίσης, το εργαλείο ανάλυσης συνοδεύεται και από άλλα εργαλεία ανάλυσης και οπτικοποίησης που βοηθούν στην οργάνωση και την ερμηνεία των δεδομένων (De Jong, Sotiriou, & Gillet, 2014).

## **2.5 Ανάγκη Ανεύρεσης στον Παγκόσμιο Ιστό**

Στη διεθνή βιβλιογραφία τα τελευταία χρόνια, εντοπίζονται περιγραφικές έρευνες που μελετούν την αποτελεσματικότητα των ΕΑΕ σε ό,τι αφορά στα μαθησιακά αποτελέσματα αλλά και στην ικανοποίηση των εκπαιδευόμενων σχετικά με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Σχετικά με τα εικονικά εργαστήρια, η πλειοψηφία των συγκριτικών μελετών συμφωνεί πως αυτά «είναι ένα καλό υποκατάστατο στη διδασκαλία των εννοιών και των εφαρμογών τους» (Corter et al., 2011; McAteer et al., 1996). Επιπρόσθετα, κάποιοι ερευνητές προτείνουν πως τα εικονικά εργαστήρια θα μπορούσαν να είναι πιο αποτελεσματικά όταν αποτελούν συμπληρωματικό μέρος των παραδοσιακών εργαστηρίων (Abdulwahed & Nagy, 2011; Dobson, Hill, & Turner, 1995).

Αναφορικά με τα απομακρυσμένα εργαστήρια, ο Corter και οι συνεργάτες του (2011), ο Nickerson και οι συνεργάτες του (2007) και οι Sonnenwold, Whitton και Maglauglin (2003), υποστηρίζουν στις έρευνές τους πως τα απομακρυσμένα εργαστήρια είναι εξίσου αποτελεσματικά με τα παραδοσιακά όσον αφορά στα μαθησιακά αποτελέσματα στη γνώση εννοιών. Επίσης, τα εργαστήρια που προσφέρουν απομακρυσμένη πρόσβαση διαθέτουν πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τις απόψεις των εκπαιδευόμενων, όπως αυτά της προτίμησης των εκπαιδευόμενων σχετικά με την ευκολία στην πρόσβαση, τη χρήση και τον προγραμματισμό αλλά και την αξιοπιστία της εγκατάστασης (Corter et al., 2007, 2011; Kostulski & Murray, 2011; Nickerson et al., 2007).

Συνοπτικά, από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση προκύπτουν τα εξής προσφερόμενα πλεονεκτήματα των δύο παραπάνω εργαστηριακών περιβαλλόντων:

- διεξαγωγή πειραμάτων έξω από τα όρια της τάξης, χωρίς χρονικούς και γεωγραφικούς περιορισμούς (Colwell et al., 2002; Maier et al., 2010; Zervas et al., 2014).
- εξάσκηση σε πρακτική εργασία με δραστηριότητες προσανατολισμένες στην επίλυση προβλημάτων (Colwell et al., 2002; Henry & Ozkaya, 2011; Lerro et al., 2008; Zvasek, 2011).
- εκμάθηση και εξάσκηση της μεθοδολογίας σχεδιασμού πειραμάτων (Koretsky et al., 2008).
- προσφορά διεπιστημονικής συνεργασίας μεταξύ εκπαιδευομένων και εκπαιδευτικών οργανισμών (Corter et al., 2007; Müllerr & Erbe, 2007; Zervas et al., 2014; Zvacek, 2011).
- υποστήριξη μαθητών με αναπηρίες που αδυνατούν να βρίσκονται στον χώρο του παραδοσιακού εργαστηρίου ή να χειρίζονται τον εξοπλισμό (Colwell et al., 2002; Zervas et al., 2014).
- ενίσχυση της αυτόνομης μάθησης με προσανατολισμό στη μαθητοκεντρική διδασκαλία (Gomes & Bogosyan, 2009; Gomes et al., 2007; Zervas et al., 2014)

Η αξιοποίηση όμως των παραπάνω δυνατοτήτων που προσφέρονται μέσω των ΕΑΕ, συναντά το καθοριστικό εμπόδιο του εντοπισμού αυτών βάσει κριτηρίων στον Παγκόσμιο Ιστό. Συγκεκριμένα, μέσα από τον Παγκόσμιο Ιστό παρέχεται η δυνατότητα στους εκπαιδευτικούς φορείς και ατομικά στους εκπαιδευτικούς, για επαναχρησιμοποίηση των μαθησιακών αντικειμένων και των εκπαιδευτικών εργαλείων. Ανάμεσα σε αυτά μπορούν να εντοπιστούν και ΕΑΕ. Ο καθορισμός, όμως, συγκεκριμένων κριτηρίων αναζήτησης, όπως ηλικιακής ομάδας ή θεματικού τομέα, δυσχεραίνει τον επιτυχή εντοπισμό τους καθώς μόνο λίγα από τα αποτελέσματα της αναζήτησης ανταποκρίνονται απόλυτα σε πληροφορίες συναφείς με τον όρο αναζήτησης και τα κριτήρια αυτής.

Στο πλαίσιο αυτό υπάρχει αυξανόμενη ανάγκη για μία ενιαία μέθοδο περιγραφής, συγκέντρωσης και παρουσίασης των ΕΑΕ (Li et al., 2007), ώστε να επιτραπεί στους εκπαιδευτικούς η εύκολη και αποτελεσματική ανεύρεση αυτών στον Παγκόσμιο Ιστό. Στην πλειοψηφία τους, τα ΕΑΕ που αναφέρονται στη βιβλιογραφία βρίσκονται διασκορπισμένα στον Παγκόσμιο Ιστό και παρουσιάζονται αυτοτελή (Li et al., 2007). Ως εκ τούτου, οι εκπαιδευτικοί δυσκολεύονται να τα εντοπίσουν και στη συνέχεια να αποφασίσουν ποιο από αυτά πληροί τις προϋποθέσεις και τις προδιαγραφές της αναζήτησής τους.

Με αφετηρία λοιπόν την απουσία πληροφοριών για τα ΕΑΕ, που εμποδίζει την ανεύρεση και επαναχρησιμοποίησή τους (Maier & Niederstätter, 2010), σημαντικός αριθμός ηλεκτρονικών εκπαιδευτικών αποθηκών έχει δημιουργηθεί σε μία προσπάθεια συγκέντρωσης και χαρακτηρισμού των υπαρχόντων εργαστηρίων.

Οι συντελεστές του project Lab2Go ανέπτυξαν μία πλατφόρμα με σκοπό τη βελτίωση της διαδικασίας αναζήτησης των ΕΑΕ με τη χρήση της τεχνολογίας του Σηματολογικού Ιστού. Η ηλεκτρονική αυτή πύλη λειτουργεί σαν μία ηλεκτρονική αποθήκη που προσφέρει ένα κοινό πλαίσιο για τη συλλογή και την περιγραφή εργαστηρίων ανεξαρτήτου παροχέα. Επιπρόσθετα, ο εκπαιδευόμενος μπορεί να σχολιάζει, να αξιολογεί και να προσθέτει μεταδεδομένα σε κάθε εργαστήριο. Ανάλογο project αποτελεί το Lila (Library of Labs). Πρόκειται για μια ηλεκτρονική αποθήκη μέσω της οποίας εκπαιδευτικοί οργανισμοί τόσο της Ευρώπης όσο και παγκόσμιοι, μπορούν να μοιραστούν και να ανταλλάξουν ΕΑΕ. Το σύστημα αυτό απαιτεί ηλεκτρονική κράτηση για το κάθε εργαστήριο.

Στο πλαίσιο του European Space for Higher Education αναπτύχθηκε το project UNED (Universidad Nacional de Educación a Distancia) το οποίο προσφέρει μία ηλεκτρονική

αποθήκη για ΕΑΕ από τις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία. Στην ηλεκτρονική αυτή πύλη υπάρχουν και επιπρόσθετα μαθησιακά αντικείμενα όπως τεστ αξιολόγησης και θεωρητική τεκμηρίωση αλλά και εργαλεία συνεργασίας, όπως forum. Επίσης, το project Ladshare επιτρέπει μέσω της κοινής πλατφόρμας Sahara την πρόσβαση και το διαμοιρασμό ΕΑΕ μεταξύ εκπαιδευτικών ιδρυμάτων.

Επιπρόσθετα, στόχος του Cambridge 'Weblabs' e-learning project, το οποίο ξεκίνησε το 2003, ήταν η ανάπτυξη ενός διαδικτυακού αποθηκευτικού χώρου ΕΑΕ γύρω από τις χημικές αντιδράσεις και τον έλεγχο της διαδικασίας. Τέλος, το project Go-Lab (Global Online Science Labs for Inquiry Learning at School) το οποίο απευθύνεται τόσο σε μαθητές όσο και εκπαιδευτικούς, επιδιώκει την εξατομικευμένη ενασχόληση με πειράματα Φυσικής αλλά και το σχεδιασμό εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων συνδεδεμένων με την καθημερινή ζωή μέσω της παρεχόμενης συλλογής ΕΑΕ (Zervas et al., 2014).

Τα παραπάνω δείγματα αναγνώρισης της επιτακτικής ανάγκης για ενίσχυση του εντοπισμού και της επαναχρησιμοποίησης των διαθέσιμων ηλεκτρονικά ΕΑΕ, μας ωθούν να αναφερθούμε στην παρούσα διπλωματική εργασία στα υπάρχοντα μοντέλα μεταδεδομένων που διευκολύνουν την παραπάνω ανάγκη, καθώς και να παρουσιάσουμε το επιλεγόμενο μοντέλο που θα χρησιμοποιηθεί για τον χαρακτηρισμό των 185 εργαστηρίων της εργασίας.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>: ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΜΕΤΑΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟ ΕΙΚΟΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ**

### **3.1 Εισαγωγή**

Στο παρόν κεφάλαιο θα μελετηθούν τα στοιχεία μεταδεδομένων που συναντήθηκαν κατά τη βιβλιογραφική ανασκόπηση και χρησιμοποιούνται σε διάφορα διεθνή projects με στόχο να διευκολύνουν τον εκπαιδευτικό να εντοπίσει το κατάλληλο για τις ανάγκες των μαθητών του εργαστήριο συμβουλευόμενος τα μεταδεδομένα που το χαρακτηρίζουν. Πέρα από την περιγραφή αυτών των μοντέλων θα πραγματοποιηθεί και μια αξιολόγηση της φύσης των μεταδεδομένων που χρησιμοποιούν. Η αξιολόγηση αυτή θα αποτελέσει τη βάση για την επιλογή του κατάλληλου μοντέλου με το οποίο θα χαρακτηριστούν τα εργαστήρια της εργασίας.

### **3.2 Επισκόπηση Υπαρχόντων Μοντέλων Μεταδεδομένων**

Τα τελευταία χρόνια έχει δημιουργηθεί μεγάλος αριθμός ηλεκτρονικών αποθετηρίων που διευκολύνουν την ανεύρεση και επαναχρησιμοποίηση των διαθέσιμων διαδικτυακά ΕΑΕ (Maier & Niederstätter, 2010; Richter et al., 2009). Τα αποθετήρια αυτά, όμως, χρησιμοποιούν διαφορετικά μοντέλα μεταδεδομένων για τον χαρακτηρισμό των εργαστηρίων που παρέχουν (Zervas et al. 2014).

Στη διεθνή βιβλιογραφία, σύμφωνα με τους Grube και τους συνεργάτες τους (2011), το πρώτο project, που παράλληλα με τη δημιουργία ενός αποθετηρίου για τη συλλογή των ΕΑΕ, καθόρισε και ένα σετ μεταδεδομένων για να χαρακτηρίσει το περιεχόμενό τους ήταν το Lab2Go project από το Πανεπιστήμιο Εφαρμοσμένων Τεχνολογιών της Carinthia. Το συγκεκριμένο project ανέπτυξε το σύνολο των στοιχείων των μεταδεδομένων που χρησιμοποίησε για τον χαρακτηρισμό των εργαστηρίων μέσα από τη χρήση διάφορων μοντέλων μεταδεδομένων. Συγκεκριμένα, το μοντέλο που αναπτύχθηκε υιοθέτησε τη βασική ορολογία και τους βασικούς τύπους μεταδεδομένων του μοντέλου Dublin Core, όπως τα στοιχεία του τίτλου, της περιγραφής, της ημερομηνίας σύνταξης, της γλώσσας. Ακόμη, από



το μοντέλο IEEE LOM χρησιμοποιήθηκε το στοιχείο της δυσκολίας προκειμένου να καθοριστεί το επίπεδο δυσκολίας του χαρακτηριζόμενου εργαστηρίου, το στοιχείο του κόστους, της διάρκειας, της κατάστασης και του επιπέδου ηλικίας. Τέλος, για την περιγραφή προσώπων και οργανισμών που σχετίζονται με το εργαστήριο, χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από το σχήμα FOAF, όπως αυτά των δικαιωμάτων, του διαχειριστή και του δημιουργού.

Στη συνέχεια ακολούθησε το 2010 η πρώτη οργανωμένη προσπάθεια για το σχηματισμό μίας οντολογίας και ενός μοντέλου μεταδεδομένων για τα EAE από μία διεθνή ομάδα πάροχων εργαστηρίων, η οποία και συγκρότησε το Global Online Lab Consortium (GOLC). Το μοντέλο που έχει σχηματιστεί αποτελεί μία σύμπραξη των στοιχείων από τα μοντέλα Dublin Core και IEEE LOM (Grube et al., 2011). Στα στοιχεία των μεταδεδομένων του μοντέλου περιλαμβάνονται ο τίτλος, η περιγραφή, το είδος του πόρου, το κόστος, οι συνθήκες χρήσης, η άδεια, τα στοιχεία επικοινωνίας, ο δημιουργός, ο χειριστής, η ημερομηνία έκδοσης, τα παιδαγωγικά χαρακτηριστικά, όπως ο θεματικός τομέας, το αντικείμενο, το κοινό στο οποίο απευθύνεται, οι εκπαιδευτικοί στόχοι, οι τεχνικές απαιτήσεις (software, hardware, browsers), οι πιθανές προϋποθέσεις, όπως η κράτηση. Το μοντέλο μεταδεδομένων του GOLC χρησιμοποιήθηκε σε μεγάλο αριθμό projects σχετικών με τα EAE, όπως στο Library of Labs project, στο LadShare project, στο iLabs project, στο Virtual Labs project του Indian Institute of Technology, στο WebLab-Deusto project.

Επιπρόσθετα, σύμφωνα με τη συγκριτική ανάλυση των Zervas και των συνεργατών του (2014) κατά την οποία μελετήθηκαν δεκατρία αποθετήρια εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων ως προς τα στοιχεία των μεταδεδομένων που χρησιμοποιούσαν για το χαρακτηρισμό τους, εντοπίστηκαν σημαντικά κενά στα στοιχεία μεταδεδομένων των υπό μελέτη μοντέλων. Συγκεκριμένα, η πλειοψηφία των κενών αυτών αφορούσε τα εκπαιδευτικά μεταδεδομένα όπως τα στοιχεία για την ηλικιακή ομάδα, τον θεματικό τομέα, το επίπεδο δυσκολίας. Επιπρόσθετα, οι ερευνητές εντόπισαν πλήρη απουσία μεταδεδομένων που θα διευκόλυναν τους εκπαιδευόμενους στην κατανόηση θεμελιωδών ιδεών για τον πραγματικό κόσμο. Έτσι, και προκειμένου να επιτευχθεί η σύνδεση μεταξύ των θεωρητικών γνώσεων και των καθημερινών γεγονότων, οι ερευνητές ανέπτυξαν μια σειρά από Μεγάλες Ιδέες της Επιστήμης (Big Ideas of Science) που αντιπροσωπεύουν τις βασικές παραδοχές των Φυσικών Επιστημών.

Συμπερασματικά, από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, προκύπτει πως τα στοιχεία μεταδεδομένων των υπαρχόντων μεθοδολογιών για τα εικονικά και απομακρυσμένα

εργαστήρια αποτελούν έναν συνδυασμό από επιλεγμένα στοιχεία μοντέλων για τον χαρακτηρισμό ψηφιακών πηγών και μαθησιακών αντικειμένων. Η σύμπραξη αυτή καθίσταται επιτακτική καθώς τα μοντέλα για ψηφιακές πηγές δεν είναι απόλυτα επαρκή για τον χαρακτηρισμό των εργαστηρίων εφόσον δεν περιλαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με τα παιδαγωγικά χαρακτηριστικά του αντικειμένου (Sampson et al., 2002).

Στο πλαίσιο αυτό είναι φανερή η αδυναμία των υπάρχοντων μοντέλων μεταδεδομένων να στηρίξουν και να ενισχύσουν τον παιδαγωγικό ρόλο του εργαστηρίου. Η επισήμανση αυτή προκύπτει από την απουσία μεταδεδομένων που σχετίζονται με την παιδαγωγική διάσταση του εργαστηρίου και ως επί το πλείστον ενδιαφέρουν τους εκπαιδευτικούς. Συγκεκριμένα, σημειώνεται απουσία του θεματικού τομέα στον οποίο υπάγεται το κάθε εργαστήριο και αποτελεί βασικό κριτήριο αναζήτησης. Επιπρόσθετα, ασθενές εμφανίζεται το στοιχείο της ηλικιακής ομάδας στην οποία ανταποκρίνεται το εργαστήριο αλλά και εκείνα του επιπέδου διαδραστικότητας και δυσκολίας, στοιχεία που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην επιλογή ή απόρριψη του εργαστηρίου.

Στην ίδια κατεύθυνση, στοιχεία που αφορούν στη Μεγάλη Ιδέα της Επιστήμης που το κάθε εργαστήριο εκπροσωπεί ή τις απαιτούμενες τεχνολογικές ικανότητες του εκπαιδευτικού, απουσιάζουν πλήρως από τα υπάρχοντα μοντέλα. Ακόμη, στα μοντέλα αυτά δε λαμβάνεται υπόψη αν παρέχουν κατάλληλες υπηρεσίες για χρήση των ΕΑΕ από άτομα με αναπηρίες. Σχετικό στοιχείο μεταδεδομένων κρίνεται άκρως βοηθητικό και ωφέλιμο για την πληρότητα του χαρακτηρισμού των μαθησιακών αντικειμένων.

Τέλος, τα μεταδεδομένα σχετικά με τους πρόσθετους πόρους, όπως το υλικό του μαθητή και το εγχειρίδιο χρήσης, θα πρέπει να ενισχυθούν καθώς σχετίζονται άμεσα με το υπό μελέτη μαθησιακό αντικείμενο. Επιπλέον, ενίσχυση χρειάζονται στοιχεία που θα πληροφορούν για την πρόσβαση στο μαθησιακό αντικείμενο, όπως αυτά της απαιτούμενης εγγραφής και κράτησης αλλά και το στοιχείο του κόστους, στοιχεία άμεσα συνδεδεμένα με τα ΕΑΕ.

Τα παραπάνω συμπεράσματα που προήλθαν από την σύγκριση των μοντέλων μεταδεδομένων που συναντήθηκαν κατά τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, θα αποτελέσουν κριτήρια και προϋποθέσεις για την επιλογή του κατάλληλου μοντέλου με το οποίο θα χαρακτηριστούν τα εργαστήρια που θα μελετηθούν στην παρούσα εργασία.

