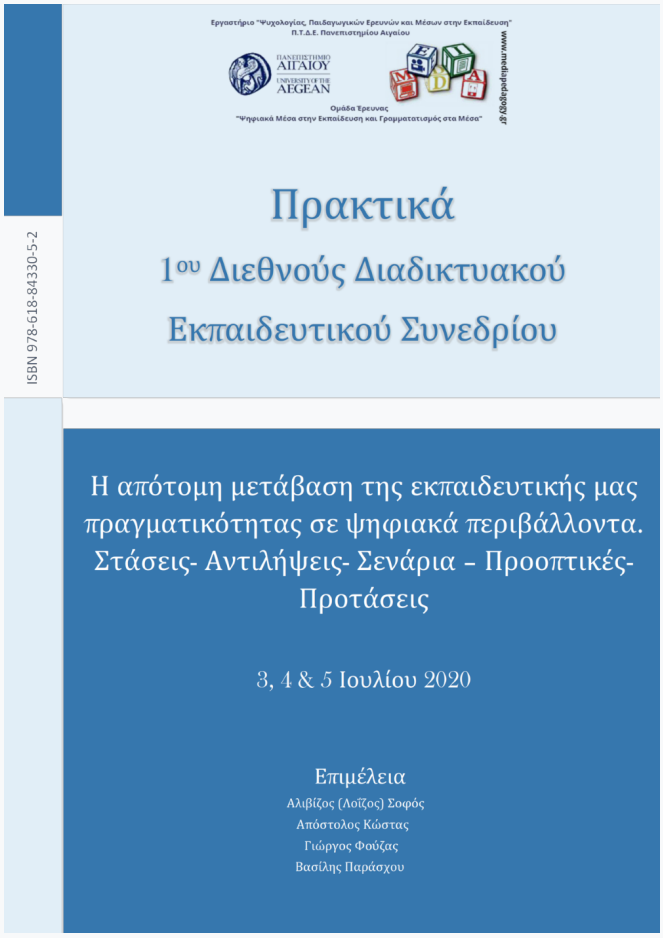
ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

1ο Διεθνές Διαδικτυακό Εκπαιδευτικό Συνέδριο Από τον 20ο στον 21ο αιώνα μέσα σε 15 ημέρες

Αρ. 1 (2021)

Τόμος Πρακτικών 1ο Διαδικτυακό Εκπαιδευτικό Συνέδριο "Από τον 20ο στον 21ο αιώνα μέσα σε 15 ημέρες: Η απότομη μετάβαση της εκπαιδευτικής μας πραγματικότητας σε ψηφιακά περιβάλλοντα. Στάσεις – Αντιλήψεις – Σενάρια – Προοπτικές – Προτάσεις



Η αξιοποίηση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην ΕΞ Αποστάσεως Εκπαίδευση – Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Σπύρος Σπύρου, Στέφανος Γιασιράνης, Αλιβίζος (Λοΐζος) Σοφός

doi: 10.12681/online-edu.3276

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** EKT | **Πρόσβαση:** 21/01/2026 21:11:45

Η αξιοποίηση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση - Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Σπύρος Σπύρου[1], Στέφανος Γιασιράνης[2], Αλιβίζος (Λοΐζος) Σοφός[3]
pre19001@aegean.gr, giasiranisst@aegean.gr, lsofos@rhodes.aegean.gr
[1]Υπ.Διδάκτωρ ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Αιγαίου
[2]Διδάκτωρ ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Αιγαίου
[3]Καθηγητής Πανεπιστημίου Αιγαίου

