

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΕΙΚΟΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ

Αυθεντοπούλου Αναστασία¹ & Σιμιντζή Θεοδώρα²

¹ εκπαιδευτικός, MSc Ψηφιακά Συστήματα, ² φιλόλογος, MSc,

Περίληψη

Τα εικονικά και απομακρυσμένα εργαστήρια (ΕΑΕ) συμβάλλουν καταλυτικά στην ενίσχυση της προώθησης της εκπαίδευσης των Φυσικών Επιστημών, της Τεχνολογίας, της Επιστήμης των Μηχανικών και των Μαθηματικών (Science, Technology, Engineering & Mathematics-STEM). 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 ΕΑΕ στο επίκεντρο της εκπαιδευτικής διαδικασίας.

Η αξιοποίηση, όμως, των εκπαιδευτικών εμπειριών που παρέχονται από τα ΕΑΕ συναντά σημαντικές δυσκολίες καθώς αυτά βρίσκονται διασκορπισμένα στον Παγκόσμιο Ιστό δυσχεραίνοντας την αναζήτηση και τον εντοπισμό τους από τους εκπαιδευτικούς. Σκοπός της έρευνας ήταν η συγκέντρωση 166 ΕΑΕ και η κατηγοριοποίηση αυτών βάσει του είδους τους, της γλώσσας στην οποία παρέχονται, του θεματικού τομέα στον οποίον ανήκουν, της ηλιακής ομάδας στην οποία απευθύνονται και του επιπέδου δυσκολίας και διαδραστικότητάς τους.

Προς αυτήν την κατεύθυνση θα παρουσιαστούν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και οι διαστάσεις των ΕΑΕ. Επιπλέον, θα τονιστούν τα πλεονεκτήματα αυτών στη μαθησιακή διαδικασία. Ακόμη, θα γίνει αναφορά στα χαρακτηριστικά και τον τρόπο επιλογής του δείγματος και θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα των αναλύσεων. Τέλος, θα συζητηθούν τα συμπεράσματα στα οποία καταλήγει η έρευνα, ενώ θα προταθούν και μελλοντικές κατευθύνσεις.

Βάσει των αποτελεσμάτων των αναλύσεων παρατηρήθηκε κυριαρχία των εικονικών εργαστηρίων έναντι των απομακρυσμένων εργαστηρίων. Επιπρόσθετα, η μεγάλη ποικιλία στις μεταφραζόμενες γλώσσες στις οποίες τα εργαστήρια προσφέρονται, μαρτυρούν το παγκόσμιο ενδιαφέρον για τα ΕΑΕ. Ακόμη, εντοπίστηκε 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 μέσα από τη δημιουργία ενός διαδικτυακού αποθετηρίου.

ACCUMULATION AND CLASSIFICATION OF VIRTUAL AND REMOTE LABORATORIES

Abstract

Virtual and remote laboratories (VRLs) are instrumental in the promotion of education in Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM). In particular, they enable the student to practice both in simulation and in real experimental environments, by allowing them to conduct experiments beyond the limits of the classroom, with no time or geographical restrictions. Their contribution in practical training, which is of paramount importance for the above mentioned disciplines, in correlation with the cultivation of discovery and autonomous learning, put the VRLs in the center of the education process.

However, making use of the educative experience provided by the VRLs is rather complicated, since they are “scattered” in the internet and educators have difficulty in searching and tracking them. The aim of the research was to accumulate 166 VRLs and classify them according to their type, the language they are provided in, the field they belong, the age target group and the level of difficulty and interactivity.

Towards this direction, the specific qualities and the practical implementation of the VRLs will be presented. Additionally, their benefits in the learning process will be highlighted. What is more, there will be a reference in the characteristics and the method by which the sample was selected, and the results of the analyses will be presented. Finally, the conclusions of the research will be discussed and future courses of action will be proposed.

Based on the results of the analyses, a predominance of virtual laboratories against the remote ones was observed. Besides, the wide range of translated languages in which the laboratories can be offered prove a global interest in VRLs. In addition, the vast majority of VRLs seems to belong to the field of Science and it meets the needs of students of secondary education.