## **3.2 Επιλογή Κατάλληλου Μοντέλου Μεταδεδομένων και Αναλυτική Παρουσίαση**

### ***3.2.1 Λόγοι Επιλογής Μοντέλου Μεταδεδομένων***

Το μοντέλο μεταδεδομένων που επιλέχθηκε για το χαρακτηρισμό των εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων που συγκεντρώθηκαν, ακολουθεί την προτεινόμενη μεθοδολογία του Zervas και των συνεργατών του (2014) για οργάνωση των εργαστηρίων σε ηλεκτρονικές αποθήκες. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία επιλέχθηκε καθώς η δομή της προήλθε ως αποτέλεσμα συγκριτική ανάλυσης.

Από τα αποτελέσματα της συγκριτικής αυτής ανάλυσης οι ερευνητές παρατήρησαν ελλείψεις στα εκπαιδευτικά μεταδεδομένα, καθώς σπάνια οι ηλεκτρονικές αποθήκες χρησιμοποιούν στοιχεία μεταδεδομένων που να αναφέρονται στην εκπαιδευτική χρήση των εργαστηρίων. Ακόμη και τα στοιχεία εκείνα που εντοπίστηκαν δεν παρέχουν επαρκείς πληροφορίες στους εκπαιδευτικούς ούτε τους βοηθούν να σχεδιάσουν αποτελεσματικές εκπαιδευτικές δραστηριότητες που θα διευκολύνουν τους μαθητές στην κατανόηση θεμελιωδών ιδεών για τον πραγματικό κόσμο. Με αφορμή το κενό αυτό οι συγγραφείς παρουσίασαν ένα προτεινόμενο σετ Μεγάλων Ιδεών της Επιστήμης (Big Ideas of Science) ως συμπληρωματικό στοιχείο χαρακτηρισμού των ΕΑΕ προκειμένου να καλυφθεί το κενό μεταξύ των γνώσεων που αποκτώνται στο σχολείο και της σύνδεσης αυτών με την καθημερινή ζωή των εκπαιδευόμενων. Ακόμη, οι ερευνητές πρόσθεσαν νέα στοιχεία μεταδεδομένων, όπως αυτά της επιστημονικής σκέψης, του επιπέδου τεχνολογικών ικανοτήτων του εκπαιδευτικού και της υποστήριξης εκπαιδευόμενων με αναπηρίες.

### ***3.2.2 Αναλυτική Περιγραφή του Μοντέλου Μεταδεδομένων***

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα στοιχεία των μεταδεδομένων που απαρτίζουν το επιλεγόμενο μοντέλο συνοδευόμενα από την περιγραφή τους, καθώς και από το λεξιλόγιο που έχει οριστεί για την συμπλήρωσή τους, όπως προτάθηκε από τον Zervas και τους συνεργάτες του (2014).

Πίνακας 3: Δομή και Λεξιλόγιο Επιλεγόμενου Μοντέλου Μεταδεδομένων

Όνομα στοιχείου	Περιγραφή	Είδος δεδομένων	Λεξιλόγιο
<b>Γενικά Μεταδεδομένα</b>			
<b>Τίτλος</b> (Title)	Ολοκληρωμένος τίτλος εργαστηρίου	Ελεύθερο κείμενο	N/A
<b>Περιγραφή και Βασικοί Στόχοι</b> (Description and Primary Aims)	Περιγραφή του εργαστηρίου σε μορφή κειμένου και των βασικών στόχων που επιδιώκονται να εκπληρωθούν	Ελεύθερο κείμενο	N/A
<b>Λέξεις-κλειδιά</b> (Keywords)	Αναφέρεται σε ένα σύνολο όρων που χαρακτηρίζουν το περιεχόμενο του εργαστηρίου	Ελεύθερο κείμενο	N/A
<b>Γλώσσα</b> (Language)	Αναφέρεται στη διαθέσιμη γλώσσα στην οποία προσφέρεται το εργαστήριο	Όρος λεξιλογίου	ISO 639-1
<b>Τύπος</b> (Type)	Αναφέρεται στο συγκεκριμένο είδος εργαστηρίου	Όρος λεξιλογίου	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Εικονικό</li> <li>▪ Απομακρυσμένο</li> <li>▪ Εργαλείο ανάλυσης</li> </ul>
<b>Άδεια</b> (Copyright License)	Πληροφορίες για τα δικαιώματα και τους περιορισμούς χρήσης του εργαστηρίου	Όρος λεξιλογίου	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ CC-Zero (universal)</li> <li>▪ CC BY (v3.0 unported)</li> <li>▪ CC BY-SA</li> <li>▪ CC BY-NC</li> <li>▪ CC BY-NC-SA</li> <li>▪ CC BY-ND</li> <li>▪ CC BY-NC-ND</li> <li>▪ GNU General Public License</li> <li>▪ Εμπορική Χρήση</li> <li>▪ Άλλο</li> </ul>

<b>Κόστος</b> (Cost)	Αναφέρεται σε πιθανή χρέωση που απαιτείται	Όρος λεξιλογίου	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ναι</li> <li>▪ Όχι</li> </ul>
<b>Όνομα Παρόχου</b> (Name of the lab owner)	Πληροφορίες για το όνομα του παρόχου του εργαστηρίου, ο οποίος είναι υπεύθυνος για αυτό και είναι και κάτοχος των δικαιωμάτων	Ελεύθερο κείμενο	N/A
<b>E-mail του παρόχου</b> (E-mail of the lab owner)	Πληροφορίες για την ηλεκτρονική διεύθυνση του παρόχου	Ελεύθερο κείμενο	N/A
<b>Οργανισμός στον οποίο ανήκει το εργαστήριο</b> (Organization of the lab owner)	Πληροφορίες για τον οργανισμό που διαχειρίζεται το εργαστήριο	Ελεύθερο κείμενο	N/A
<b>Απαίτηση Κράτησης</b> (Booking Required)	Αναφέρεται σε πιθανή απαίτηση του εργαστηρίου για κράτηση	Όρος λεξιλογίου	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ναι</li> <li>▪ Όχι</li> </ul>
<b>Τρέχον Αριθμός Χρηστών</b> (Current Number of lab Users)	Αναφέρεται στον τρέχοντα αριθμό των χρηστών του εργαστηρίου	Ελεύθερο κείμενο	N/A
<b>Μέσος Χρόνος Χρήσης</b> [Average time of use (per experiment/session)]	Αναφέρεται στο χρόνο που ο μαθητής θα αφιερώσει για να εκτελέσει μια δραστηριότητα μέσω του εργαστηρίου (1 διδακτική ώρα είναι 45 λεπτά)	Όρος λεξιλογίου	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Λιγότερο από 1 διδακτική ώρα</li> <li>▪ 1 διδακτική ώρα</li> <li>▪ 2 διδακτικές ώρες</li> <li>▪ 3 διδακτικές ώρες</li> <li>▪ Περισσότερες από 3 διδακτικές ώρες</li> </ul>
<b>Παιδαγωγικά Μεταδεδομένα</b>			
<b>Μεγάλη Ιδέα της Επιστήμης</b> (Big Idea of Science)	Αναφέρεται στις Μεγάλες Ιδέες που το εργαστήριο αντιπροσωπεύει	Όρος λεξιλογίου	Βλέπε Παράρτημα Α

<b>Θεματικός Τομέας</b> (Subject Domain)	Αναφέρεται στον θεματικό τομέα του εργαστηρίου	Όρος λεξιλογίου	Βλέπε Παράρτημα Β
<b>Ηλικιακή Ομάδα</b> (Age Range)	Αναφέρεται στο επίπεδο ηλικίας που το εργαστήριο απευθύνεται	Όρος λεξιλογίου	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ &lt;6</li> <li>▪ 6-8</li> <li>▪ 8-10</li> <li>▪ 10-12</li> <li>▪ 12-14</li> <li>▪ 14-16</li> <li>▪ 16-18</li> <li>▪ &gt;18</li> </ul>
<b>Εκπαιδευτικοί Στόχοι</b> (Educational Objectives)	Αναφέρεται στους εκπαιδευτικούς στόχους που το εργαστήριο καλύπτει	Όρος λεξιλογίου	Βλέπε Παράρτημα Γ
<b>Επιστημονική Σκέψη</b> (Engaging in Scientific Reasoning)	Αναφέρεται στις περιοχές της επιστημονικής σκέψης που το εργαστήριο υποστηρίζει	Όρος λεξιλογίου	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Χειρισμός</li> <li>▪ Δοκιμή</li> <li>▪ Εξερεύνηση</li> <li>▪ Πρόβλεψη</li> <li>▪ Αμφισβήτηση</li> <li>▪ Παρατήρηση</li> <li>▪ Ανάλυση</li> <li>▪ Κατανόηση φυσικού κόσμου</li> </ul>
<b>Επίπεδο δυσκολίας</b> (Level of Difficulty)	Αναφέρεται στο επίπεδο δυσκολίας του εργαστηρίου	Όρος λεξιλογίου	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Εύκολο (οι μαθητές μπορούν να εκτελούν τη δραστηριότητα μόνοι τους)</li> <li>▪ Μέτριο (οι μαθητές εκτελούν τη δραστηριότητα με μικρή βοήθεια από τον εκπαιδευτικό)</li> <li>▪ Προχωρημένο (οι μαθητές μπορούν να εκτελέσουν τη δραστηριότητα μόνο με τη βοήθεια του εκπαιδευτικού)</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Χαμηλό (περιορισμένες μεταβλητές μπορεί ο εκπαιδευόμενος να μεταβάλλει κατά την</li> </ul>

<p><b>Επίπεδο διαδραστικότητας (Level of Interaction)</b></p>	<p>Αναφέρεται στο επίπεδο διαδραστικότητας που το εργαστήριο προσφέρει</p>	<p>Όρος λεξιλογίου</p>	<p>πειραματική διαδικασία– 1 μεταβλητή, επικέντρωση στην παρατήρηση)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Μέτριο (αρκετές μεταβλητές μπορεί ο εκπαιδευόμενος να μεταβάλλει κατά την πειραματική διαδικασία – 2 ή 3 μεταβλητές)</li> <li>▪ Υψηλό (πολλές μεταβλητές μπορεί ο εκπαιδευόμενος να μεταβάλλει κατά την πειραματική διαδικασία – περισσότερες από 3 μεταβλητές)</li> </ul>
<p><b>Τεχνολογικές Ικανότητες Εκπαιδευτικού (Teacher ICT Competence Level)</b></p>	<p>Αναφέρεται στις τεχνολογικές ικανότητες που ένας δάσκαλος θα πρέπει να διαθέτει για την αποτελεσματική χρήση του εργαστηρίου</p>	<p>Όρος λεξιλογίου</p>	<p>Βλέπε Παράρτημα Δ</p>
<p><b>Υποστήριξη Μαθητών με Αναπηρίες (Supporting Students with Disabilities)</b></p>	<p>Αναφέρεται στη δυνατότητα παροχής κατάλληλων υπηρεσιών για μαθητές με αναπηρίες</p>	<p>Όρος λεξιλογίου</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Κινητικά προβλήματα</li> <li>▪ Προβλήματα όρασης</li> <li>▪ Προβλήματα ακοής</li> <li>▪ Μαθησιακές δυσκολίες</li> <li>▪ Δεν υπάρχουν συγκεκριμένες διατάξεις</li> </ul>
<p><b>Τεχνικά Μεταδεδομένα</b></p>			
<p><b>Θέση URL (Location URL)</b></p>	<p>Παρέχει το URL για πρόσβαση στο εργαστήριο</p>	<p>Ελεύθερο κείμενο</p>	<p>N/A</p>
<p><b>Τεχνικές Απαιτήσεις</b></p>	<p>Αναφέρεται στις τεχνικές απαιτήσεις που χρειάζονται για</p>	<p>Ελεύθερο κείμενο</p>	<p>N/A</p>

(Technical Requirements)	τη χρήση του εργαστηρίου		
<b>Απαιτούμενη Εγγραφή</b> (Registration Required)	Αναφέρεται στην απαίτηση εγγραφής	Όρος λεξιλογίου	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ναι</li> <li>▪ Όχι</li> </ul>
<b>Επιπρόσθετα Υποστηρικτικά Υλικά</b>			
<b>Εγχειρίδιο Χρήστη – URL</b> (User manual – URL)	Παρέχει το URL για πρόσβαση στο εγχειρίδιο του χρήστη, αν είναι διαθέσιμο	Ελεύθερο κείμενο	N/A
<b>Εξωτερικό Υλικό Μαθητών</b> [External Students' Material(s)]	Παρέχει το URL για πρόσβαση σε υλικό (ά) μαθητή που είναι συνδεδεμένο με το εργαστήριο.	Ελεύθερο κείμενο	N/A

Όπως προκύπτει από την παρουσίαση του μοντέλου, αυτό *απαρτίζεται* συνολικά από είκοσι επτά (27) στοιχεία μεταδεδομένων τα οποία κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με την πληροφορία που παρέχουν σε τέσσερις κατηγορίες (Πίνακας 9).

**Πίνακας 4:** Κατηγορίες της δομής της μεθοδολογίας

<b>1.</b>	<b>Γενικά Μεταδεδομένα</b>
<b>2.</b>	<b>Παιδαγωγικά Μεταδεδομένα</b>
<b>3.</b>	<b>Τεχνικά Μεταδεδομένα</b>
<b>4.</b>	<b>Επιπρόσθετα Υποστηρικτικά Υλικά</b>

Συγκεκριμένα, στην κατηγορία των γενικών μεταδεδομένων ανήκουν τα περισσότερα στοιχεία, καθώς αποτελείται από δεκατρία στοιχεία. Στη συνέχεια, και με εννιά στοιχεία μεταδεδομένων συναντάμε την κατηγορία των παιδαγωγικών μεταδεδομένων, ενώ οι



κατηγορίες των τεχνικών μεταδεδομένων και των πρόσθετων υποστηρικτικών υλικών αποτελούνται από τρία και δύο στοιχεία, αντίστοιχα.

Αναφορικά με το είδος του λεξιλογίου που το μοντέλο προβλέπει για τη συμπλήρωσή του, κάθε στοιχείο μπορεί είτε να δίνει τη δυνατότητα ελεύθερου κειμένου είτε να απαιτεί ένα συγκεκριμένο λεξιλόγιο. Η πλειοψηφία των στοιχείων (16 στοιχεία) συμπληρώνεται με όρο λεξιλογίου ενώ στα υπόλοιπα έντεκα στοιχεία του μοντέλου εισάγεται ελεύθερο κείμενο.

Σύμφωνα με το παραπάνω μοντέλο μεταδεδομένων που προτείνεται από τον Zervas και τους συνεργάτες του (2014), χαρακτηρίζονται τα εικονικά και απομακρυσμένα εργαστήρια που συγκεντρώνονται στην παρούσα διπλωματική εργασία. Η πληρότητα του μοντέλου σε εκπαιδευτικά μεταδεδομένα που αποτελεί και τον κύριο άξονα της εργασίας, κρίνεται πως θα διευκολύνει τον εκπαιδευτικό στην προσπάθειά του να εντοπίσει το κατάλληλο εργαστήριο για την τάξη του αλλά και για τη θεματική που θα διδαχθεί, ενώ παράλληλα θα του παρέχει και πρόσθετες πληροφορίες σχετικά με το εργαστήριο.

Συγκεκριμένα, αναφορικά με τα παιδαγωγικά χαρακτηριστικά, τα στοιχεία της ηλικιακής ομάδας στην οποία απευθύνεται το εργαστήριο σε συνδυασμό με τα στοιχεία του επιπέδου δυσκολίας και διαδραστικότητας αλλά και το στοιχείο της υποστήριξης μαθητών με αναπηρίες, ενισχύουν την προσπάθεια του εκπαιδευτικού για εντοπισμό εργαστηρίων σύμφωνα με τις δυνατότητες και τις απαιτήσεις των μαθητών του. Αντίστοιχη διευκόλυνση προσφέρουν τα στοιχεία που πληροφορούν για τη θεματική στην οποία ανήκει το εργαστήριο με πρωτοπόρο το στοιχείο των εκπαιδευτικών στόχων αλλά και εκείνων της Μεγάλης Ιδέας που αντιπροσωπεύεται, του θεματικού τομέα και της επιστημονικής σκέψης που καλλιεργείται μέσω του πειραματισμού με το συγκεκριμένο εργαστήριο.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΩΝ ΕΙΚΟΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ**

### **4.1 Εισαγωγή**

Οι βασικές θεματικές που θα συζητηθούν στο παρόν κεφάλαιο αφορούν πληροφορίες σχετικές με το δείγμα που χρησιμοποιεί η μελέτη. Συγκεκριμένα θα γίνει αναφορά στον τρόπο συλλογής και τα κριτήρια επιλογής. Ακόμη, θα παρουσιαστεί η διαδικασία που ακολουθήθηκε για το χαρακτηρισμό των ΕΑΕ που συγκεντρώθηκαν. Σκοπός του κεφαλαίου είναι να ενημερωθεί ο αναγνώστης για τη μέθοδο της παρούσας εργασίας κατά την οποία επιλέχθηκαν, συγκεντρώθηκαν και χαρακτηρίστηκαν πλήρως με μεταδεδομένα 185 εικονικά και απομακρυσμένα εργαστήρια.

### **4.2 Επιλογή Δείγματος**

Το δείγμα της μελέτης αποτελείται από ηλεκτρονικά εργαστήρια τριών κατηγοριών, εικονικά εργαστήρια, απομακρυσμένα εργαστήρια και εργαλεία ανάλυσης. Το συνολικό μέγεθος του δείγματος είναι 185 ΕΑΕ ( $N=185$ ), εκ των οποίων τα 113 είναι εικονικά εργαστήρια ( $N_{\text{virtual}}=113$ ), τα 53 είναι απομακρυσμένα εργαστήρια ( $N_{\text{remote}}=53$ ) και τα 19 εργαλεία ανάλυσης ( $N_{\text{data set}}=19$ ).

Ο εντοπισμός και η συλλογή του δείγματος πραγματοποιήθηκε ηλεκτρονικά με τη χρήση διαδικτύου. Συγκεκριμένα, ως πηγές εντοπισμού χρησιμοποιήθηκαν επιστημονικά άρθρα, βιβλιογραφικές αναφορές, ηλεκτρονικά αποθετήρια εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων και η μηχανή αναζήτησης της Google. Η διαδικτυακή αυτή αναζήτηση για τη συλλογή του δείγματος επικεντρώθηκε σε ιστότοπους εκπαιδευτικών ιδρυμάτων και αντίστοιχων εκπαιδευτικών οργανισμών.

Για την αναζήτηση των εργαστηρίων ως λέξεις-κλειδιά στη μηχανή της Google χρησιμοποιήθηκαν τα: virtual laboratory, remote laboratory, data set, analysis tool, virtual and remote laboratories, virtual and remote labs, online laboratories, e-laboratories, repositories for virtual laboratories, repositories for remote laboratories, repositories for

virtual and remote laboratories, repositories for online laboratories. Η γλώσσα της αναζήτησης ήταν η αγγλική καθώς αποτελεί τη διεθνή γλώσσα επικοινωνίας και θεωρήθηκε πως τα περισσότερα εργαστήρια φιλοξενούνταν σε ιστοσελίδες διεθνών πανεπιστημίων και σε αποθετήρια που χρησιμοποιούν ως βασική γλώσσα τα Αγγλικά. Επίσης, μέσω της αγγλικής γλώσσας είχαμε πρόσβαση και σε ιστότοπους με βασική γλώσσα εκείνη της χώρας προέλευσης αλλά η δυνατότητα μετάφρασης του ιστότοπου στην αγγλική μας παρείχε πρόσβαση στα εργαστήρια.