Περίληψη

Η απότομη μετάβαση σε ψηφιακά περιβάλλοντα στον εκπαιδευτικό τομέα λόγω του κλεισίματος των σχολείων εξαιτίας του covid-19, οδήγησε τους εκπαιδευτικούς στην αναζήτηση ψηφιακών εργαλείων που θα μπορούσαν να αξιοποιήσουν στην εξ αποστάσεως εκπαίδευση. Σύμφωνα με έρευνες, η Επαυξημένη Πραγματικότητα είναι ένα ενδεδειγμένο ψηφιακό εργαλείο που αξιοποιείται στην εξ αποστάσεως εκπαίδευση με πολύ θετικά αποτελέσματα. Η Επ.Π. είναι η τεχνολογία που επιτρέπει την υπέρθεση ψηφιακών πληροφοριών σε φυσικά αντικείμενα και παρέχει δυνατότητες διάδρασης με αυτές σε πραγματικό χρόνο. Ωστόσο, δεν έχει πραγματοποιηθεί εμπεριστατωμένη βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με τη χρήση της Επ.Π. στην εξ αποστάσεως εκπαίδευση. Η εισήγησή μας παρουσιάζει τα αποτελέσματα σχετικής βιβλιογραφικής ανασκόπησης και παρουσιάζει τους τρόπους που η Επ.Π. έχει αξιοποιηθεί στην εξΑΕ και τα αποτελέσματά που προέκυψαν. Στο τέλος, καταλήγουμε σε συμπεράσματα και προτάσεις εξ αποστάσεως αξιοποίησης της τεχνολογίας της Επ.Π. στην Α/θμια και στην Β/θμια εκπαίδευση στη χώρα μας.

Λέξεις κλειδιά: επαυξημένη πραγματικότητα, εξ αποστάσεως εκπαίδευση, ψηφιακά εργαλεία

Εισαγωγή

Στην ολοένα αυξανόμενη τεχνολογικά εποχή που ζούμε οι εξελίξεις είναι ραγδαίες σε όλους τους τομείς της ζωής μας. Το κλείσιμο των σχολείων εξαιτίας του covid-19 και η απότομη μετάβαση σε ψηφιακά περιβάλλοντα στον εκπαιδευτικό τομέα, οδήγησε τους εκπαιδευτικούς στην αναζήτηση ψηφιακών εργαλείων που θα μπορούσαν να αξιοποιήσουν στην εξ αποστάσεως εκπαίδευση (εξΑΕ). Οι νέες τεχνολογίες, χρόνια τώρα, έχουν βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς στο να πραγματοποιούν ελκυστικές διδασκαλίες. Μία από αυτές τις τεχνολογίες είναι η Επαυξημένη Πραγματικότητα (Επ.Π) (Augmented Reality) η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί στην εκπαίδευση με ποικίλους τρόπους για τους οποίους έχει δημοσιευτεί ένας σημαντικός αριθμός ερευνών κι έτσι ενισχύεται η παιδαγωγική αξία της συγκεκριμένης τεχνολογίας (Dede, 2009). Η αξιοποίηση της Επ.Π. στην εκπαιδευτική διαδικασία είναι εφικτό να υλοποιηθεί με τρεις τρόπους. Ο πρώτος τρόπος είναι η χρήση σε ποικίλες διδασκαλίες έτοιμων, ειδικά διαμορφωμένων, εκπαιδευτικών εφαρμογών Επ.Π για κινητές συσκευές. Ο δεύτερος τρόπος είναι η χρήση των Βιβλίων Επ.Π. και των εφαρμογών τους για κινητές συσκευές, ανάλογα με το θέμα τους σε διάφορες διδασκαλίες. Ο τρίτος τρόπος είναι ο εκπαιδευτικός ή οι μαθητές να γίνουν παραγωγοί και να δημιουργήσουν με διάφορες πλατφόρμες δημιουργίας υλικού Επ.Π. (Taleblazer, Blippar, κ.ά.) υλικό Επ.Π. όπως, εκπαιδευτικά παιχνίδια, αφίσες, επαυξημένα βιβλία κ.ά. (Σπύρου & Φεσάκης, 2019).

Στην παρούσα εισήγηση, πρώτα γίνεται αναφορά στις έννοιες Επαυξημένη Πραγματικότητα και Σχολική Εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση για την υποστηρικτική νοηματοδότησή της. Η βιβλιογραφική αναζήτηση εντόπισε πολύ μικρό αριθμό ερευνών

εστιασμένων αποκλειστικά στην εξ αποστάσεως εκπαίδευση. Παρ' όλ' αυτά αναδεικνύονται σημαντικά αποτελέσματα για τη χρήση της Επ.Π. στην εξΑΕ μέχρι σήμερα, όπως για παράδειγμα, πώς και που μπορεί να αξιοποιηθεί, τι χρειάζεται ένας εκπαιδευτικός και μια σχολική μονάδα για να την αξιοποιήσει στα εξ αποστάσεως μαθήματα. Στο τέλος, καταλήγουμε σε προτάσεις αξιοποίησης της Επ.Π. στην εξΑΕ, τόσο στην Α/θμια, όσο και στην Β/θμια εκπαίδευση στη χώρα μας.