Finally, the proposed future courses of action focus on the exploitation of the sample of VRLs that has been accumulated via the creation of a web repository.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

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 (Cortier 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).

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.

Εικονικό Εργαστήριο (Virtual laboratory)

Στη διεθνή βιβλιογραφία συναντάται μεγάλος αριθμός ορισμών που περιγράφουν τα εικονικά εργαστήρια. Με βάση τους ορισμούς αυτούς, στα πλαίσια της παρούσας έρευνας ορίζουμε το εικονικό εργαστήριο ως 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 στον 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.

Απομακρυσμένο Εργαστήριο (Remote laboratory)

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. Με βάση τους παραπάνω ορισμούς, στα πλαίσια της παρούσας έρευνας 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.

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, αντιλαμβανόμενος 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).

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).

Πλεονεκτήματα εικονικών και απομακρυσμένων εργαλείων

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 (Cortier 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)

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Επιλογή δείγματος

Το δείγμα της μελέτης αποτελείται από ηλεκτρονικά εργαστήρια δυο κατηγοριών, εικονικά εργαστήρια και απομακρυσμένα εργαστήρια. Το συνολικό μέγεθος του δείγματος ήταν 166 ΕΑΕ (N=166), εκ των οποίων τα 113 ήταν εικονικά εργαστήρια (N_{virtual}=113) και τα 53 απομακρυσμένα εργαστήρια (N_{remote}=53).

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, 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.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Κατηγοριοποίηση δείγματος

- **Είδος εργαστηρίου**

Από τα συνολικά 166 ΕΑΕ που συγκεντρώθηκαν, η συντριπτική πλειοψηφία αυτών ανήκει στα εικονικά εργαστήρια ($N_{\text{virtual lab}}=113$). Η φανερή υπεροχή των εικονικών εργαστηρίων έναντι των απομακρυσμένων δικαιολογείται από την εύκολη υλοποίηση 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.

- **Γλώσσα**

Αναφορικά με τις γλώσσες στις οποίες παρέχεται το κάθε ΕΑΕ του δείγματος, παρατηρήθηκε πως η αγγλική γλώσσα, με τιμή εμφάνισης $N_{\text{English}}=166$, αποτελεί την πλέον κοινότυπη γλώσσα των ΕΑΕ. Στις αμέσως πιο εύκολα ανευρέσιμες γλώσσες στο δείγμα με μεγάλο αριθμό εμφάνισης συναντήσαμε τα *γερμανικά* ($N_{\text{German}}=33$), τα *ιταλικά* ($N_{\text{Italian}}=17$) και τα *γαλλικά* ($N_{\text{French}}=15$) ενώ παρατηρήθηκε μια σταδιακή μείωση του αριθμού εμφάνισης η οποία ξεκίνησε από τα *ισπανικά* ($N_{\text{Spanish}}=11$) και κατέληξε στα *τσέχικα* ($N_{\text{Czech}}=3$). Η μείωση αυτή κορυφώθηκε για τα *ουαλικά*, τα *ολλανδικά* και την ινδική γλώσσα *Telugu* με την ελάχιστη τιμή εμφάνισης $N=1$.

- **Θεματικός τομέας**

Η κατηγοριοποίηση των 166 ΕΑΕ ανάλογα με τον θεματικό τομέα στον οποίο ανήκαν (Science, Maths, Technology & Engineering) φανέρωσε πως ο τομέας Science συγκέντρωσε τη συντριπτική πλειοψηφία του δείγματος με $N=153$. Με μεγάλη διαφορά ακολούθησε ο τομέας Maths ($N=17$) και στην τελευταία με μόλις 6 ΕΑΕ ο τομέας Technology & Engineering.

- **Ηλικιακή ομάδα**

Τα ΕΑΕ του δείγματος κατηγοριοποιήθηκαν σε οχτώ ηλικιακές κατηγορίες. Συγκεκριμένα, οι μεγαλύτεροι αριθμοί εμφάνισης παρατηρήθηκαν για τις ηλικιακές ομάδες 14-16 ($N=158$), 16-18 ($N=141$) και 12-14 ($N=132$). Με μεγάλη διαφορά ακολούθησαν οι ομάδες 10-12 ($N=77$), >18 (46) ενώ στις δυο τελευταίες θέσεις βρέθηκαν οι ηλικιακές ομάδες 6-8 ($N=4$) και <6 ($N=1$).