Κατά την επιλογή του δείγματος της εργασίας λήφθηκαν υπόψη συγκεκριμένα κριτήρια καθώς ο αριθμός των ΕΑΕ στο διαδίκτυο, ειδικότερα για τα εικονικά, είναι πολύ μεγάλος. Για το λόγο αυτό, προτεραιότητα επιδιώχθηκε να δοθεί στα απομακρυσμένα εργαστήρια και τα εργαλεία ανάλυσης με παράλληλο κριτήριο την ανοιχτή πρόσβαση σε αυτά, προκειμένου να είναι εφικτή η χρήση τους. Επιπλέον κριτήριο για τα επιλεγμένα εργαστήρια αποτέλεσε ο αριθμός των γλωσσών στις οποίες μεταφράζονταν.

Ακόμη, τα εργαστήρια επιλέχθηκαν με βάση το θεματικό τομέα στον οποίο ανήκουν ώστε να υπάρχει επαρκής αντιπροσώπηση όλων των πεδίων των Φυσικών Επιστημών, της Τεχνολογίας, της Επιστήμης των Μηχανικών και των Μαθηματικών (STEM). Στην ίδια κατεύθυνση και αναφορικά με το πεδίο της Επιστήμης (Science), κριτήριο επιλογής αποτέλεσε η κατηγορία της Επιστήμης (Science) στην οποία ανήκε το εργαστήριο. Καθώς η πλειοψηφία των διαθέσιμων ηλεκτρονικά εργαστηρίων ανήκει στον τομέα της Επιστήμης, επιλέχθηκαν εργαστήρια που να προέρχονται από όλους τους υπό-τομείς της Επιστήμης και συγκεκριμένα από τη Φυσική (Physics), τη Χημεία (Chemistry), την Περιβαλλοντική εκπαίδευση (Environmental education), τη Γεωγραφία και την Επιστήμη τη γης (Geography & Earth science), τη Βιολογία (Biology) και την Αστρονομία (Astronomy).

Επιπρόσθετα, απαραίτητο κριτήριο επιλογής κρίθηκε αυτό της ηλικιακής ομάδας στην οποία απευθύνεται το εργαστήριο προκειμένου να μην αποκλειστούν ηλικιακές ομάδες από το δείγμα, γεγονός που θα εμπόδιζε την επιτυχημένη επιλογή του εκπαιδευτικού. Τέλος, για τη διευκόλυνση της πρόσβασης στα εργαστήρια λήφθηκε υπόψη και το κριτήριο της τεχνικής απαίτησης. Έτσι, έγινε προσπάθεια αποφυγής εργαστηρίων διαθέσιμων σε Java version και επιλογής εκείνων σε HTML version.

### 4.3 Παρουσίαση Διαδικασίας Χαρακτηρισμού

Ο χαρακτηρισμός των εργαστηρίων πραγματοποιήθηκε μέσα από μία συντονισμένη και οργανωμένη διαδικασία δομημένη σε στάδια. Αρχικά, αφού εντοπιζόταν μία ομάδα εργαστηρίων που πληρούσαν τα παραπάνω κριτήρια, ξεκινούσε ο χαρακτηρισμός τους. Η διαδικασία αυτή ήταν επαναλαμβανόμενη μέχρι τη συμπλήρωση του απαιτούμενου αριθμού ενώ καθ' όλη τη διάρκεια ελέγχονταν τα κριτήρια επιλογής για τυχόν παραβίαση αυτών όσο το δείγμα αυξανόταν.

Στη συνέχεια ακολουθεί ενδεικτική παρουσίαση του χαρακτηρισμού των τριών ειδών εργαστηρίων που μελετήθηκαν.

*Πίνακας 5: Παράδειγμα χαρακτηρισμένου εικονικού εργαστηρίου*

General Metadata (13 Elements)		
No	Element Name	Value
1	<b>Lab Title</b>	Separation of Mixtures Using Different Techniques
2	<b>Lab description and primary aims of the lab</b>	In this lab the user tries to separate the components of a mixture using different techniques such as separating funnels, chromatography, centrifugation, simple distillation and fractional distillation. The primary aims of the lab are: 1.Understand the following terms: solvent extraction, chromatography, RF , centrifugation, simple distillation, fractional distillation, etc. 2.Identify the components in the mixture based on the knowledge of Rf value, boiling point, density, etc. 3.Select and perform suitable separation techniques based on the available information about the nature of the components in the mixture.
3	<b>Keywords</b>	Mixture, Separation techniques, Chemical properties
4	<b>Language(s)</b>	English, French, Hindi, Telugu, Marathi
5	<b>Lab type</b>	Virtual Lab
6	<b>Copyright Licence</b>	GNU General Public License - <a href="http://www.gnu.org/licenses/gpl.html">http://www.gnu.org/licenses/gpl.html</a>
7	<b>Cost</b>	No
8	<b>Name of the lab owner</b>	CDAC Mumbai

9	<b>E-mail of the lab owner</b>	<a href="mailto:collab.tools@am.amrita.edu">collab.tools@am.amrita.edu</a>
10	<b>Organization of the lab owner</b>	Amrita University
11	<b>Booking Required</b>	No
12	<b>Current Number of Lab Users</b>	-
13	<b>Average time of use (per experiment/session)</b>	2 didactic hours
<b>Pedagogical Metadata (9 Elements)</b>		
No	Element Name	Value
14	<b>Big ideas of science</b>	<p>2. There are four fundamental interactions/forces in nature; gravitation, electromagnetism, strong-nuclear and weak nuclear. All phenomena are due to the presence of one or more of these interactions. Forces act on objects and can act at a distance through a respective physical field causing a change in motion or in the state of matter.</p> <p>4. All matter in the Universe is made of very small particles. They are in constant motion and the bonds between them are formed by interactions between them.</p>
15	<b>Subject Domain</b>	<p><b>SCIENCE</b>  <b>Chemistry</b>  Analytical chemistry  <i>Chromatography</i></p> <p><b>SCIENCE</b>  <b>Chemistry</b>  Inorganic chemistry  <i>Mixtures, Separation -generally</i></p>
16	<b>Age Range</b>	10-12, 12-14, 14-16, 16-18
17	<b>Educational Objectives</b>	<p><b>COGNITIVE OBJECTIVES:</b> Types of Knowledge</p> <p><b>Conceptual</b></p> <p>Knowledge of interrelationships among the basic elements within</p>

		<p>a larger structure, e.g. classifications, principles, theories, etc</p> <p><b>COGNITIVE OBJECTIVES:</b> Processes</p> <p><b>To think critically and creativity</b></p> <p>To help the learner think on causes, predict, make judgments, create new Ideas</p> <p><b>PSYCHOMOTOR OBJECTIVES</b></p> <p><b>To perform independently, skillfully, and precisely</b></p> <p>To help the learner coordinate a series of actions, achieving harmony and internal consistency; adapt and integrate expertise to satisfy a non-standard objective</p>
18	<b>Engaging in Scientific Reasoning</b>	Testing
19	<b>Level of Difficulty</b>	Easy: οι μαθητές μπορούν να εκτελούν τη δραστηριότητα μόνοι τους.
20	<b>Level of Interaction</b>	Medium: αρκετές μεταβλητές μπορεί ο χρήστης να μεταβάλλει κατά την πειραματική διαδικασία – 2 ή 3 μεταβλητές.
21	<b>Teacher ICT Competence Level</b>	<p><b>Technology Literacy - Understanding ICT in Education</b> Policy Awareness</p> <p><b>Technology Literacy - Curriculum and Assessment</b> Basic knowledge</p> <p><b>Technology Literacy – Pedagogy</b> Integrate Technology</p> <p><b>Technology Literacy – ICT</b> Basic tools</p> <p><b>Technology Literacy – Organization and Administration</b> Standard Classroom</p> <p><b>Technology Literacy – Teacher Professional Learning</b> Digital literacy</p>
22	<b>Supporting Students with Disabilities</b>	No specific provisions
<b>Technical Metadata (3 Elements)</b>		
<b>No</b>	<b>Element Name</b>	<b>Value</b>
23	<b>Lab Location URL</b>	<a href="http://amrita.olabs.co.in/?sub=73&amp;brch=2&amp;sim=96&amp;cnt=4">http://amrita.olabs.co.in/?sub=73&amp;brch=2&amp;sim=96&amp;cnt=4</a>
24	<b>Technical Requirements</b>	<i>Operating System</i>

		Microsoft Windows XP/Vista/ 7 Macintosh OS 10.5 or later Linux <b>Other</b> HTML 5, works in browsers/tablets
25	<b>Registration Required</b>	Yes
Additional Supportive Materials (2 Elements)		
No	Element Name	Value
26	<b>User Manual - URL</b>	<a href="http://amrita.olabs.co.in/?sub=73&amp;brch=2&amp;sim=96&amp;cnt=2">http://amrita.olabs.co.in/?sub=73&amp;brch=2&amp;sim=96&amp;cnt=2</a>
27	<b>External Student's Material(s)</b>	(tutorial) <a href="http://amrita.olabs.co.in/?sub=73&amp;brch=2&amp;sim=96&amp;cnt=1">http://amrita.olabs.co.in/?sub=73&amp;brch=2&amp;sim=96&amp;cnt=1</a> (animation) <a href="http://amrita.olabs.co.in/?sub=73&amp;brch=2&amp;sim=96&amp;cnt=188">http://amrita.olabs.co.in/?sub=73&amp;brch=2&amp;sim=96&amp;cnt=188</a> (video) <a href="http://amrita.olabs.co.in/?sub=73&amp;brch=2&amp;sim=96&amp;cnt=207">http://amrita.olabs.co.in/?sub=73&amp;brch=2&amp;sim=96&amp;cnt=207</a>

*Πίνακας 6: Παράδειγμα χαρακτηρισμένου απομακρυσμένου εργαστηρίου*

General Metadata (13 Elements)		
No	Element Name	Value
1	<b>Lab Title</b>	Diffraction
2	<b>Lab description and primary aims of the lab</b>	In this experiment, the user can study the diffraction of light by a single and a double slit. The primary aims of the lab are: 1.Learn the differences and the similarities between the diffraction pattern of a single slit and the one of a double slit. 2.Acquire skills to perform the experiment.
3	<b>Keywords</b>	Light, Diffracting object, Diffraction angle
4	<b>Language(s)</b>	English, German
5	<b>Lab type</b>	Remote Lab
6	<b>Copyright Licence</b>	Other
7	<b>Cost</b>	No
8	<b>Name of the lab owner</b>	Björn-Marcel Jeschke, Peer Przibilla
9	<b>E-mail of the lab owner</b>	rem-exp-l@lists.physik.tu-berlin.de

10	<b>Organization of the lab owner</b>	Remote Farm Laboratory, Institut für Festkörperphysik
11	<b>Booking Required</b>	No
12	<b>Current Number of Lab Users</b>	-
13	<b>Average time of use (per experiment/session)</b>	2 didactic hours
<b>Pedagogical Metadata (9 Elements)</b>		
No	Element Name	Value
14	<b>Big ideas of science</b>	2. There are four fundamental interactions/forces in nature; gravitation, electromagnetism, strong-nuclear and weak nuclear. All phenomena are due to the presence of one or more of these interactions. Forces act on objects and can act at a distance through a respective physical field causing a change in motion or in the state of matter.  5. All matter and radiation exhibit both wave and particle properties.
15	<b>Subject Domain</b>	<b>SCIENCE</b> <b>Physics</b> Waves <i>Diffraction</i>  <b>SCIENCE</b> <b>Physics</b> Light <i>Properties of light-generally</i>
16	<b>Age Range</b>	12-14,14-16, 16-18
17	<b>Educational Objectives</b>	<b>COGNITIVE OBJECTIVES: Types of Knowledge</b> <b>Factual</b> Knowledge of basic elements, e.g. terminology, symbols, specific details, etc  <b>COGNITIVE OBJECTIVES: Processes</b> <b>To think critically and creativity</b> To help the learner think on causes, predict, make judgments, create new Ideas



		<p><b>PSYCHOMOTOR OBJECTIVES</b></p> <p><b>To perform independently, skillfully, and precisely</b></p> <p>To help the learner coordinate a series of actions, achieving harmony and internal consistency; adapt and integrate expertise to satisfy a non-standard objective</p>
18	<b>Engaging in Scientific Reasoning</b>	Exploring
19	<b>Level of Difficulty</b>	Medium: οι μαθητές εκτελούν τη δραστηριότητα με μικρή βοήθεια από τον εκπαιδευτικό
20	<b>Level of Interaction</b>	High: πολλές μεταβλητές μπορεί ο χρήστης να μεταβάλλει κατά την πειραματική διαδικασία –περισσότερες από 3 μεταβλητές.
21	<b>Teacher ICT Competence Level</b>	<p><b>Technology Literacy - Understanding ICT in Education</b> Policy Awareness</p> <p><b>Technology Literacy - Curriculum and Assessment</b> Basic knowledge</p> <p><b>Technology Literacy – Pedagogy</b> Complex problem solving</p> <p><b>Technology Literacy – ICT</b> Basic tools</p> <p><b>Technology Literacy – Organization and Administration</b> Standard Classroom</p> <p><b>Technology Literacy – Teacher Professional Learning</b> Digital literacy</p>
22	<b>Supporting Students with Disabilities</b>	No specific provisions
<b>Technical Metadata (3 Elements)</b>		
<b>No</b>	<b>Element Name</b>	<b>Value</b>
23	<b>Lab Location URL</b>	<a href="http://remote.physik.tu-berlin.de/en/experiments/classic-physics/diffraction/">http://remote.physik.tu-berlin.de/en/experiments/classic-physics/diffraction/</a>
24	<b>Technical Requirements</b>	<p><i>Operating System</i></p> <p>Microsoft Windows XP/Vista/ 7</p> <p>Macintosh OS 10.5 or later</p> <p>Linux</p>

		<i>Other</i> HTML 5, works in browsers/tablets
25	<b>Registration Required</b>	No
<b>Additional Supportive Materials (2 Elements)</b>		
No	Element Name	Value
26	<b>User Manual - URL</b>	-
27	<b>External Student's Material(s)</b>	-

*Πίνακας 7: Παράδειγμα χαρακτηρισμένου εργαλείου ανάλυσης*

<b>General Metadata (13 Elements)</b>		
No	Element Name	Value
1	<b>Lab Title</b>	HY.P.A.T.I.A. - Hybrid Pupils' Analysis Tool for Interactions in ATLAS
2	<b>Lab description and primary aims of the lab</b>	HYPATIA is an event analysis tool for data collected by the ATLAS experiment of the LHC at CERN. Its goal is to allow high school and university students to visualize the complexity of the hadron - hadron interactions through the graphical representation of ATLAS event data and interact with them in order to study different aspects of the fundamental building blocks of nature. HYPATIA aims to show students how real high energy physic research is done. It provides the students with real data and an environment that closely resembles what actual researchers use, to give them the opportunity to conduct their own analysis and “discover” new particles.
3	<b>Keywords</b>	Detector, Neutrons, Protons, Electrons, Collisions
4	<b>Language(s)</b>	English, French, German, Greek
5	<b>Lab type</b>	Data Set
6	<b>Copyright Licence</b>	Other
7	<b>Cost</b>	No
8	<b>Name of the lab owner</b>	Christine Kourkoumelis, Stelios Vourakis
9	<b>E-mail of the lab owner</b>	

		<a href="mailto:collab.tools@am.amrita.edu">collab.tools@am.amrita.edu</a> hkourkou@phys.uoa.gr
10	<b>Organization of the lab owner</b>	University of Athens
11	<b>Booking Required</b>	No
12	<b>Current Number of Lab Users</b>	700
13	<b>Average time of use (per experiment/session)</b>	2 didactic hours
Pedagogical Metadata (9 Elements)		
No	Element Name	Value
14	<b>Big ideas of science</b>	<p>2. There are four fundamental interactions/forces in nature; gravitation, electromagnetism, strong-nuclear and weak nuclear. All phenomena are due to the presence of one or more of these interactions. Forces act on objects and can act at a distance through a respective physical field causing a change in motion or in the state of matter.</p> <p>4. All matter in the Universe is made of very small particles. They are in constant motion and the bonds between them are formed by interactions between them.</p>
15	<b>Subject Domain</b>	<p><b>SCIENCE</b></p> <p><b>Physics</b></p> <p>Forces and Motion</p> <p><i>Collisions</i></p> <p><b>SCIENCE</b></p> <p><b>Physics</b></p> <p>Energy</p> <p><i>Energy using electricity</i></p>
16	<b>Age Range</b>	12-14, 14-16, 16-18, >18
17	<b>Educational Objectives</b>	<p><b>COGNITIVE OBJECTIVES: Types of Knowledge</b></p> <p><b>Conceptual</b></p> <p>Knowledge of interrelationships among the basic elements within a larger structure, e.g. classifications, principles, theories, etc</p> <p><b>COGNITIVE OBJECTIVES: Processes</b></p>

		<p><b>To understand</b></p> <p>To help the learner organize and arrange information mentally</p> <p><b>To think critically and creativity</b></p> <p>To help the learner think on causes, predict, make judgments, create new Ideas</p> <p><b>PSYCHOMOTOR OBJECTIVES</b></p> <p><b>To perform independently, skillfully, and precisely</b></p> <p>To help the learner coordinate a series of actions, achieving harmony and internal consistency; adapt and integrate expertise to satisfy a non-standard objective</p>
18	<b>Engaging in Scientific Reasoning</b>	Analysing
19	<b>Level of Difficulty</b>	Medium: οι μαθητές εκτελούν τη δραστηριότητα με μικρή βοήθεια από τον εκπαιδευτικό
20	<b>Level of Interaction</b>	High: πολλές μεταβλητές μπορεί ο χρήστης να μεταβάλλει κατά την πειραματική διαδικασία –περισσότερες από 3 μεταβλητές.
21	<b>Teacher ICT Competence Level</b>	<p><b>Technology Literacy - Understanding ICT in Education</b></p> <p>Policy Awareness</p> <p><b>Technology Literacy - Curriculum and Assessment</b></p> <p>Basic knowledge</p> <p><b>Technology Literacy – Pedagogy</b></p> <p>Integrate Technology</p> <p><b>Technology Literacy – ICT</b></p> <p>Basic tools</p> <p><b>Technology Literacy – Organization and Administration</b></p> <p>Standard Classroom</p> <p><b>Technology Literacy – Teacher Professional Learning</b></p> <p>Digital literacy</p>
22	<b>Supporting Students with Disabilities</b>	No specific provisions
<b>Technical Metadata (3 Elements)</b>		
<b>No</b>	<b>Element Name</b>	<b>Value</b>
23	<b>Lab Location URL</b>	<a href="http://hypatia.iasa.gr/">http://hypatia.iasa.gr/</a>
24	<b>Technical Requirements</b>	<i>Operating System</i>

		Microsoft Windows XP/Vista/ 7 Macintosh OS 10.5 or later Linux <i>Other</i> HTML 5, works in browsers/tablets
25	<b>Registration Required</b>	No
<b>Additional Supportive Materials (2 Elements)</b>		
No	Element Name	Value
26	<b>User Manual - URL</b>	<a href="http://hypatia.phys.uoa.gr/Simplified_Version/">http://hypatia.phys.uoa.gr/Simplified_Version/</a>
27	<b>External Student's Material(s)</b>	(instructions-tutorial) <a href="http://hypatia.iasa.gr/en/HYPATIA_Instructions_eng.pdf">http://hypatia.iasa.gr/en/HYPATIA_Instructions_eng.pdf</a>  (activities) <a href="http://hypatia.phys.uoa.gr/UseASEC/Exercises.php">http://hypatia.phys.uoa.gr/UseASEC/Exercises.php</a>

#### 4.4 Ανάλυση Μεταδεδομένων Επιλεγμένων Εικονικών και Απομακρυσμένων Εργαστηρίων

Μετά την παραγωγή της λίστας των 185 εργαστηρίων πλήρως χαρακτηρισμένων με μεταδεδομένα, ακολούθησε έλεγχος του περιεχομένου της πληροφορίας που κάθε τιμή των στοιχείων του μοντέλου μεταφέρει στον εκπαιδευόμενο. Συγκεκριμένα, η ανάλυση του περιεχομένου της πληροφορίας που πραγματοποιήθηκε αφορούσε σε συνολικά οχτώ (8) στοιχεία εκπαιδευτικών μεταδεδομένων του μοντέλου και συγκεκριμένα στα: Είδος εργαστηρίου (Lab type), Γλώσσα (Language), Μεγάλη Ιδέα της Επιστήμης (Big Idea of Science), Θεματικός τομέας (Subject domain), Ηλικιακή ομάδα (Age range), Επιστημονική σκέψη (Engaging in Scientific Reasoning), Επίπεδο δυσκολίας (Level of Difficulty) και Επίπεδο διαδραστικότητας (Level of Interaction). Η ανάλυση αυτή έγινε μέσω του υπολογισμού της μετρικής της εντροπίας.