Επαυξημένη Πραγματικότητα (Επ.Π.)

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα είναι μια τεχνολογία στην οποία ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να έρθει σε επαφή με τον πραγματικό κόσμο στον οποίο βρίσκεται. Είναι σε θέση, όχι μόνο να δει απλά τα στοιχεία που τον αποτελούν, αλλά να δει, να επικοινωνήσει και να ανταλλάξει δεδομένα μαζί τους. Τα εικονικά στοιχεία που μπορεί να είναι κείμενο, στατική εικόνα, βίντεο, ήχος, τρισδιάστατα μοντέλα και κινούμενο σχέδιο (Bower, Howe, McCredie, Robinson, & Grover, 2014), συνυπάρχουν ταυτόχρονα στο ίδιο περιβάλλον με τα πραγματικά, επαυξάνοντας μ' αυτόν τον τρόπο την πληροφορία που λαμβάνει ο χρήστης.

Σύμφωνα με τον Azuma (1997), η Επαυξημένη Πραγματικότητα είναι μια εξέλιξη της Εικονικής Πραγματικότητας, που πληροί τρία βασικά κριτήρια:

1. συνδυάζει εικονικά και πραγματικά στοιχεία,
2. υποστηρίζει αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο και
3. εγγράφει και αποτυπώνει το εικονικό περιβάλλον σε τρεις διαστάσεις όπου η εμφάνιση του εικονικού περιεχομένου είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με το πραγματικό περιβάλλον ως προς τη θέση ή τον προσανατολισμό του.

Τα συστήματα Επ.Π. χωρίζονται σε δύο κατηγορίες α) συστήματα βασισμένα στην εικόνα (image-based) και β) συστήματα βασισμένα στη θέση (location-based). Στην πρώτη κατηγορία κατατάσσονται τα συστήματα εκείνα όπου γίνεται χρήση μιας ετικέτας ή μιας εικόνας ως έναυσμα για να αναγνωριστεί ένα εικονικό στοιχείο, να προσδιοριστεί η θέση του στο χώρο και να προβληθεί στην οθόνη μιας συσκευής προβολής (κινητό τηλέφωνο, tablet, υπολογιστής), αφού πρώτα ενσωματωθεί στην εικόνα του περιβάλλοντος που λαμβάνεται από την κάμερα (εσωτερική ή εξωτερική) που διαθέτει η συσκευή. Στη δεύτερη κατηγορία, κατατάσσονται τα συστήματα εκείνα που κάνουν χρήση της θέσης του χρήστη που λαμβάνεται είτε από το σύστημα GPS ενός κινητού τηλεφώνου, είτε από κάποιο ασύρματο δίκτυο (Wi-Fi) (Cheng & Tsai, 2013).

Επαυξημένη Πραγματικότητα και εκπαίδευση

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα ανήκει στα τεταρτογενή Μέσα (Σοφός & Kron, 2010), καθώς απαιτείται τεχνολογική υποδομή τόσο για την παραγωγή της ψηφιακής εφαρμογής, όσο και για την αξιοποίησή της και μπορεί, εκτός των άλλων χρήσεων της, να βρει εφαρμογή και στην εκπαίδευση. Επιτρέπει στους μαθητές να εργάζονται συνεργατικά, σύμφωνα με τις αρχές του εποικοδομισμού, μέσα και έξω από την τάξη, αλληλεπιδρώντας και εξερευνώντας ένα μαθητοκεντρικό περιβάλλον που σχετίζεται με τα ενδιαφέροντα τους, δίνοντάς τους προσωπικά κίνητρα μάθησης, αποκτώντας γνώσεις και δεξιότητες που έχουν ανάγκη, τη στιγμή που τις έχουν ανάγκη (Antonioli, Blake & Sparks, 2014). Τους δίνει, επίσης, τη δυνατότητα να βελτιώνουν τη χωρική τους αντίληψη (Shelton & Hedley, 2002; Núñez, Quirós, Núñez, Carda, & Camahort, 2008) και να παρατηρούν αντικείμενα που υπό κανονικές συνθήκες, δεν θα μπορούσαν να το κάνουν, είτε λόγω του μεγέθους τους (πολύ μεγάλα ή πολύ μικρά), είτε γιατί δεν είναι ορατά στο περιβάλλον (Dünser, Walker, Horner, & Bentall, 2012; Fleck & Simon, 2013; Kamarainen, et al., 2013; Ibáñez, Di Serio, Villarán, &