- **Επίπεδο δυσκολίας**

Από το συνολικό δείγμα των 166 εργαστηρίων τα 118 είχαν επίπεδο δυσκολίας μέτριο ($N_{\text{medium1}}=109$). Με μεγάλη διαφορά ακολούθησαν τα εργαστήρια εύκολου επιπέδου ($N_{\text{easy}}=45$), ενώ πιο δύσκολα ανευρέσιμα στο δείγμα ήταν τα εργαστήρια με μεγάλη δυσκολία ($N_{\text{advanced}}=12$).

- **Επίπεδο διαδραστικότητας**

Η τιμή *High* του στοιχείου *Επίπεδο διαδραστικότητας* εμφανίζεται σε 109 εργαστήρια ($N_{\text{high}}=123$) από τα συνολικά 166. Λιγότερα από τα μισά εργαστήρια του δείγματος ανήκουν στο μέτριο επίπεδο διαδραστικότητας ($N_{\text{medium}}=49$) ενώ μόλις 8 από αυτά έχουν επίπεδο διαδραστικότητας χαμηλό ($N_{\text{low}}=8$).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξε η παρούσα έρευνα μέσα από τη συγκέντρωση και την κατηγοριοποίηση των 166 ΕΑΕ αφορούν τα αποτελέσματα των αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν.

Ως προς τη γλώσσα στην οποία μεταφράζονται τα υπό μελέτη εργαστήρια, οι αναλύσεις μάς 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 βαλκανικές 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.

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.

Ως προς το επίπεδο δυσκολίας των εργαστηρίων, παρατηρήθηκε πως στο διαδικτυο 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 χαμηλό.

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.

ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ

Μελλοντικά η έρευνα θα μπορούσε να προσανατολιστεί σε κατευθύνσεις πρακτικής αξιοποίησης της δεξαμενής των 166 ΕΑΕ. Η αξιοποίηση αυτή θα μπορούσε να επιτευχθεί τόσο με τη δημιουργία ενός διαδικτυακού αποθετηρίου που θα αποτελούταν από τα εργαστήρια της έρευνας, όσο και από την συμπερίληψη αυτών σε υπάρχον αποθετήριο για τον εμπλουτισμό της επιλογής του εκπαιδευτικού.

Επιπρόσθετα, προτείνεται ο πλήρης χαρακτηρισμός των ΕΑΕ του δείγματος με μεταδεδομένα, προσφέροντας τη δυνατότητα στους εκπαιδευτικούς να εντοπίζουν ΕΑΕ βάσει συγκεκριμένων κριτηρίων που επιθυμούν, όπως οι εκπαιδευτικοί στόχοι που καλύπτονται, η μορφή παροχής του ΕΑΕ και τυχόν κόστος και άλλες χρήσιμες πληροφορίες για μια πιο αποτελεσματική χρήση των ΕΑΕ στην εκπαιδευτική και μαθησιακή διαδικασία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

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.

Balamuralithara, B., & Woods, P. C. (2009). Virtual laboratories in engineering education: The simulation lab and remote lab. *Computer Applications in Engineering Education*, 17(1), 108-118.

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.

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.

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.

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

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.

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).

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.

De Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science*, 340(6130), 305-308.

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.

Feisel, L., & Peterson, G. D. (2002, November 6-9). *A colloquy on learning objectives for engineering educational laboratories*. Paper presented in 32nd ASEE/KEEE Frontiers in Education Conference, Boston, MA.

Gomes, L., & Bogosyan, S. (2009). Current trends in remote laboratories. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 56(12), 4744-4756.

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.

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.

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.

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.

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.

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

Maier, C., & Niederstätter, M. (2010). Lab2go—A repository to locate online laboratories. *International Journal of Online Engineering*, 6(1), 12-17.

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

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.

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

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

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.

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.

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.

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.

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.

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.

Zvacek, S. M. (2011). Preface. In J., García Zubia & G. R. Alves (Eds), *Using remote labs in education* (pp. 11-16). Bilbao: Deusto Digital.