Σύμφωνα με τον Shannon (2001), κάθε μήνυμα μεταφέρει μία πληροφορία. Ο ίδιος ερευνητής ήταν ο πρώτος που πρότεινε την “εντροπία” ως μετρική της πληροφορίας που ένα μήνυμα περιέχει. Η εντροπία εξαρτάται από την εμφάνιση των διαφορετικών τιμών μέσα στα στοιχεία των μεταδεδομένων καθώς και από τον αριθμό των επιλογών μέσα στο κάθε

στοιχείο. Για το λόγο αυτό οι τιμές της εντροπίας είναι συγκρίσιμες μόνο μεταξύ στοιχείων με τον ίδιο αριθμό πιθανών τιμών (Ochoa et al., 2011).

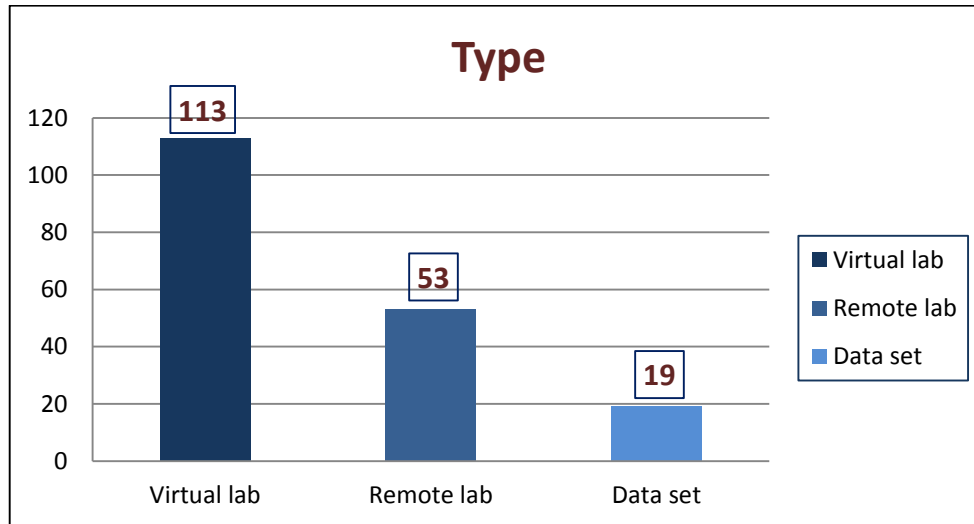
Στην παρούσα εργασία η ανάλυση του περιεχομένου των πληροφοριών που συγκεντρώθηκαν μέσα από τα 185 εργαστήρια αποτυπώνεται με τη μορφή των heat maps, τα οποία αποτελούν γραφικές αναπαραστάσεις των δεδομένων, οι τιμές των οποίων παρουσιάζονται με χρώματα. Συγκεκριμένα, οι τιμές που πλησιάζουν το 0 αποτυπώνονται με αποχρώσεις του καφέ, οι τιμές κοντά στο 0,5 με αποχρώσεις του κίτρινου ενώ εκείνες που πλησιάζουν το 1 χρωματίζονται με πράσινες αποχρώσεις. Την ανάλυση συνοδεύουν και γραφήματα με τον αριθμό εμφάνισης των τιμών κάθε υπό ανάλυση στοιχείου μεταδεδομένων.

Στη συνέχεια ακολουθούν οι αναλύσεις για τα οχτώ υπό εξέταση στοιχεία μεταδεδομένων του μοντέλου.

#### 4.4.1 Ανάλυση του στοιχείου "Lab type"

*Πίνακας 8: Heat map της μετρικής της εντροπίας για το στοιχείο "Lab type"*

Lab type	Entropy
Virtual lab	0,094431878
Remote lab	0,239459522
Data set	0,435969678



**Σχήμα 1:** Γράφημα αριθμού εμφάνισης τιμών για το στοιχείο "Lab type"

Από το παραπάνω heat map είναι φανερό από την υψηλότερη τιμή της εντροπίας ( $H_{data\ set}=0,435969678$ ) πως μεταξύ των εργαστηρίων του δείγματος της εργασίας, τα εργαλεία ανάλυσης έχουν την μικρότερη πιθανότητα επιλογής από το δείγμα καθώς ο αριθμός τους είναι μόλις δεκαεννιά στο συνολικό δείγμα των 185 εργαστηρίων (Σχήμα 1). Αμέσως λιγότερο δύσκολα ανευρέσιμα είναι τα απομακρυσμένα εργαστήρια με εντροπία σχεδόν υποδιπλάσια από εκείνη των εργαλείων ανάλυσης ( $H_{remote\ lab}=0,239459522$ ), γεγονός που επιβεβαιώνει και ο αριθμός τους με  $N_{remote\ lab}=53$  (Σχήμα 1). Τέλος, τη χαμηλότερη τιμή εντροπίας με μεγάλη διαφορά από τα άλλα δυο είδη εργαστηρίων κατέχουν τα εικονικά εργαστήρια ( $H_{virtual\ lab}=0,094431878$ ).

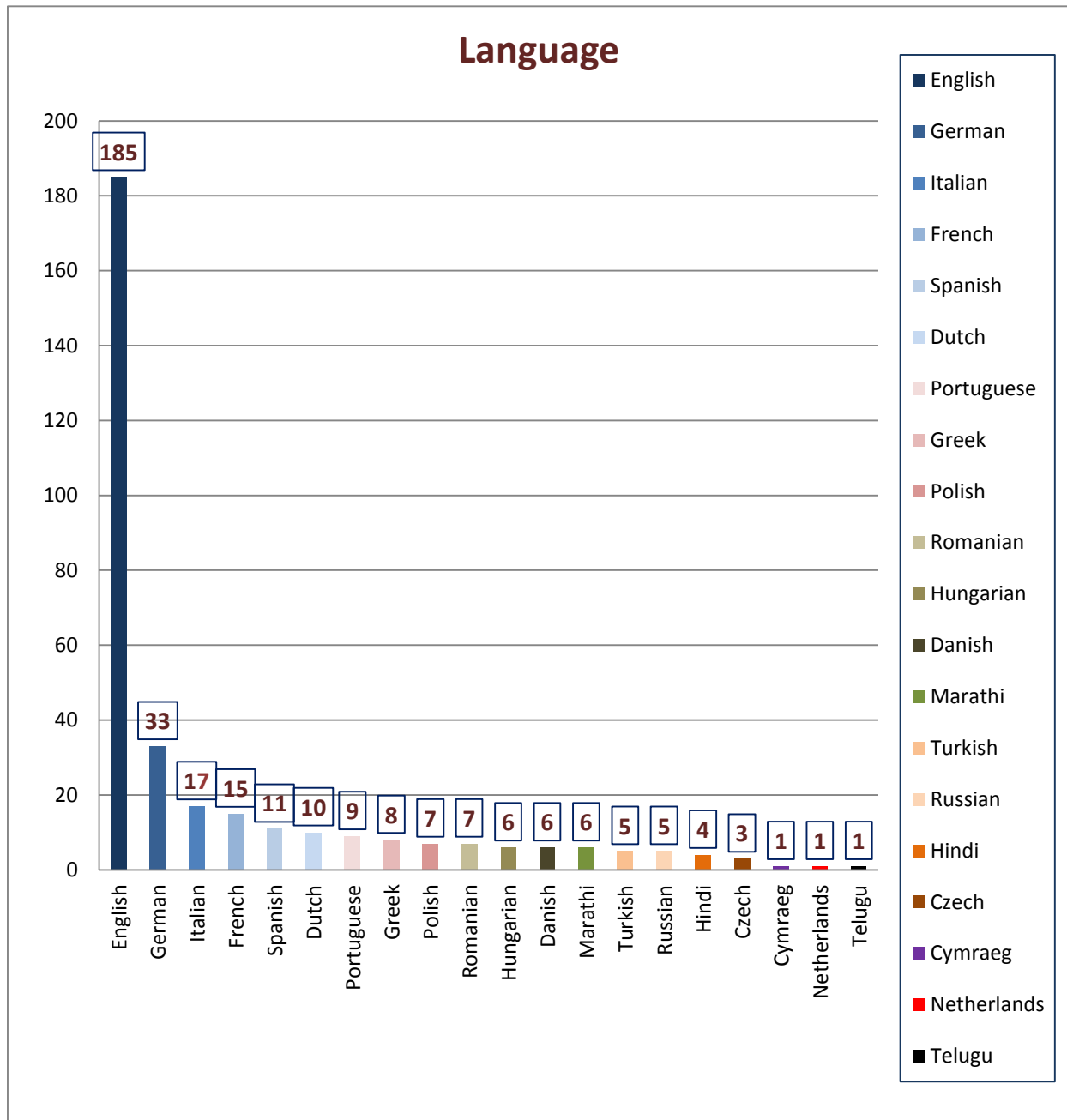
Η φανερή υπεροχή των εικονικών εργαστηρίων έναντι των δύο άλλων τύπων ΕΑΕ δικαιολογείται από την εύκολη υλοποίησή τους καθώς δεν απαιτούνται εξειδικευμένες τεχνικές γνώσεις αλλά και από την εύκολη χρήση αυτών από τους εκπαιδευόμενους. Αντίθετα, για τη χρήση των απομακρυσμένων εργαστηρίων καθοριστικός καθίσταται ο εξοπλισμός και οι γνώσεις χειρισμού αυτού. Αναφορικά με τα εργαλεία ανάλυσης, το γεγονός πως ένας τρίτος φορέας έχει αναλάβει και ολοκληρώσει τον χειρισμό των μεταβλητών και της συνολικής πειραματικής διαδικασίας, καθιστά την κατασκευή τους ιδιαίτερα χρονοβόρα και πιθανώς να αποτελεί και αιτία του μικρού αριθμού εμφάνισης των εργαλείων ανάλυσης στο δείγμα.

#### 4.4.2 Ανάλυση του στοιχείου "Language"

Πίνακας 9: Heat map της μετρικής της εντροπίας για το στοιχείο "Language"

Language	Entropy
English	0,104408212
German	0,400147507
Italian	0,51394068
French	0,53541337
Spanish	0,588622809
Dutch	0,604973996
Portuguese	0,623049395
Greek	0,643255971
Polish	0,666164299
Romanian	0,666164299
Hungarian	0,692610021
Danish	0,692610021
Marathi	0,692610021
Turkish	0,723888672
Russian	0,723888672
Hindi	0,762170648
Czech	0,811524697
Cymraeg	1
Netherlands	1
Telugu	1





Σχήμα 2: Γράφημα αριθμού εμφάνισης τιμών για το στοιχείο "Language"

Από τις τιμές της εντροπίας στο heat map παρατηρείται πως η αγγλική γλώσσα κατέχοντας τιμή που πλησιάζει το 0 ( $H_{\text{English}}=0,104408212$ ) και αριθμό εμφάνισης  $N_{\text{English}}=185$  (Σχήμα 2) αποτελεί την τιμή του στοιχείου *Language* με τη μικρότερη χρησιμότητα για τον εντοπισμό και την επιλογή ενός συγκεκριμένου εργαστηρίου από το δείγμα. Στις αμέσως πιο εύκολα ανευρέσιμες γλώσσες στο δείγμα με χαμηλές τιμές εντροπίας και μεγάλο αριθμό εμφάνισης συναντάμε τα *γερμανικά* ( $H_{\text{German}}=0,400147507$  -  $N_{\text{German}}=33$ ), τα *ιταλικά* ( $H_{\text{Italian}}=0,51394068$  -  $N_{\text{Italian}}=17$ ) και τα *γαλλικά* ( $H_{\text{French}}=0,53541337$  -  $N_{\text{French}}=15$ ) ενώ από το Σχήμα 2

παρατηρείται μια σταδιακή μείωση του αριθμού εμφάνισης η οποία ξεκινάει από τα ισπανικά ( $N_{\text{spanish}}=11$ ) και καταλήγει στα τσέχικα ( $N_{\text{czech}}=3$ ). Η μείωση αυτή κορυφώνεται για τα ουαλικά, τα ολλανδικά και την ινδική γλώσσα *Telugu* με την ελάχιστη τιμή εμφάνισης  $N=1$  και τη μέγιστη τιμή εντροπίας, με  $H=1$ .

Στη συντριπτική υπεροχή της αγγλικής γλώσσας στο δείγμα φανερώνεται η αναγνώριση της σημασίας των ΕΑΕ στη μαθησιακή διαδικασία. Συγκεκριμένα, μέσα από τη μετάφραση όλων των εργαστηρίων στα αγγλικά διευκολύνεται η πρόσβαση σε αυτά καθώς όλοι οι εκπαιδευόμενοι ανεξαρτήτου γλώσσας ομιλίας έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν τα ΕΑΕ μιας και η αγγλική γλώσσα αποτελεί τη διεθνή γλώσσα επικοινωνίας. Ακόμη, η εμφάνιση στο δείγμα των ΕΑΕ τόσο ευρωπαϊκών, βαλκανικών, ανατολικών και ινδικών γλωσσών μαρτυρά το διεθνές ενδιαφέρον για αυτά.

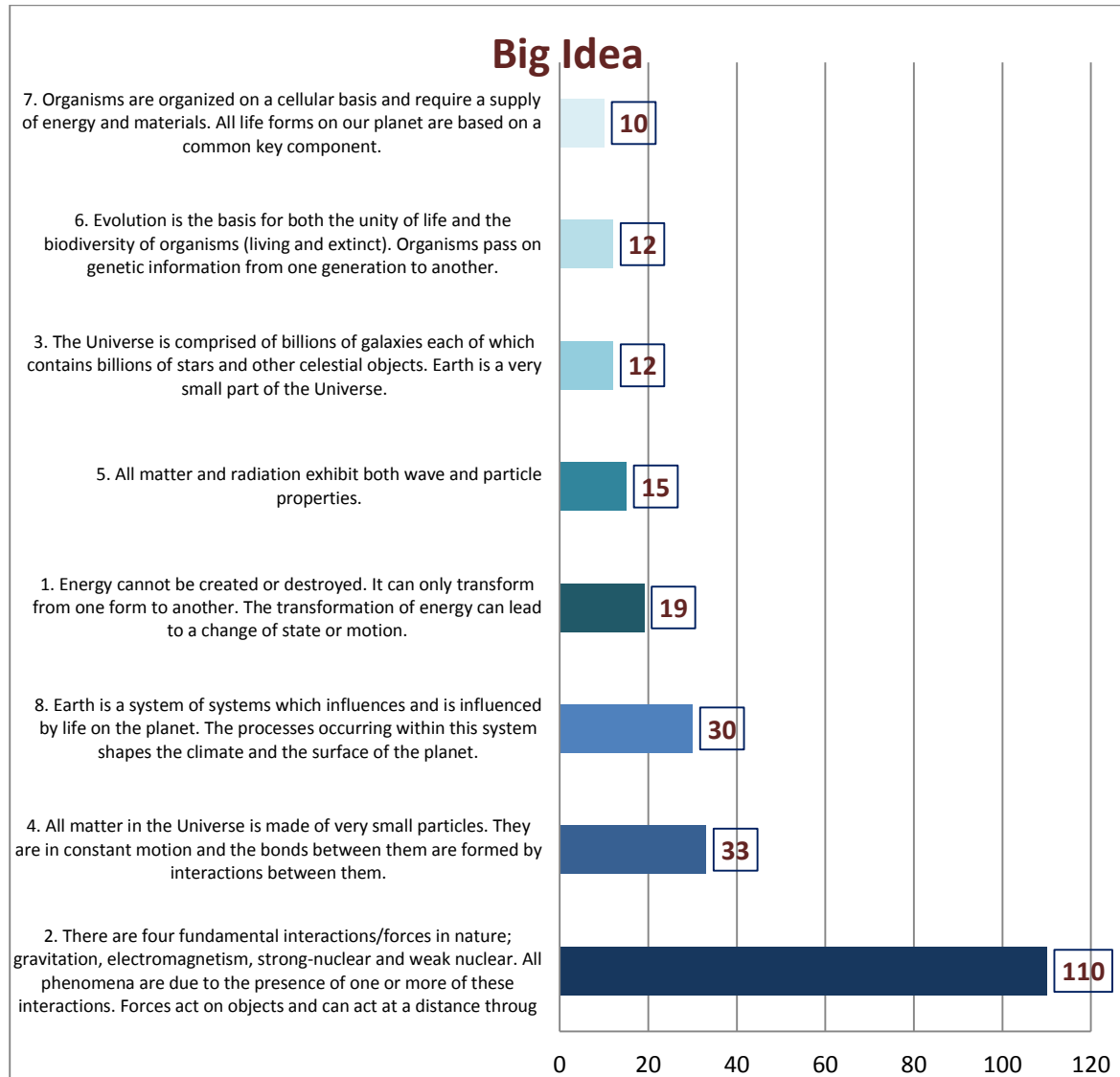
#### 4.4.3 Ανάλυση του στοιχείου "Big idea"

*Πίνακας 10: Heat map της μετρικής της εντροπίας για το στοιχείο "Big idea"*

Big idea	Entropy
2. There are four fundamental interactions/forces in nature; gravitation, electromagnetism, strong-nuclear and weak nuclear. All phenomena are due to the presence of one or more of these interactions. Forces act on objects and can act at a distance through a respective physical field causing a change in motion or in the state of matter.	0,142998287
4. All matter in the Universe is made of very small particles. They are in constant motion and the bonds between them are formed by interactions between them.	0,362509204
8. Earth is a system of systems which influences and is influenced by life on the planet. The processes occurring within this system shapes the climate and the surface of the planet.	0,379886362
1. Energy cannot be created or destroyed. It can only transform from one form to another. The transformation of energy can lead to a change of state or motion.	0,463163538
5. All matter and radiation exhibit both wave and particle properties.	0,50626245
3. The Universe is comprised of billions of galaxies each of which contains billions of stars and other celestial objects. Earth is a very small part of the Universe.	0,546946463
6. Evolution is the basis for both the unity of life and the biodiversity of organisms (living and extinct). Organisms pass on genetic information from one generation to another.	0,546946463

7. Organisms are organized on a cellular basis and require a supply of energy and materials. All life forms on our planet are based on a common key component.