Kloos, 2014; Γιασιράνης 2016). Τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης των Τζόρτζογλου & Σοφός (2017), δείχνουν πως η Επ.Π. είναι δυνατόν να αποτελέσει ένα εργαλείο με ποικίλα οφέλη στην εκπαιδευτική και μαθησιακή διαδικασία.

Οι μαθητές που αξιοποιούν την Επαυξημένη Πραγματικότητα για να μάθουν, εμφανίζονται να κινητοποιούνται περισσότερο, να συνεργάζονται και να συμμετέχουν ενεργά στην εκπαιδευτική διαδικασία (Khan, Johnston, & Ophoff, 2019). Έχουν τη δυνατότητα να εξερευνούν ψηφιακά υλικά από διαφορετικές οπτικές γωνίες (Kerawalla, Luckin, Selijefot & Woolard, 2006). Καλλιεργούν τη δημιουργικότητα και τη φαντασία τους (Klopfer & Squire, 2004) και ελέγχουν τη μάθησή τους με τον δικό τους ρυθμό και με τη δική τους πορεία (Hamilton & Olenewa, 2010). Στο τέλος της διδασκαλίας, εμφανίζουν καλύτερες επιδόσεις (Salvador-Herranz, et al., 2013; Wojciechowski & Cellary, 2013; Ferrer-Torregrosa, et al., 2016; Γιασιράνης, 2016), διατηρούν τις γνώσεις τους για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (Cai, Wang, Gao, & Yu, 2012; Cai, Chiang, & Wang, 2013), ενώ φαίνεται να επωφελούνται, περισσότερο, μαθητές χαμηλής ή μεσαίας αρχικής επίδοσης (Shelton & Hedley, 2002; Freitas & Campos, 2008; Cai, et al., 2013; Cai, Wang, & Chiang, 2014).

Σχολική εξ αποστάσεως εκπαίδευση

Η σχολική εξΑΕ αναφέρεται στην παροχή εκπαίδευσης από απόσταση σε μαθητές Α/θμιας και Β/θμιας εκπαίδευσης, αλλά και σε ενήλικες που για κάποιο λόγο δεν κατάφεραν να ολοκληρώσουν τη σχολική τους εκπαίδευση, με τη χρήση πολυμορφικού εκπαιδευτικού υλικού και διακρίνεται σε τρεις μορφές, την Αυτοδύναμη, τη Συμπληρωματική (Βασάλα, 2005; Κελενίδου, Αντωνίου, Παπαδάκης, 2017) και τη Μεικτή (Μίμινου & Σπανακά, 2013; Κελενίδου, et al., 2017). Η Αυτοδύναμη, λειτουργεί παράλληλα με το συμβατικό σχολείο, παρέχοντας ολοκληρωμένα και ισότιμα προγράμματα σπουδών και καλύπτοντας τις εκπαιδευτικές ανάγκες ατόμων που δυσκολεύονται να παρακολουθήσουν το συμβατικό σχολείο, είτε λόγω απομακρυσμένης διαμονής από τα αστικά κέντρα, είτε λόγω φυσικής αδυναμίας (άτομα μεγάλης ηλικίας ή με ειδικές ανάγκες), είτε λόγω οικονομικών δυσκολιών (Σταυγιαννουδάκης & Καλογιαννάκης, 2019). Η Συμπληρωματική, συμπληρώνει την συμβατική εκπαίδευση. Τα μαθήματα παρακολουθούνται από μαθητές που παρουσιάζουν μαθησιακές δυσκολίες, ως μια ενισχυτική μορφή διδασκαλίας, από μαθητές που θέλουν να επεκτείνουν τις γνώσεις που αποκτούν από το συμβατικό σχολείο ή από μαθητές που επιθυμούν να αποκτήσουν γνώσεις που δε διδάσκονται στο συμβατικό σχολείο. Επίσης, δίνεται η δυνατότητα στους εκπαιδευόμενους να συμμετέχουν σε σχολικά δίκτυα (Βασάλα, 2005). Τέλος η Μεικτή, συνδυάζει τα θετικά στοιχεία της συμβατικής και της εξ αποστάσεως εκπαίδευσης (Μίμινου & Σπανακά, 2013).