0,580187722



Σχήμα 3: Γράφημα αριθμού εμφάνισης τιμών για το στοιχείο "Big idea"

Από τις Μεγάλες Ιδέες της Επιστήμης η *δεύτερη μεγάλη ιδέα*, η οποία αφορά φυσικές έννοιες, παρατηρείται να έχει τη μεγαλύτερη πιθανότητα εντοπισμού στο δείγμα καθώς η τιμή της εντροπίας της είναι μικρή ( $H_{\text{Big idea}2}=0,142998287$ ) και επομένως, ο αριθμός εμφάνισης της συγκεκριμένης ιδέας μεγάλος με  $N_{\text{Big idea}2}=110$  (Σχήμα 3). Από τις τιμές της εντροπίας φαίνεται πως ακολουθούν οι μεγάλες ιδέες 4 ( $H_{\text{Big idea}4}=0,362509204$ ) και 8 ( $H_{\text{Big idea}8}=$

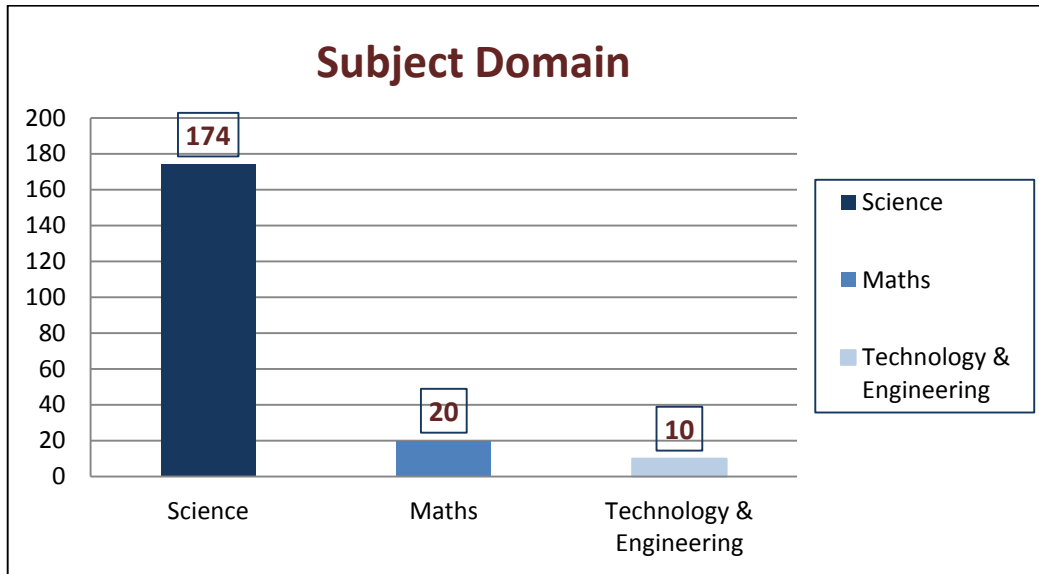
0,379886362) από το χώρο της Χημείας και της Περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, αντίστοιχα (Πίνακας 10). Αντίθετα, οι τιμές του στοιχείου *Big idea*, οι οποίες μεταφέρουν μήνυμα με τη μεγαλύτερη χρησιμότητα καθώς έχουν μικρή πιθανότητα εντοπισμού και εμφάνισης στο δείγμα είναι οι μεγάλες ιδέες 3, 6 και 7 (Πίνακας 10).

Ο κατά πολύ μεγαλύτερος αριθμός εμφάνισης της 2<sup>ης</sup> μεγάλης ιδέας στο δείγμα συνδέεται με τον τομέα τον οποίο εκπροσωπεί. Στην ιδέα αυτή συγκεντρώνονται οι βασικές παραδοχές της Φυσικής περί δυνάμεων στη φύση και λαμβάνοντας υπόψη τη φύση των ΕΑΕ, συμπεραίνουμε πως η πλειοψηφία αυτών μελετά θεωρήσεις που προέρχονται από τον τομέα της Φυσικής. Βεβαίως, συναντώνται και άλλες μεγάλες ιδέες στο δείγμα που αφορούν τις συνδέσεις μεταξύ των ατόμων και τις αλληλεπιδράσεις, τους οργανισμούς και τη γη.

#### 4.4.4 Ανάλυση του στοιχείου "Subject domain"

Πίνακας 11: Heat map της μετρικής της εντροπίας για το στοιχείο "Subject domain"

Subject domain	Entropy
Science	0,029909948
Maths	0,436693366
Technology & Engineering	0,567030248



**Σχήμα 4:** Γράφημα αριθμού εμφάνισης τιμών για το στοιχείο "Subject domain"

Τόσο από το heat map όσο και από το bar chart είναι φανερό πως η κατανομή των τιμών του στοιχείου *Subject domain* είναι άνιση. Η τιμή της εντροπίας για τον τομέα *Science*, η οποία είναι σχεδόν 0 ( $H_{\text{Science}}=0,029909948$ ) μας πληροφορεί πως το μήνυμα που μεταφέρεται μέσω της τιμής αυτής συναντάται στην πλειοψηφία του δείγματος των εργαστηρίων. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται και από το Σχήμα 4 όπου ο αριθμός εμφάνισης της τιμής *Science* είναι 174. Με μεγάλη διαφορά ακολουθεί ο τομέας *Μαθηματικά* (*Maths*) ( $H_{\text{Maths}}=0,436693366$ ) στον οποίο ανήκουν 20 εργαστήρια. Τέλος, η τιμή *Τεχνολογία & Μηχανική* (*Technology & Engineering*) μεταφέρει το μήνυμα με τη μεγαλύτερη χρησιμότητα καθώς κατέχει την υψηλότερη τιμή εντροπίας ( $H_{\text{T\&E}}=0,567030248$ ) η οποία συνοδεύεται από τη μικρότερη τιμή εμφάνισης ( $N_{\text{T\&E}}=10$ ).

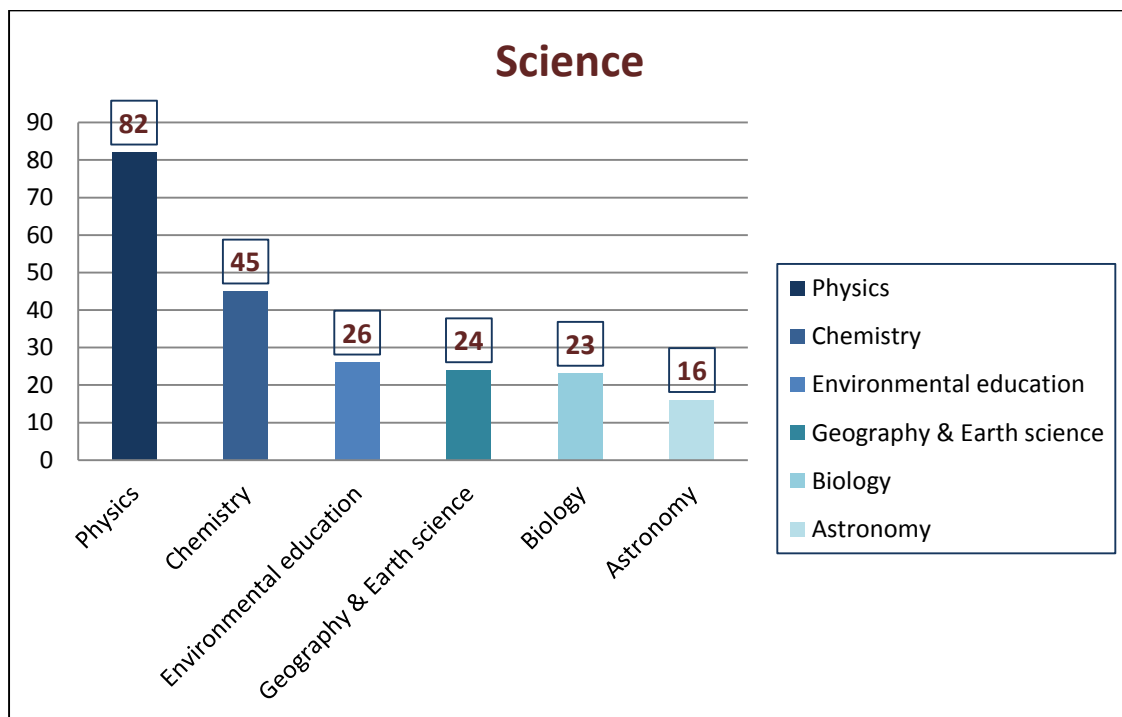
Η μεγάλη αυτή διαφορά της κατανομής που παρατηρήθηκε μεταξύ των τεσσάρων θεματικών τομέων του STEM δικαιολογείται μέσα από του υπό-τομείς που απαρτίζουν το θεματικό του *Science*. Συγκεκριμένα ο τομέας αποτελείται από: Φυσική (*Physics*), Χημεία (*Chemistry*), Περιβαλλοντική εκπαίδευση (*Environmental Education*), Γεωγραφία και Επιστήμη της γης (*Geography & Earth science*), Βιολογία (*Biology*) και Αστρονομία (*Astronomy*), σε αντίθεση με τους υπόλοιπους δύο τομείς που δε διαθέτουν υπό-τομείς.

Για τον παραπάνω λόγο αναλύθηκαν και τα υπό-στοιχεία του "Science".

4.4.4.1 Ανάλυση του στοιχείου "Science"

Πίνακας 12: Heat map της μετρικής της εντροπίας για το στοιχείο "Science"

Science	Entropy
Physics	0,18018772
Chemistry	0,291820404
Environmental education	0,3938739
Geography & Earth science	0,408764795
Biology	0,416682453
Astronomy	0,484196257



Σχήμα 5: Γράφημα αριθμού εμφάνισης τιμών για το στοιχείο "Science"

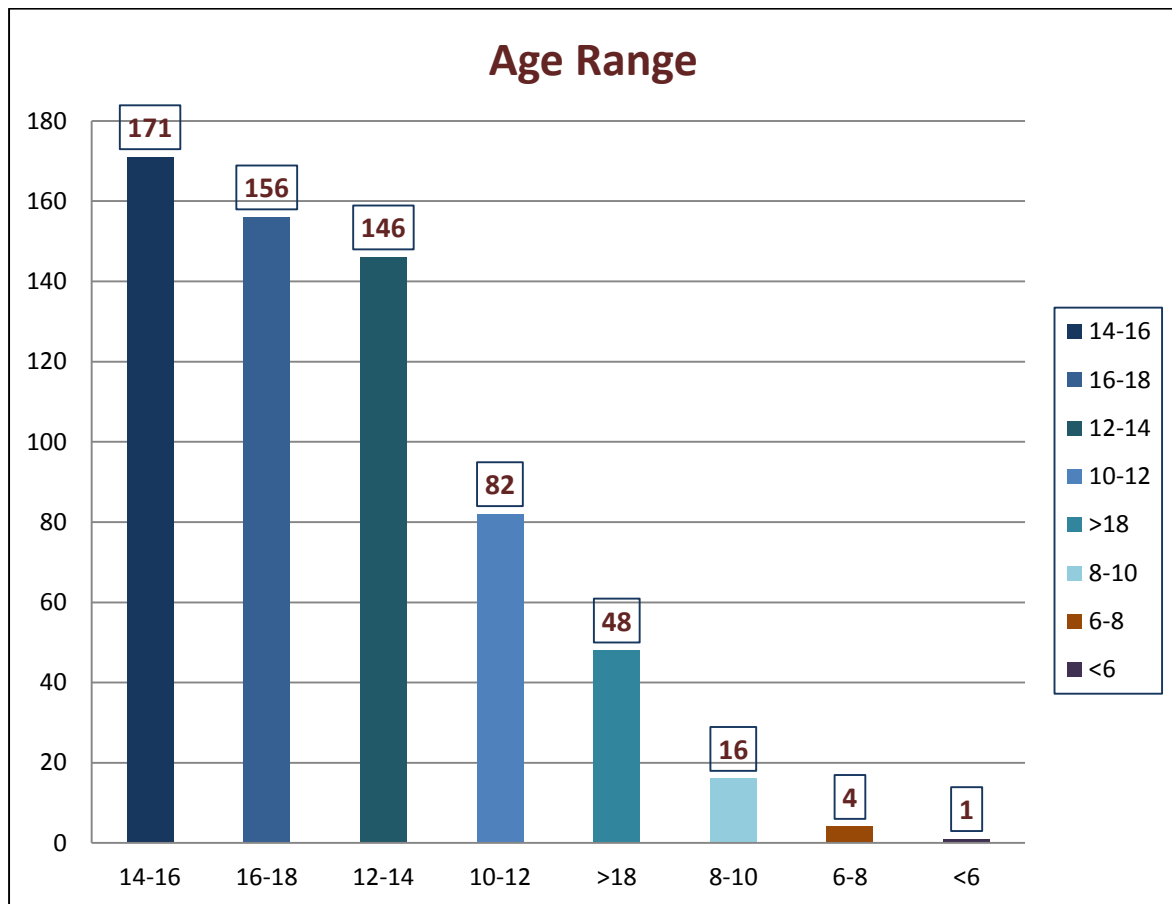
Από τις τιμές του Πίνακα 12 παρατηρούμε πως η επιλογή *Φυσική (Physics)* συγκεντρώνει τη χαμηλότερη τιμή εντροπίας ( $H_{Physics}=0,18018772$ ) μεταφέροντας μήνυμα το οποίο έχει τις μεγαλύτερες πιθανότητες να συναντηθεί στο δείγμα. Με σχεδόν διπλάσια τιμή εντροπίας ( $H_{Chemistry=}$ ) και υποδιπλάσιο αριθμό εμφάνισης ( $N_{Chemistry}=45$ ), ακολουθεί ο υπό-τομέας της *Χημείας (Chemistry)*. Η τιμή με τον μικρότερο αριθμό εμφάνισης στο δείγμα ( $N_{Astronomy}=16$ ) και επομένως με τη μεταφορά του πιο χρήσιμου μηνύματος ( $H_{Astronomy}=0,484196257$ ) είναι αυτή του υπό-τομέα της *Αστρονομίας (Astronomy)*.

Το γεγονός της μεγάλης αντιπροσώπευσης των υπό-τομέων της Φυσικής και της Χημείας από τα ΕΑΕ του δείγματος συνδέεται, όπως προαναφέρθηκε, με την αντίστοιχη μεγάλη αντιπροσώπευση των Μεγάλων Ιδεών που μεταφέρουν παραδοχές των παραπάνω δυο υπό-τομέων, περί δυνάμεων και αλληλεπιδράσεων, αντίστοιχα.

#### 4.4.5 Ανάλυση του στοιχείου "Age range"

**Πίνακας 13:** Heat map της μετρικής της εντροπίας για το στοιχείο "Age range"

Age range	Entropy
14-16	0,201127497
16-18	0,215391854
12-14	0,225685179
10-12	0,315317543
>18	0,398522286
8-10	0,569216292
6-8	0,784608146
<6	1



*Σχήμα 6: Γράφημα αριθμού εμφάνισης τιμών για το στοιχείο "Age range"*

Από τις τιμές της εντροπίας (Πίνακας 13) εντοπίζεται πως οι τιμές 14-16, 16-18 και 12-14 του στοιχείου *Age range* δεν μεταφέρουν χρήσιμες πληροφορίες στον εκπαιδευτικό κατά την αναζήτηση εργαστηρίου που καλύπτει τις συγκεκριμένες ηλικιακές ομάδες, καθώς οι τιμές αυτές συναντώνται σε πολύ μεγάλο αριθμό του δείγματος. Αντίθετα, η αναζήτηση θα καταστεί πιο επιτυχημένη όταν τεθούν ως κριτήριο επιλογής του εργαστηρίου οι ηλικιακές ομάδες 6-8 και >6 ( $H_{6-8}=0,784608146$  -  $H_{>6}=1$ ) καθώς οι τιμές αυτές συναντώνται σε μόλις 4 εργαστήρια και 1, αντίστοιχα.

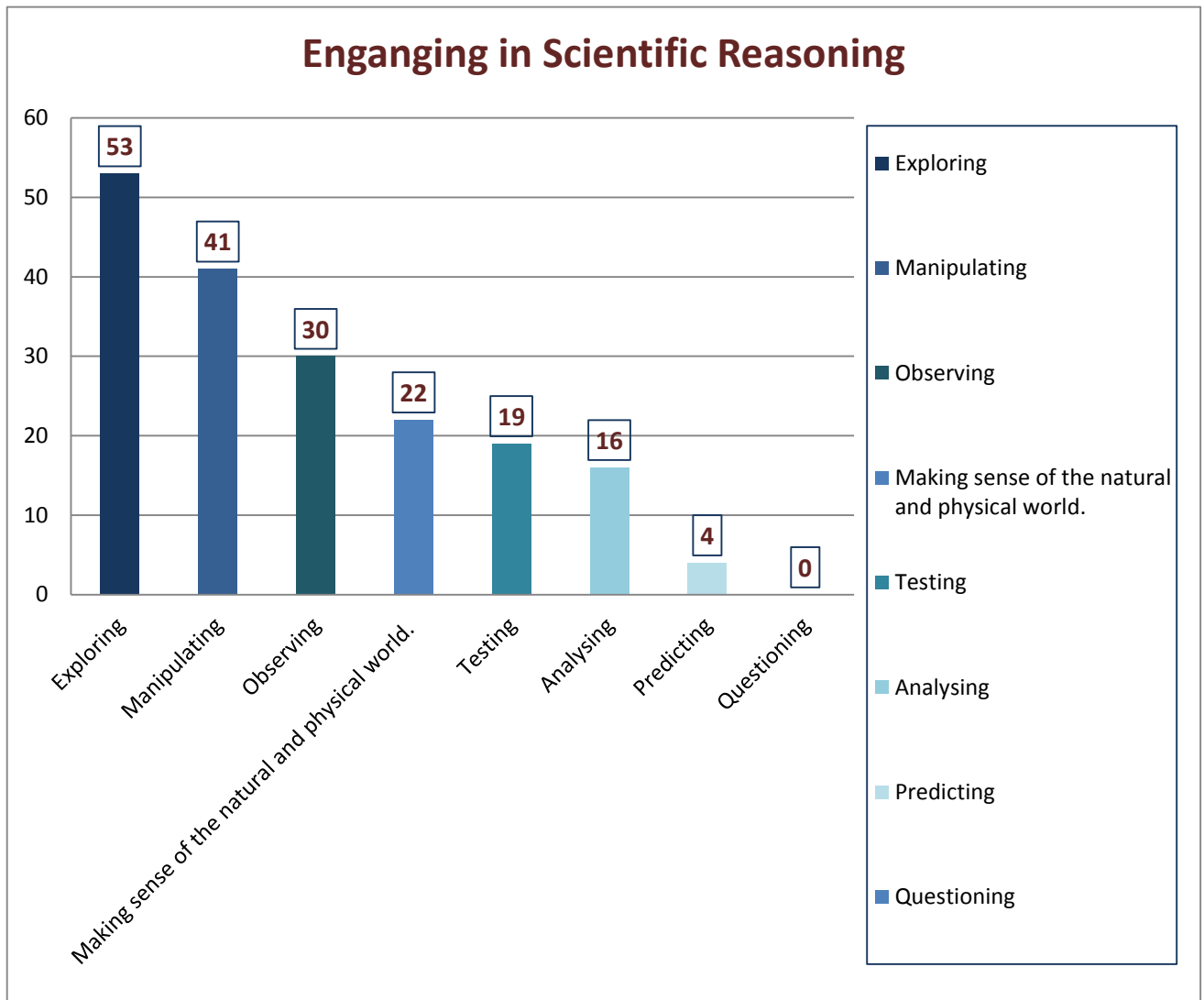
Από τα παραπάνω αποτελέσματα είναι φανερό πως η πλειοψηφία των ΕΑΕ του δείγματος ανταποκρίνεται στις ανάγκες των μαθητών γυμνασίου και λυκείου, ενώ μικρότερος αριθμός αφορά μαθητές δημοτικού. Το γεγονός αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί από την έμφαση που δίνεται στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών, της Τεχνολογίας, της Επιστήμης των Μηχανικών και των Μαθηματικών (STEM) στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και το βαθμό προσέγγισης των εννοιών.



#### 4.4.6 Ανάλυση του στοιχείου "Engaging in Scientific Reasoning"

Πίνακας 14: Heat map της μετρικής της εντροπίας για το στοιχείο "Engaging in Scientific Reasoning"

Engaging in Scientific Reasoning	Entropy
Exploring	0,239459522
Manipulating	0,288636217
Observing	0,348474032
Making sense of the natural and physical world	0,407886635
Testing	0,435969678
Analysing	0,468888939
Predicting	0,734444469
Questioning	



Σχήμα 7: Γράφημα αριθμού εμφάνισης τιμών για το στοιχείο “Engaging in Scientific Reasoning”

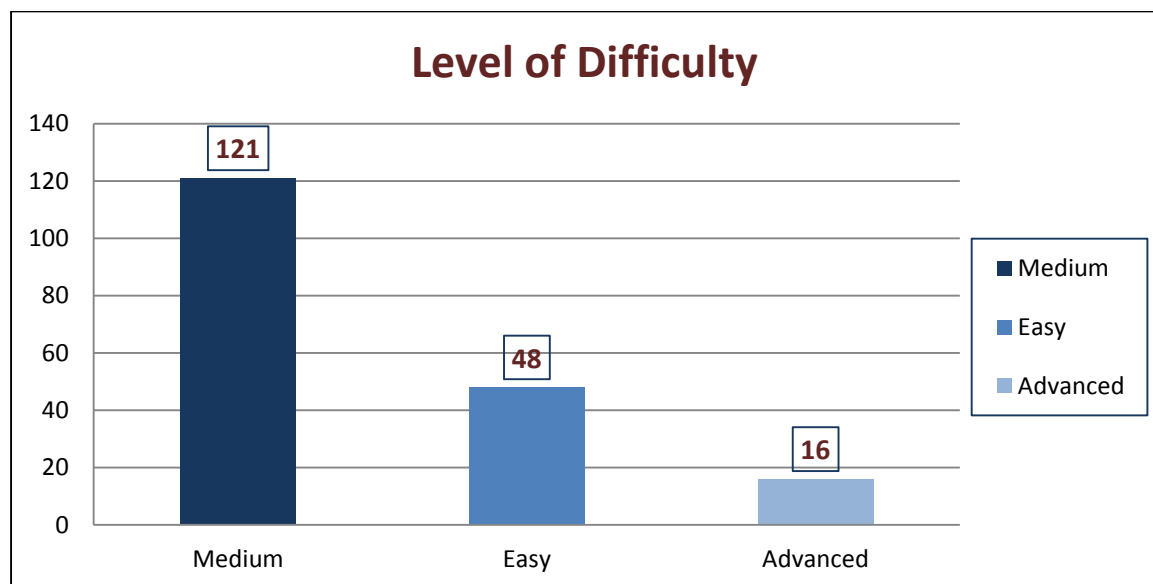
Από την παραπάνω ανάλυση είναι φανερό πως η κατανομή των τιμών του στοιχείου *Engaging in Scientific Reasoning* είναι κανονική. Οι τιμές της εντροπίας δεν παρουσιάζουν μεγάλες αποκλίσεις (Πίνακας 14). Τη χαμηλότερη εντροπία, την οποία συνοδεύει η υψηλότερη εμφάνιση στο δείγμα ( $N_{\text{exploring}}=53$ ), κατέχει η τιμή *Exploring* ( $H_{\text{exploring}}=0,239459522$ ). Με απόκλιση 3 μονάδων στον αριθμό εμφάνισης από την προηγούμενη (Σχήμα 7), η τιμή *Making sense of the natural and physical world* εμφανίζεται στο δείγμα 22 φορές, η τιμή *Testing* 19 φορές και η τιμή *Analysing* 16 φορές, ενώ κανένα εργαστήριο του δείγματος δεν εμπλέκει τον εκπαιδευόμενο στο *Questioning* ( $N_{\text{questioning}}=0$ ).

Η φύση των ΕΑΕ σε συνδυασμό με τις ηλικιακές ομάδες τις οποίες η πλειοψηφία των εργαστηρίων του δείγματος καλύπτουν, δικαιολογούν τις τιμές *Exploring* και *Manipulating* ως τις πιο συχνά ανευρέσιμες, αναφορικά με την επιστημονική σκέψη που καλλιεργείται μέσω του κάθε ΕΑΕ.

#### 4.4.7 Ανάλυση του στοιχείου "Level of Difficulty"

Πίνακας 15: Heat map της μετρικής της εντροπίας για το στοιχείο "Level of Difficulty"

Level of Difficulty	Entropy
Medium	0,081328801
Easy	0,25844116
Advanced	0,468888939



Σχήμα 8: Γράφημα αριθμού εμφάνισης τιμών για το στοιχείο "Level of Difficulty"

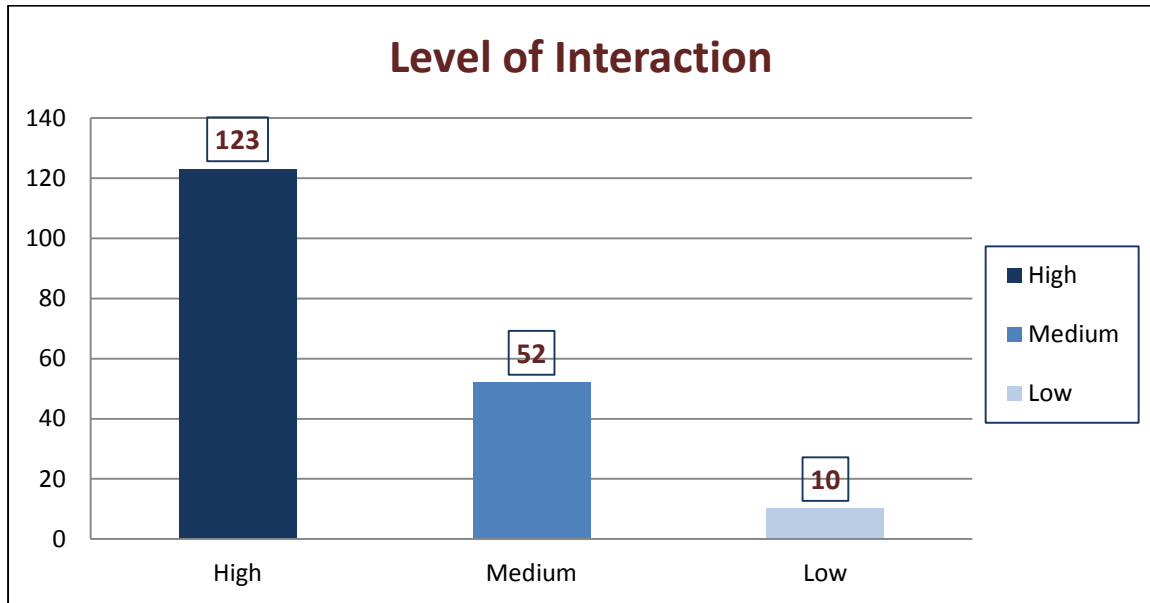
Όπως είναι φανερό από το Σχήμα 8, από το συνολικό δείγμα των 185 εργαστηρίων τα 121 από αυτά έχουν επίπεδο δυσκολίας μέτριο ( $N_{\text{medium}}=121$ ). Ο υψηλός αυτός αριθμός εμφάνισης συνοδεύεται από τιμή εντροπίας 0 ( $H_{\text{medium}}=0,081328801$ ). Με μεγάλη διαφορά ακολουθούν τα εργαστήρια εύκολου επιπέδου ( $N_{\text{easy}}=48$  -  $H_{\text{easy}}=0,25844116$ ), ενώ πιο δύσκολα ανευρέσιμα στο δείγμα είναι τα εργαστήρια με μεγάλη δυσκολία ( $N_{\text{advanced}}=16$ ), τιμή του στοιχείου *Level of Difficulty*, η οποία καθιστά την αναζήτηση του εκπαιδευτικού μέσα στο δείγμα την πλέον αποτελεσματική.

Το μέτριο επίπεδο δυσκολίας της πλειοψηφίας του δείγματος επιβεβαιώνει τη μέριμνα για την ενίσχυση της ενασχόλησης των εκπαιδευόμενων με τα ΕΑΕ. Η κυριαρχία του μέτριου και στη συνέχεια του εύκολου επιπέδου έρχεται σε συμφωνία με τις ηλικιακές ομάδες που τα ΕΑΕ του δείγματος καλύπτουν. Με αυτόν τον τρόπο ο εκπαιδευόμενος, εφοδιασμένος με τις βασικές γνώσεις, ενθαρρύνεται να εξασκηθεί στα πειραματικά περιβάλλοντα των ΕΑΕ.

#### 4.4.8 Ανάλυση του στοιχείου “Level of Interaction”

*Πίνακας 16: Heat map της μετρικής της εντροπίας για το στοιχείο “Level of Interaction”*

Level of Interaction	Entropy
High	0,078188438
Medium	0,243108353
Low	0,558921811



*Σχήμα 9: Γράφημα αριθμού εμφάνισης τιμών για το στοιχείο "Level of Interaction"*

Η τιμή *High* του στοιχείου *Level of Interaction* μεταφέρει μήνυμα μέσα στο δείγμα με τη μικρότερη χρησιμότητα ( $H_{high}=0,078188438$ ) καθώς αυτό εμφανίζεται σε 123 εργαστήρια ( $N_{high}=123$ ) από τα συνολικά 185. Λιγότερα από τα μισά εργαστήρια του δείγματος ανήκουν στο μέτριο επίπεδο διαδραστικότητας ( $N_{medium}=52$ ) ενώ μόλις 10 από αυτά έχουν επίπεδο διαδραστικότητας χαμηλό ( $N_{low}=10$ ). Η τιμή *Low* του στοιχείου *Level of Interaction* μεταφέρει την πιο χρήσιμη πληροφορία μεταξύ των υπόλοιπων δύο τιμών ( $H_{low}=0,558921811$ ).

Η συντριπτική πλειοψηφία του υψηλού επιπέδου διαδραστικότητας των ΕΑΕ του δείγματος δικαιολογείται από τον βασικό στόχο που αυτά θέτουν προς τους εκπαιδευόμενους, που είναι η δυνατότητα πρακτικής εξάσκησης στο πλαίσιο των Φυσικών Επιστημών, της Τεχνολογίας, της Επιστήμης των Μηχανικών και των Μαθηματικών (STEM). Με βασικά χαρακτηριστικά των ΕΑΕ την αλληλεπίδραση του εκπαιδευόμενου με την οθόνη διεπαφής και την ενίσχυση της ανακαλυπτικής και αυτόνομης μάθησης, το παραπάνω αποτέλεσμα είναι αναμενόμενο.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ**

### **5.1 Εισαγωγή**

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν τα συμπεράσματα που προέκυψαν μέσα από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στα στοιχεία των μεταδεδομένων του μοντέλου που χρησιμοποιήθηκε για τον χαρακτηρισμό των εργαστηρίων της εργασίας. Ακόμη, θα προταθούν μελλοντικές κατευθύνσεις και προεκτάσεις, οι οποίες θα αποτελέσουν εφελτήριο για ερευνητική ενασχόληση.

### **5.2 Συμπεράσματα**

Στόχο της παρούσας εργασίας απετέλεσε η διευκόλυνση της αναζήτησης, της ανεύρεσης και της ανάκτησης εργαστηρίων διαδικτυακά διαθέσιμων. Η αναγνώριση αυτής της ανάγκης προήλθε από την απουσία ενός κοινού εκπαιδευτικού τρόπου συγκέντρωσης και οργάνωσης των ΕΑΕ, η οποία υπογραμμίζεται στη διεθνή βιβλιογραφία. Προς αυτήν την κατεύθυνση, λοιπόν, επιχειρήθηκε η παραγωγή ενός αποθετηρίου στο οποίο συγκεντρώθηκαν 185 εικονικά και απομακρυσμένα εργαστήρια και εργαλεία ανάλυσης τα οποία χαρακτηρίστηκαν πλήρως με μεταδεδομένα.

Βασικό εργαλείο της εργασίας απετέλεσε το μοντέλο μεταδεδομένων για την οργάνωση εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων του Zervas και των συνεργατών του (2014). Κριτήριο επιλογής του συγκεκριμένου μοντέλου απετέλεσε το γεγονός πως η ανάπτυξη αυτού προήλθε ως αποτέλεσμα της συγκριτικής μελέτης των στοιχείων μεταδεδομένων 13 ηλεκτρονικών αποθετηρίων εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων με σκοπό τον προσδιορισμό των κοινών στοιχείων, γεγονός που καθιστά το επιλεγθέν μοντέλο το μοναδικό μοντέλο μεταδεδομένων που σχεδιάστηκε αποκλειστικά για ΕΑΕ. Ακόμη, η πληρότητα του μοντέλου με καινοτόμα εκπαιδευτικά μεταδεδομένα, όπως τα στοιχεία των εκπαιδευτικών στόχων, των μεγάλων ιδεών της Επιστήμης, της εμπλοκής στην επιστημονική σκέψη και των τεχνολογικών ικανοτήτων του εκπαιδευτικού κρίνεται πως ενισχύει την προσπάθεια του εκπαιδευτικού για τον εντοπισμό βάσει κριτηρίων του κατάλληλου εργαστηρίου.

Την ολοκλήρωση του χαρακτηρισμού των 185 ΕΑΕ ακολούθησε ανάλυση των μεταδεδομένων των εν λόγω εργαστηρίων. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση του περιεχομένου της πληροφορίας που μετέφεραν οχτώ (8) στοιχεία εκπαιδευτικών μεταδεδομένων του μοντέλου και συγκεκριμένα τα: Είδος εργαστηρίου (Lab type), Γλώσσα (Language), Μεγάλη Ιδέα της Επιστήμης (Big Idea of Science), Θεματικός τομέας (Subject domain), Ηλικιακή ομάδα (Age range), Επιστημονική σκέψη (Engaging in Scientific Reasoning), Επίπεδο δυσκολίας (Level of Difficulty) και Επίπεδο διαδραστικότητας (Level of Interaction). Η ανάλυση αυτή έγινε μέσω του υπολογισμού της μετρικής της εντροπίας. Από τις αναλύσεις αυτές προκύπτουν τα συμπεράσματα της εργασίας.

Στο πλαίσιο αυτό αναφέρουμε σχετικά με το είδος εργαστηρίου, την υπεροχή των εικονικών εργαστηρίων έναντι των δύο άλλων τύπων εργαστηρίων στο δείγμα μας. Ο κατά πολύ μεγαλύτερος αριθμός των εικονικών εργαστηρίων στο διαδίκτυο δικαιολογείται από το χαμηλό κόστος κατασκευής τους και τη μεγαλύτερη εξοικείωση με περιβάλλοντα προσομοίωσης τόσο από τους εκπαιδευτικούς όσο και από τους μαθητές. Ένας ακόμη πιθανός λόγος είναι η ευκολία στην πρόσβαση αυτών μέσω των προσιτών τεχνικών τους απαιτήσεων. Αντίθετα, τα απομακρυσμένα εργαστήρια και τα εργαλεία ανάλυσης απαιτούν εξειδικευμένο εξοπλισμό και συνεπώς, υψηλότερο κόστος.

Ως προς τη γλώσσα στην οποία μεταφράζονται τα υπό μελέτη εργαστήρια, οι αναλύσεις μας επιτρέπουν να συμπεράνουμε πως προκειμένου να καταστεί εφικτή η χρήση του εργαστηρίου παγκοσμίως και η γλώσσα διεπαφής του χρήστη να μην αποτελέσει κριτήριο αποκλεισμού, όλα τα εργαστήρια παρέχονται στην αγγλική γλώσσα. Επιπρόσθετα, παρατηρήθηκε μεγάλη ποικιλία στις μεταφραζόμενες γλώσσες των εργαστηρίων. Μεταξύ αυτών ανήκουν τόσο οι πιο κοινές ευρωπαϊκές γλώσσες, όπως γερμανικά, ιταλικά, γαλλικά και ισπανικά, όπως αναμενόταν, αλλά και γλώσσες με μικρότερη απήχηση, όπως βουλγαρικές και ινδικές.

Επίσης, αναφορικά με τον θεματικό τομέα στον οποίο ανήκουν τα εργαστήρια, συμπεραίνουμε πως ο τομέας της Επιστήμης (Science) συγκεντρώνει την πλειοψηφία των ΕΑΕ του δείγματος, ενώ μικρός αριθμός εργαστηρίων προέρχονται από τον τομέα των Μαθηματικών (Maths) και ακόμη μικρότερος από τον τομέα Τεχνολογία & Μηχανική (Technology & Engineering). Η υπεροχή του τομέα της Επιστήμης (Science) δικαιολογείται από τους υπό-τομείς τους οποίους περιλαμβάνει και αντιπροσωπεύονται από τη συντριπτική πλειοψηφία των εργαστηρίων. Στο πλαίσιο αυτό, ανέκυψε το συμπέρασμα πως πιο εύκολα ανευρέσιμα είναι τα εργαστήρια από τον υπό-τομέα της Φυσικής (Physics), ενώ ακολουθούν

εκείνα από τον υπό-τομέα της Χημείας (Chemistry). Αντιθέτως, πιο δύσκολα ανευρέσιμος υπό-τομέας είναι της Αστρονομίας (Astronomy).

Ένα ακόμη συμπέρασμα προήλθε από την ανάλυση του στοιχείου Μεγάλη ιδέα (Big idea), σύμφωνα με το οποίο η 2<sup>η</sup> μεγάλη ιδέα καθίσταται η πιο κοινή μεταξύ των ΕΑΕ του δείγματος. Η συγκεκριμένη μεγάλη ιδέα ενσωματώνει τις βασικές παραδοχές της Φυσικής και δεδομένου ότι πιο εύκολα ανευρέσιμα είναι τα εργαστήρια του υπό-τομέα της Φυσικής (Physics), το συμπέρασμα αυτό ήταν αναμενόμενο. Ανάλογες παρατηρήσεις προκύπτουν για τις μεγάλες ιδέες 4 και 8, οι οποίες ανήκουν στους αμέσως πιο συχνά εντοπίσιμους υπό-τομείς, της Χημείας (Chemistry) και της Περιβαλλοντικής εκπαίδευσης (Environmental education).

Τα ΕΑΕ του δείγματος καλύπτουν επαρκώς όλες τις ηλικιακές ομάδες. Με μεγαλύτερη αντιπροσώπευση συναντώνται οι ομάδες 14-16, 16-18 και 12-14 οδηγώντας μας στο συμπέρασμα πως η πλειοψηφία των εργαστηρίων αφορά μαθητές γυμνασίου και λυκείου. Αντιθέτως, μαθητές των πρώτων τάξεων του δημοτικού και της προσχολικής αγωγής έχουν πρόσβαση σε πολύ μικρό αριθμό εργαστηρίων.

Ένα ακόμη αναμενόμενο συμπέρασμα που συνάδει με τη φύση των εργαστηριακών περιβαλλόντων των ΕΑΕ αφορά το στοιχείο της Επιστημονικής σκέψης (Engaging in Scientific Reasoning). Συγκεκριμένα, η εξερεύνηση (exploring) και ο χειρισμός (manipulating) καλλιεργούνται μέσω των περισσότερων ΕΑΕ, ενώ η αναζήτηση εργαστηρίων που εμπλέκουν τον εκπαιδευόμενο με την πρόβλεψη (predicting) αποφέρει τα λιγότερα αποτελέσματα.

Ως προς το επίπεδο δυσκολίας των εργαστηρίων, παρατηρήθηκε πως στο διαδίκτυο πιο εύκολα ανευρέσιμα είναι τα εργαστήρια που ανήκουν στο μέτριο επίπεδο. Ακολουθούν εκείνα του εύκολου επιπέδου, ενώ με δυσκολία εντοπίζονται εργαστήρια προχωρημένου επιπέδου. Οι παρατηρήσεις αυτές πιθανόν να προκύπτουν από τη διάθεση ενίσχυσης της εμπλοκής των μαθητών στα ΕΑΕ. Το παραπάνω συμπέρασμα, ακόμη, σχετίζεται με τις ηλικιακές ομάδες στις οποίες απευθύνονται τα ΕΑΕ του δείγματος, οι οποίες στην πλειοψηφία τους αφορούν μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Επομένως, το επίπεδο δυσκολίας των ΕΑΕ δε θα μπορούσε να ήταν ούτε υψηλό ούτε, όμως, και εύκολο.



Τέλος, αναφορικά με το επίπεδο διαδραστικότητας των εργαστηρίων συμπεραίνουμε πως η συντριπτική πλειοψηφία των ΕΑΕ του δείγματος δίνει την ευκαιρία στον εκπαιδευόμενο να αναλάβει ενεργό ρόλο στη διαδικασία. Η ευκαιρία αυτή παρέχεται μέσα από τη δυνατότητα χειρισμού μεγάλου αριθμού μεταβλητών που με τη σειρά της ενθαρρύνει τον εκπαιδευόμενο να εξασκηθεί στην πρακτική εργασία.

Συνοψίζοντας, κρίνεται πως το παραγόμενο αποθετήριο αποτελεί σημαντική δεξαμενή ΕΑΕ, συμβάλλοντας στη διεθνή προσπάθεια για ενίσχυση του εντοπισμού και της επαναχρησιμοποίησης των διαθέσιμων ηλεκτρονικά εικονικών και απομακρυσμένων εργαστηρίων.

### **5.3 Μελλοντικές Κατευθύνσεις**

Μελλοντικά η εργασία θα μπορούσε να προσανατολιστεί σε κατευθύνσεις πρακτικής αξιοποίησης της δεξαμενής των 185 ΕΑΕ πλήρως χαρακτηρισμένων με μεταδεδομένα. Η αξιοποίηση αυτή θα μπορούσε να επιτευχθεί τόσο με τη δημιουργία ενός νέου διαδικτυακού αποθετηρίου που θα αποτελούταν από τα εργαστήρια της εργασίας, όσο και από την συμπερίληψη αυτών σε υπάρχον αποθετήριο για τον εμπλουτισμό της επιλογής του εκπαιδευτικού.

Ακόμη, προτείνουμε την εφαρμογή της ανάλυσης της πληροφορίας του περιεχομένου και στα υπόλοιπα στοιχεία μεταδεδομένων του μοντέλου, προκειμένου να μελετηθεί η χρησιμότητα του μεταφερόμενου μηνύματος κατά την αναζήτηση και σε στοιχεία πέραν των παιδαγωγικών, στα οποία επικεντρώθηκε η παρούσα εργασία. Οι πληροφορίες που μπορούν να εξαχθούν από τα γενικά μεταδεδομένα, για παράδειγμα, είναι πολλές και ερευνητικά ενδιαφέρουσες.

Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί η ανάγκη δημιουργίας ενός κοινού παγκόσμιου διαδικτυακού αποθετηρίου όπου θα συγκεντρώνονται και θα οργανώνονται, με εκπαιδευτικό, ουσιαστικό τρόπο, όλα τα διαθέσιμα διαδικτυακά ΕΑΕ. Η παραχθείσα δεξαμενή της παρούσας εργασίας και τα εικονικά και απομακρυσμένα εργαστήρια των ήδη υπάρχοντων ηλεκτρονικών αποθετηρίων θα μπορέσουν να αποτελέσουν την αρχή αυτής της συλλογικής προσπάθειας.

## Βιβλιογραφία

Abdulwahed, M., & Nagy, Z. K. (2011). The TriLab, a novel ICT based triple access mode laboratory education model. *Computers and Education*, 56(1), 262–274. Ανακτήθηκε από: [http://ac.els-cdn.com/S0360131510002186/1-s2.0-S0360131510002186-main.pdf?\\_tid=35a3aee4-7097-11e4-85cc-00000aacb35d&acdnat=1416475727\\_32f2847ecfd24dc69b852f696a2f9c30](http://ac.els-cdn.com/S0360131510002186/1-s2.0-S0360131510002186-main.pdf?_tid=35a3aee4-7097-11e4-85cc-00000aacb35d&acdnat=1416475727_32f2847ecfd24dc69b852f696a2f9c30)

Almgren, R. C., & Cahow, J. A. (2005). Evolving Technologies and Trends for Innovative Online Delivery of Engineering Curriculum. *International Journal on Online Engineering*, 1(1), 1-6. Ανακτήθηκε από: <http://online-journals.org/index.php/i-joe/article/view/292/2983>

Alves, G. R., Gericota, M. G., Silva, J. B., & Alves, J. B. (2007). *Large and small scale networks of remote labs: A survey*. In L. Gomes, & J. García-Zubia (Eds), *Advances on remote laboratories and e-learning experience* (pp. 15-34). Bilbao: Deusto Publicaciones. Ανακτήθηκε από: [https://www.weblab.deusto.es/Advances\\_on\\_remote\\_labs.pdf](https://www.weblab.deusto.es/Advances_on_remote_labs.pdf)

Balamuralithara, B., & Woods, P. C. (2009). Virtual laboratories in engineering education: The simulation lab and remote lab. *Computer Applications in Engineering Education*, 17(1), pp. 108-118. Ανακτήθηκε από: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cae.20186/pdf>

Barros, B., Read, T., & Verdejo, M. F. (2008). Virtual collaborative experimentation: An approach combining remote and local labs. *IEEE Transactions on Education*, 51(2), 242-250. Ανακτήθηκε από: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4407736>

Benmohamed, H., Leleve, A., & Prevot, P. (2004, April 19-23). *Remote laboratories: New technology and standard based architecture*. Paper presented in International Conference on Information and Communication Technologies, From Theory to Applications, Damascus, Syria. Ανακτήθηκε από: <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0706/0706.2974.pdf>

Coble, A., Smallbone, A., Bhave, A., Watson, R., Braumann, A., & Kraft, M. (2010, April 14-16). *Delivering authentic experiences for engineering students and professionals through e-labs*. Paper presented in Engineering Education Conference, The Future of Learning-Globalizing in Education, Madrid, Spain. Ανακτήθηκε από:

<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5492454>

Colwell, C., Scanlon, E., & Cooper, M. (2002). Using remote laboratories to extend access to science and engineering. *Computers and Education*, 38(1), 65-76. Ανακτήθηκε από:

<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4407736>

Corter, J. E., Esche, S. K., Chassapis C., Ma J., & Nickerson, J. V. (2011). Process and learning outcomes from remotely-operated, simulated, and hands-on student laboratories.

*Computers and Education*, 57(3), 2054-2067. Ανακτήθηκε από: [http://ac.els-cdn.com/S036013151100090X/1-s2.0-S036013151100090X-main.pdf?\\_tid=45968270-730a-11e4-b9d9-00000aacb360&acdnat=1416745048\\_621549ec7823e865797e0f49056ebf46](http://ac.els-cdn.com/S036013151100090X/1-s2.0-S036013151100090X-main.pdf?_tid=45968270-730a-11e4-b9d9-00000aacb360&acdnat=1416745048_621549ec7823e865797e0f49056ebf46)

Corter, J. E., Nickerson, J. V., Esche, S. K., & Chassapis, C. (2004, October 20-23). *Remote versus hands-on labs: A comparative study*. Paper presented in 34th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Savannah, GA. Ανακτήθηκε από:

<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1263343>

Corter, J. E., Nickerson, J. V., Esche, S. K., & Chassapis, C. (2007). Constructing reality: A study of remote, hands-on and simulated laboratories. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 14(2). Ανακτήθηκε από:

[http://www.matecnetworks.org/externship/esyst/Hands-on\\_learning\\_vs\\_simulations.pdf](http://www.matecnetworks.org/externship/esyst/Hands-on_learning_vs_simulations.pdf)

Cyganiak, R., Stenzhorn, H., Delbru, R., Decker, S., & Tummarello, G. (2008). Semantic sitemaps: Efficient and flexible access to datasets on the semantic web. In S. Bechhofer et al., (Eds.), *The semantic web: Research and applications* (pp. 690-704). Berlin: Springer.

Ανακτήθηκε από: [http://download.springer.com/static/pdf/83/chp%253A10.1007%252F978-3-540-68234-9\\_50.pdf?auth66=1426706436\\_07cdd83bc3a1214c171c1f81e2c7f8da&ext=.pdf](http://download.springer.com/static/pdf/83/chp%253A10.1007%252F978-3-540-68234-9_50.pdf?auth66=1426706436_07cdd83bc3a1214c171c1f81e2c7f8da&ext=.pdf)

Dixon, W. E., Dawson, D. M., Costic, B. T., & Queiroz, M. S. (2002). A Matlab-based control systems laboratory experience for undergraduate students: Toward standardization and shared resources. *IEEE Transactions on Education*, 45(3), 218-226. Ανακτήθηκε από: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1024613>

De Jong, T. (2010). Technology supports for acquiring inquiry skills. In P. Zervas, A. Trichos, D. G. Sampson & N. Li. (2014, July 7-9). *A responsive design approach for supporting mobile access to virtual and remote laboratories*. Paper presented in the 14th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, Athens, Greece. Ανακτήθηκε από: [http://infoscience.epfl.ch/record/199449/files/ICALT2014\\_ZervasTrichosSampsonLi%20\(Camera-Ready\).pdf](http://infoscience.epfl.ch/record/199449/files/ICALT2014_ZervasTrichosSampsonLi%20(Camera-Ready).pdf)

De Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science*, 340(6130), 305-308. Ανακτήθηκε από: <http://www.go-lab-project.eu/sites/default/files/files/publications/file/Science-2013-de%20Jong-305-8.pdf>

De Jong, T., Sotiriou, S., & Gillet, D. (2014). Innovations in STEM education: the Go-Lab federation of online labs. *Smart learning environments*, 1(1). Ανακτήθηκε από: [http://download.springer.com/static/pdf/320/art%253A10.1186%252Fs40561-014-0003-6.pdf?auth66=1426707074\\_e8eabc61556fe3d464856e0130bc5a&ext=.pdf](http://download.springer.com/static/pdf/320/art%253A10.1186%252Fs40561-014-0003-6.pdf?auth66=1426707074_e8eabc61556fe3d464856e0130bc5a&ext=.pdf)

Dobson, E. L., Hill, M., & Turner, J. D. (1995). An evaluation of the student response to electronics teaching using a CAL package. *Computers and Education*, 25(1), 13-20. Ανακτήθηκε από: [http://ac.els-cdn.com/0360131596817660/1-s2.0-0360131596817660-main.pdf?\\_tid=0ad616fe-709a-11e4-b3d8-00000aacb35f&acdnat=1416476943\\_14164cf924344aa94220db567a1da333](http://ac.els-cdn.com/0360131596817660/1-s2.0-0360131596817660-main.pdf?_tid=0ad616fe-709a-11e4-b3d8-00000aacb35f&acdnat=1416476943_14164cf924344aa94220db567a1da333)

Donzellini, G., & Ponta, D. (2007). The electronic laboratory: Traditional, simulated or remote?. In L. Gomes, & J. García-Zubia (Eds), *Advances on remote laboratories and e-learning experience* (pp. 224-245). Bilbao: Deusto Publicaciones. Ανακτήθηκε από: [https://www.weblab.deusto.es/Advances\\_on\\_remote\\_labs.pdf](https://www.weblab.deusto.es/Advances_on_remote_labs.pdf)

Eikaas, T. I., Schmid, C., Foss, B. A., & Gillet, D. (2003). A global remote laboratory experimentation network and the experiment service provider business model. *Modeling, Identification and Control*, 24(3), 159-167. Ανακτήθηκε από: <http://www.mic-journal.no/PDF/2003/MIC-2003-3-2.pdf>

Feeley, R., Seiler, P., Packard, A., & Frenklach, M. (2004). Consistency of a reaction dataset. In A. H., Renear, S. Sacchi & K. M. Wickett, *Definitions of dataset in the scientific and technical literature* (pp. 1-4). Ανακτήθηκε από: [https://www.asis.org/asist2010/proceedings/proceedings/ASIST\\_AM10/submissions/240\\_Final\\_Submission.pdf](https://www.asis.org/asist2010/proceedings/proceedings/ASIST_AM10/submissions/240_Final_Submission.pdf)

Feisel, L., & Peterson, G. D. (2002, November 6-9). *A colloquy on learning objectives for engineering educational laboratories*. Paper presented in 32<sup>nd</sup> ASEE/KEEE Frontiers in Education Conference, Boston, MA. Ανακτήθηκε από: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1158127>

Gomes, L., & Bogosyan, S. (2009). Current trends in remote laboratories. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 56(12), 4744-4756. Ανακτήθηκε από: [ftp://labattmot.ele.ita.br/ele/elisa/Leitura/2009\\_Gomes\\_Current\\_Trends\\_in\\_Remote\\_Laboratories.pdf](ftp://labattmot.ele.ita.br/ele/elisa/Leitura/2009_Gomes_Current_Trends_in_Remote_Laboratories.pdf)

Gomes, L., Coito, F., Costa, A. & Palma, L. B. (2007). Teaching, learning and remote laboratories. In L. Gomes, & J. García-Zubia (Eds), *Advances on remote laboratories and e-learning experience* (pp. 189-204). Bilbao: Deusto Publicaciones. Ανακτήθηκε από: [https://www.weblab.deusto.es/Advances\\_on\\_remote\\_labs.pdf](https://www.weblab.deusto.es/Advances_on_remote_labs.pdf)

Grasso, D., & Burkins, M. B. (2010). Beyond technology: The holistic advantage. In D., Grasso & M. B., Burkins (Eds), *Holistic engineering education—beyond technology* (pp. 1-10). NY: Springer. Ανακτήθηκε από: [http://download.springer.com/static/pdf/304/bok%253A978-1-4419-1393-7.pdf?auth66=1416756402\\_fc5ac9ab6ce4b1c0b006d5eb09de1460&ext=.pdf](http://download.springer.com/static/pdf/304/bok%253A978-1-4419-1393-7.pdf?auth66=1416756402_fc5ac9ab6ce4b1c0b006d5eb09de1460&ext=.pdf)

Gravier, C., Fayolle, J., Bayard, B., Ates, M., & Lardon, J. (2008). State of the art about remote laboratories paradigms-foundations of ongoing mutations. *International Journal of Online Engineering*, 4(1), 19-25. Ανακτήθηκε από: <http://online-journals.org/index.php/ijoe/article/view/480/391>

Grube, P. P., Boehringer, D., Richter, T., Natho, N., Spiecker, C., Maier, C. & Zutin, D. (2011, April 4-6). *A metadata model for online laboratories*. Paper presented in IEEE Education Engineering, Learning Environments and Ecosystems in Engineering Education, Amman, Jordan. Ανακτήθηκε από: [http://www.lilaproject.org/resources/Documents/files/Grube\\_et\\_al\\_Metadata\\_EDUCON2011.pdf](http://www.lilaproject.org/resources/Documents/files/Grube_et_al_Metadata_EDUCON2011.pdf)

Henry, J., & Ozkaya, M. (2011). Engineering controls labs operated remotely σε García-Zubia, J. & Alves, G. R. (2011). In J. García-Zubia & G. R., Alves (Eds), *Using Remote Labs in Education* (pp. 53-79). Bilbao: Deusto Digital. Ανακτήθηκε από: <http://www.deusto-publicaciones.es/deusto/pdfs/otraspub/otraspub01.pdf>

Jaakkola, T., Nurmi, S. & Veermans, K. (2011). A comparison of students' conceptual understanding of electric circuits in simulation only and simulation laboratory concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(1), 71-93. Ανακτήθηκε από: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/tea.20386/pdf>

Jeschke, S., Richter, T., Scheel, H., & Thomsen, C. (2007). On remote and virtual experiments in eLearning in statistical mechanics and thermodynamics. In M. Iskander (Ed), *Innovations in E-Learning, Instruction, Technology, Assessment and Engineering Education* (pp. 329–334). Dordrecht, NL: Springer. Ανακτήθηκε από: [http://download.springer.com/static/pdf/582/chp%253A10.1007%252F978-1-4020-6262-9\\_57.pdf?auth66=1416645630\\_56d48576407d1bbfdd67eb568efad87c&ext=.pdf](http://download.springer.com/static/pdf/582/chp%253A10.1007%252F978-1-4020-6262-9_57.pdf?auth66=1416645630_56d48576407d1bbfdd67eb568efad87c&ext=.pdf)

Kostulski, T., & Murray, S. (2011, June 28-July 1). *Student feedback from the first national sharing trial of remote labs in Australia*. Paper presented in 8th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, Brasov, Romania. Ανακτήθηκε από: [http://www.labshare.edu.au/media/img/student\\_feedback.pdf](http://www.labshare.edu.au/media/img/student_feedback.pdf)

Lerro, F., Marchisio, S., Plano, M., Protano, M., & Pamel O. V. (2008, September 24-26). *A remote lab like an educational resource in the teaching of the Physics of electronic devices*. Paper presented in International Conference ICL, The Future of Learning-Globalizing in Education, Villach, Austria. Ανακτήθηκε από:

[http://www.icl-conference.org/dl/proceedings/2008/finalpaper/Contribution226\\_a.pdf](http://www.icl-conference.org/dl/proceedings/2008/finalpaper/Contribution226_a.pdf)

Li, H., Aziz, E. S., Esche, S. K., & Chassapis, C. (2007, October 12-13). *Classification of and Search for Online Laboratory Resources Using a Coding Approach*. Paper presented in 37th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Milwaukee, WI. Ανακτήθηκε από:

<http://www.fieconference.org/fie2007/papers/1036.pdf>

Lohrey, J. M., Killeen, N. E., & Egan, G. F. (2009). An integrated object model and method framework for subject-centric e-research applications. *Frontiers in Neuroinformatics*, 3(19), 1-10. Ανακτήθηκε από:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2715266/>

LTER General Data Use Agreement (2005). In LTER Network Data Access Policy, Data Access Requirements, and General Data Use Agreement. Ανακτήθηκε από:

<http://www.lternet.edu/policies/data-access>

Ma, J., & Nickerson, J. V. (2006). Hands-On, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review. *ACM Computing Surveys*, 38(3). Ανακτήθηκε από:

<http://www.stevens-tech.edu/jnickerson/ACMComputingSurveys2006MaNickerson.pdf>

Maier, C., & Niederstätter, M. (2010). Lab2go—A repository to locate online laboratories. *International Journal of Online Engineering*, 6(1), 12-17. Ανακτήθηκε από: <http://online-journals.org/index.php/i-joe/article/view/1117/1254>

Maiti, A. (2010, April 14-16). *NetLab: An online laboratory management system*. Paper presented in Engineering Education Conference, The Future of Learning-Globalizing in Education, Madrid, Spain. Ανακτήθηκε από: <http://online-journals.org/index.php/i-joe/article/view/1292/1371>

McAteer, E., Neil, D., Barr, N., Brown, M., Draper, S., & Henderson, F. (1996). Simulation software in a life sciences practical laboratory. *Computers and Education*, 26(2), 102–112.

Ανακτήθηκε από: [http://ac.els-cdn.com/0360131596000115/1-s2.0-0360131596000115-main.pdf?\\_tid=7d7c7d4c-709f-11e4-9e9b-00000aacb35f&acdnat=1416479283\\_e23e208837040ae3dfa1dad0f4823797](http://ac.els-cdn.com/0360131596000115/1-s2.0-0360131596000115-main.pdf?_tid=7d7c7d4c-709f-11e4-9e9b-00000aacb35f&acdnat=1416479283_e23e208837040ae3dfa1dad0f4823797)

Mohtar, A., Nedic, Z., & Machotka, J. (2008, October 22-25). *A remote laboratory for microelectronics fabrication*. Paper presented in 38<sup>th</sup> ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Saratoga Springs, NY. Ανακτήθηκε από:

<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4720477>

Müller, D., & Erbe, H. (2007). Collaborative Remote Laboratories in Engineering Education: Challenges and Visions. In L. Gomes, & J. García-Zubia (Eds), *Advances on remote laboratories and e-learning experience* (pp. 35-59). Bilbao: Deusto Publicaciones.

Ανακτήθηκε από: [https://www.weblab.deusto.es/Advances\\_on\\_remote\\_labs.pdf](https://www.weblab.deusto.es/Advances_on_remote_labs.pdf)

Nafalski, A., Machotka, J., & Nedic, Z. (2011). Collaborative remote Laboratory for experiments in electrical engineering. In J., García Zubia & G. R. Alves (Eds), *Using Remote Labs in Education* (pp. 177-198). Bilbao: Deusto Digital. Ανακτήθηκε από:

<http://www.deusto-publicaciones.es/deusto/pdfs/otraspub/otraspub01.pdf>

Nedi, Z, MachotkdJ., & Najhlsk, A. (2003, November 5-8). *Remote laboratories versus virtual and real laboratories*. Paper presented in 33<sup>rd</sup> ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Boulder, CO. Ανακτήθηκε από:

<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1263343>

Nersessian, N. J. (1991). Conceptual change in science and in science education. *Synthese*, 80(1), 163-183. Ανακτήθηκε από:

[http://download.springer.com/static/pdf/458/art%253A10.1007%252FBF00869953.pdf?auth66=1416753076\\_af4f90628c20344f90f67bdd2dc4186&ext=.pdf](http://download.springer.com/static/pdf/458/art%253A10.1007%252FBF00869953.pdf?auth66=1416753076_af4f90628c20344f90f67bdd2dc4186&ext=.pdf)



Nickerson, J. V., Corter, J. E., Esche, S. K., & Chassapis, C. (2007). A model for evaluating the effectiveness of remote engineering laboratories and simulations in education. *Computers and Education Journal*, 47(3), 708-725. Ανακτήθηκε από:

[http://ac.els-cdn.com/S0360131505001739/1-s2.0-S0360131505001739-main.pdf?\\_tid=33cd3756-7322-11e4-8b7e-00000aacb360&acdnat=1416755326\\_210f1ee19a41ee13d3ed8ad39c928627](http://ac.els-cdn.com/S0360131505001739/1-s2.0-S0360131505001739-main.pdf?_tid=33cd3756-7322-11e4-8b7e-00000aacb360&acdnat=1416755326_210f1ee19a41ee13d3ed8ad39c928627)

Ochoa, X., Klerkx, J., Vandeputte, B. & Duval, E. (2011). On the use of Learning Object Metadata: The GLOBE experience. In C. E., Kloos et al. (Eds), *Towards ubiquitous learning* (pp. 271-284). Berlin: Springer. Ανακτήθηκε από:

<https://lirias.kuleuven.be/bitstream/123456789/323820/1/globe.pdf>

Oliver, J., Abaitua, J., Díaz, J., Jakob, I., Buján, D., Garaizar, P., & Lázaro, L. (2007). Issues in WebLab development: Security, accessibility, collaboration and multilinguality. In L. Gomes, & J. García-Zubia (Eds), *Advances on remote laboratories and e-learning experience* (pp. 11-130). Bilbao: Deusto Publicaciones. Ανακτήθηκε από:

[https://www.weblab.deusto.es/Advances\\_on\\_remote\\_labs.pdf](https://www.weblab.deusto.es/Advances_on_remote_labs.pdf)

Purchase, H. C., Andrienko, N., Jankun-Kelly, T. J., & Ward, M. (2008). Theoretical foundations of information visualization. In A. Kerren, , J. T. Stasko., G. T. Fekete & North,C., (Eds.), *Information visualization: Human-centered issues and perspectives* (pp. 46-64). Switzerland: Springer. Ανακτήθηκε από:

[http://download.springer.com/static/pdf/254/bok%253A978-3-540-70956-5.pdf?auth66=1426705141\\_e6e677e1f828725f85554ccab913ac97&ext=.pdf](http://download.springer.com/static/pdf/254/bok%253A978-3-540-70956-5.pdf?auth66=1426705141_e6e677e1f828725f85554ccab913ac97&ext=.pdf)

Renear, A. H., Sacchi, S. & Wickett, K. M. (2010, October 22-27). *Definitions of dataset in the scientific and technical literature*. Paper presented in ASIST Conference, Pittsburgh, PA, USA. Ανακτήθηκε από:

[https://www.asis.org/asist2010/proceedings/proceedings/ASIST\\_AM10/submissions/240\\_Final\\_Submission.pdf](https://www.asis.org/asist2010/proceedings/proceedings/ASIST_AM10/submissions/240_Final_Submission.pdf)

Restivo, M. T. (2011). On the use and promotion of remote labs in Portugal: A personal commitment. In J. García-Zubia & G. R., Alves (Eds), *Using Remote Labs in Education* (pp. 441-463). Bilbao: Deusto Digital. Ανακτήθηκε από:

<http://www.deusto-publicaciones.es/deusto/pdfs/otraspub/otraspub01.pdf>

Richter, T., Böringer, D., & Jeschke, S. (2009, June 22-25). *LiLa: A European project on networked experiments*. Paper presented in Proceedings of the 6th International Conference on Remote Engineering & Virtual Instrumentation, Bridgeport, CT. Ανακτήθηκε από: [https://www.researchgate.net/publication/226226772\\_LiLa\\_A\\_European\\_Project\\_on\\_Networked\\_Experiments](https://www.researchgate.net/publication/226226772_LiLa_A_European_Project_on_Networked_Experiments)

Richter, T., Tetour, Y. & Boehringer, D. (2011, December 5-7). *Library of labs: A european project on the dissemination of remote experiments and virtual laboratories*. Paper presented in the IEEE International Symposium on Multimedia, California, USA. Ανακτήθηκε από: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=6123404>

Sampson, D., Papaioannou, V. and Karadimitriou, P. (2002). EM2: An environment for editing and management of educational metadata. *Educational Technology & Society Journal*, 5(4), pp. 98-115. Ανακτήθηκε από: [http://www.ask4research.info/Uploads/Files/Publications/En\\_Pubs/sampson\\_papaioannou.pdf](http://www.ask4research.info/Uploads/Files/Publications/En_Pubs/sampson_papaioannou.pdf)

Sampson, D., Zervas, P. & Sotiriou, S. (2011). Science education resources supported with educational metadata: The case of the OpenScienceResources web repository. *Advanced Science Letters*, 4 (11-12), 3353-3361

Sancristobal, E., Castro, M., Martin, S., Tawkif, M., Pesquera, A., Gil, R., Díaz, G., & Peire, J. (2011, April 4-6). *Remote Labs as Learning Services in the Educational Arena*. Paper presented in Global Engineering Education Conference, Learning Environments and Ecosystems in Engineering Education, Amman, Jordan. Ανακτήθηκε από: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5773298>

Scanlon, E., Morris, E., Paolo, T., & Cooper, M. (2002). Contemporary approaches to learning science: Technologically-mediated practical work. *Studies in Science Education*, 38(1), 73-114. Ανακτήθηκε από: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/03057260208560188>

Shannon, C. E. (2001). A mathematical theory of communication. *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review*, 5(1), 3-55 . Ανακτήθηκε από: <http://delivery.acm.org/10.1145/590000/584093/p3-shannon.pdf?ip=195.134.98.196&id=584093&acc=ACTIVE%20SERVICE&key=5641A0C3>

[43C36AC1.4ABAF8470B13FB25.4D4702B0C3E38B35.4D4702B0C3E38B35&CFID=671495377&CFTOKEN=41304470&acm\\_id=1430763115\\_ef1cded0ed58a68efbd0e22741484dc](http://www.acm.org/43C36AC1.4ABAF8470B13FB25.4D4702B0C3E38B35.4D4702B0C3E38B35&CFID=671495377&CFTOKEN=41304470&acm_id=1430763115_ef1cded0ed58a68efbd0e22741484dc)  
[e](#)

Sonnenwald, D. H., Whitton, M. C., & Maglaughlin, K. L. (2003). Evaluating a scientific collaboratory: Results of a controlled experiment. *ACM Transactions on Computer- Human Interaction*, 10(2), 150–176. Ανακτήθηκε από:

[http://www.cs.unc.edu/~taylor/cyberinfrastructure/2003\\_Sonnenwald\\_Evaluating.pdf](http://www.cs.unc.edu/~taylor/cyberinfrastructure/2003_Sonnenwald_Evaluating.pdf)

UNESCO (2011). UNESCO ICT competency framework for teachers. Paris. Ανακτήθηκε από: <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002134/213475e.pdf>

Zervas, P., Kalamatianos, A., Tsourlidaki, E., Sotiriou S., & Sampson, D. G. (2014). A method for organizing open access to virtual and remote labs. In D. G. Sampson, D. Ifenthaler, J. M. Spector & P. Isaias, (Eds.), *Digital systems for open access to formal and informal learning* (pp. 235-255). Switzerland: Springer. Ανακτήθηκε από: <http://libro.eb20.net/Reader/rdr.aspx?b=1744699&ls=&ra=0>

Zervas, P., Trichos, A., Sampson, D. G. & Li, N. (2014, July 7-9). *A responsive design approach for supporting mobile access to virtual and remote laboratories*. Paper presented in 14th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, Athens, Greece. Ανακτήθηκε από: [http://infoscience.epfl.ch/record/199449/files/ICALT2014\\_ZervasTrichosSampsonLi%20\(Camera-Ready\).pdf](http://infoscience.epfl.ch/record/199449/files/ICALT2014_ZervasTrichosSampsonLi%20(Camera-Ready).pdf)

Zvacek, S. M. (2011). Preface. In J., García Zubia & G. R. Alves (Eds), *Using remote labs in education* (pp. 11-16). Bilbao: Deusto Digital. Ανακτήθηκε από: <http://www.deusto-publicaciones.es/deusto/pdfs/otraspub/otraspub01.pdf>

## Παράρτημα Α: Μεγάλες Ιδέες της Επιστήμης

1. Energy cannot be created or destroyed. It can only transform from one form to another. The transformation of energy can lead to a change of state or motion.
2. There are four fundamental interactions/forces in nature; gravitation, electromagnetism, strong-nuclear and weak nuclear. All phenomena are due to the presence of one or more of these interactions. Forces act on objects and can act at a distance through a respective physical field causing a change in motion or in the state of matter.
3. The Universe is comprised of billions of galaxies each of which contains billions of stars and other celestial objects. Earth is a very small part of the Universe.
4. All matter in the Universe is made of very small particles. They are in constant motion and the bonds between them are formed by interactions between them.
5. All matter and radiation exhibit both wave and particle properties.
6. Evolution is the basis for both the unity of life and the biodiversity of organisms (living and extinct). Organisms pass on genetic information from one generation to another.
7. Organisms are organized on a cellular basis and require a supply of energy and materials. All life forms on our planet are based on a common key component.
8. Earth is a system of systems which influences and is influenced by life on the planet. The processes occurring within this system shapes the climate and the surface of the planet.

## Παράρτημα Β: Βασικοί Όροι του Λεξιλογίου του Προγράμματος Σπουδών του STEM

Thematic Taxonomy	URL
Science Vocabulary	<a href="http://vocbank.opendiscoveryspace.eu/thematic/index.php?tema=1">http://vocbank.opendiscoveryspace.eu/thematic/index.php?tema=1</a>
Mathematics Vocabulary	<a href="http://vocbank.opendiscoveryspace.eu/thematic/index.php?tema=1278">http://vocbank.opendiscoveryspace.eu/thematic/index.php?tema=1278</a>
Engineering & Technology Vocabulary	<a href="http://vocbank.opendiscoveryspace.eu/thematic/index.php?tema=7768">http://vocbank.opendiscoveryspace.eu/thematic/index.php?tema=7768</a>

## Παράρτημα Γ: Ταξινόμια Εκπαιδευτικών Στόχων κατά Bloom

Type of knowledge	Description
<b>Cognitive Objectives: Types of Knowledge</b>	
<b>Factual</b>	Knowledge of basic elements, e.g. terminology, symbols, specific details, etc
<b>Conceptual</b>	Knowledge of interrelationships among the basic elements within a larger structure, e.g. classifications, principles, theories, etc
<b>Procedural</b>	Knowledge on how-to-do, methods, techniques, subject-specific skills and algorithms, etc
<b>Meta-cognitive</b>	Knowledge and awareness of cognition, e.g. of learning strategies, cognitive tasks, one's own strengths, weaknesses and knowledge level, etc
<b>Cognitive Objectives: Processes</b>	
<b>To remember</b>	To help the learner recognize or recall information
<b>To understand</b>	To help the learner organize and arrange information mentally
<b>To apply</b>	To help the learner apply information to reach an answer
<b>To think critically and creatively</b>	To help the learner think on causes, predict, make judgments, create new ideas
<b>Affective Objectives</b>	
<b>To pay attention</b>	To help the learner focus and pay attention to stimuli, passively
<b>To respond and participate</b>	To help the learner react to stimuli and actively participate in the learning process
<b>To recognize values</b>	To help the learner attach values to stimuli
<b>To form and follow a system of values</b>	To help the learner build a consistent system of values and behave accordingly
<b>Psychomotor Objectives</b>	
<b>To imitate and try</b>	To help the learner perform certain actions by following instructions and practicing; reproduce activity from instruction or memory
<b>To perform confidently following instructions</b>	To help the learner refine performance and become more exact, with few errors; execute skill reliably, independent of help
<b>To perform independently, skillfully, and precisely</b>	To help the learner coordinate a series of actions, achieving harmony and internal consistency; adapt and integrate expertise to satisfy a non-standard objective

<b>To adapt and perform creatively</b>	To help the learner achieve high level performance and become natural, without needing to think much about it; automated, unconscious mastery of activity and related skills at strategic level
--	---

## Παράρτημα Δ: Τεχνολογικές Ικανότητες Εκπαιδευτικών

	<b>Technology Literacy</b>	<b>Knowledge Deepening</b>	<b>Knowledge Creation</b>
<b>Understanding ICT in Education</b>	<p><b>Policy Awareness</b> [Teachers must be aware of the current policies and be capable of describing how their own practices support and correspond to them]</p>	<p><b>Policy Understanding</b> [Teachers must be knowledgeable of the national policies and be able to design practices to support them]</p>	<p><b>Policy innovation</b> [Teachers must be able to critically assess national policies and engage in the creation and implementation of programmes aimed at realizing them]</p>
<b>Curriculum and Assessment</b>	<p><b>Basic knowledge</b> [Teachers must have an excellent understanding of the curriculum and assessment standards in their subject domain, and utilize ICT in the curriculum ]</p>	<p><b>Knowledge Application</b> [Teachers must have a firm understanding of the knowledge of their subject domain and be able to utilize it in a flexible manner to create complex problems]</p>	<p><b>Knowledge society skills</b> [Teachers must be knowledgeable about complex human development and the specific manners in which this process is optimized]</p>
<b>Pedagogy</b>	<p><b>Integrate Technology</b> [Teachers must have a thorough understanding of the appropriate time, place, target and manner of using ICT]</p>	<p><b>Complex problem solving</b> [Teachers must design, monitor and assess student's project plans with the focus of enhancing their understanding and their collaboration]</p>	<p><b>Self-management</b> [Teachers must be able to explicitly model their learning processes and to create situations for their students to apply developmental skills]</p>
<b>ICT</b>	<p><b>Basic Tools</b> [Teachers must be competent in the use of basic hardware, software and productivity tools]</p>	<p><b>Complex tools</b> [Teachers must be able to use a number of subject-specific tools and adapt their use in diverse problem- and project- based scenarios. Moreover, external collaborations should be performed with</p>	<p><b>Pervasive tools</b> [Teachers must be competent in creating ICT-based knowledge communities to foster their students' development of knowledge creation skills and reflective skills]</p>

		the use of ICT]	
<b>Organization and Administration</b>	<p><b>Standard Classroom</b> [Teachers must be able to use ICT to provide equitable access to their classroom as a whole and as separate groups]</p>	<p><b>Collaborative groups</b> [Teachers must be adept in creating flexible learning environments which foster student collaboration]</p>	<p><b>Learning Organizations</b> [Teachers must be able to perform leadership tasks in terms of supporting their colleagues' training and promoting a vision of continuous learning for their school]</p>
<b>Teacher Professional Learning</b>	<p><b>Digital literacy</b> [Teachers must be able to utilize ICT resources for enhancing their own professional learning and competences]</p>	<p><b>Manage and guide</b> [Teachers must be competent in creating complex projects, collaborating with external colleagues and accessing networked information with the aim of enhancing their professional learning]</p>	<p><b>Teacher as model learner</b> [Teachers must express the ability and motivation to experiment and continuously pursue their professional learning through the creation of and participation in ICT-powered professional learning communities]</p>