Η επικοινωνία μεταξύ διδασκόντων και διδασκομένων στην εξ αποστάσεως διαδικτυακή εκπαίδευση διακρίνεται σε σύγχρονη και σε ασύγχρονη. Στη σύγχρονη, υπάρχει η δυνατότητα αλληλεπίδρασης των δύο μερών σε πραγματικό χρόνο, προσφέροντας αμεσότητα επικοινωνίας που προϋποθέτει, όμως, την ανάγκη τα εμπλεκόμενα μέρη να βρίσκονται την ίδια χρονική στιγμή σε συγκεκριμένο χώρο που θα επιτρέπει την επικοινωνία τους (Σοφός, Κώστας, & Παράσχου, 2015), καθιστώντας δυνατή την «πρόσωπο με πρόσωπο» διδασκαλία από απόσταση (Κοντός, 2011), μειώνοντας, όμως, την αυτονομία τους ως προς το χρόνο, τον χώρο και το ρυθμό μελέτης τους (Μανούσου, Χαρτοφύλακα, Ιωακειμίδου, Παπαδημητρίου, & Καραγιάννη, 2020a). Από την άλλη, η ασύγχρονη απαλλάσσει τα εμπλεκόμενα μέρη από χωροχρονικούς περιορισμούς (Σοφός, et al., 2015), αυξάνοντας την αυτονομία και την ευελιξία τους, αλλά ενισχύοντας την αίσθηση της μοναχικότητάς τους, καθώς οι εκπαιδευόμενοι είναι αυτοί που επιλέγουν το χρόνο και το χώρο ενασχόλησής τους με το εκπαιδευτικό υλικό (Μανούσου, et al., 2020a).

Εκτός από τα αναμφισβήτητα πλεονεκτήματα της εξΑΕ, υπάρχουν και κάποια μειονεκτήματα που σχετίζονται με τις γνώσεις και τις δεξιότητες που πρέπει να κατέχουν οι εκπαιδευόμενοι για να είναι σε θέση να παρακολουθήσουν το πρόγραμμα, τα τεχνικά προβλήματα, η έλλειψη επικοινωνίας με τους διδάσκοντες, η οικονομική επιβάρυνση για την αγορά εξοπλισμού ή για την πρόσβαση στο διαδίκτυο (Χλαπάνης, 2006; De La Varre, Irvin, Jordan, Hannum, & Farmer, 2014; Αναστασίου, Ανδρούτσου, & Γεωργαλάς, 2015). Ακόμα, οι μαθητές, αισθάνονται απομονωμένοι, δεν συμμετέχουν ενεργά στην εκπαιδευτική διαδικασία και παρουσιάζουν μειωμένο βαθμό κατανόησης και διατήρησης των πληροφοριών μετά το τέλος του μαθήματος (Awoke, et al., 2021).

Η χρήση της Επ.Π. στην εξΑΕ μέχρι σήμερα

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση αναφορικά με τη χρήση της Επ.Π στο πεδίο της εξ αποστάσεως, πραγματοποιήθηκε στις βάσεις δεδομένων Google Scholar και στην Research Gate χρησιμοποιώντας συνδυαστικά τους όρους «distance education», «distance learning» και «augmented reality» χωρίς χρονικό περιορισμό. Από τα αποτελέσματα που προέκυψαν, επιλέχθηκαν συνολικά 9 άρθρα τα οποία παρουσίαζαν ενδιαφέρον και προσέθεταν μια διαφορετική πτυχή ως προς την αξιοποίησή τους στην εξΑΕ, είτε στην τριτοβάθμια είτε στην σχολική εκπαίδευση. Η ανάλυση των άρθρων που επιλέχθηκαν, έδειξε ότι αφορούν μεμονωμένες πρακτικές αξιοποίησής της Επ.Π. στην τριτοβάθμια εκπαίδευση.

Συγκεκριμένα, όσον αφορά την εξ αποστάσεως πραγματοποίηση πρακτικών εργαστηριακών εργασιών, που αποτελούν υποχρεωτικό μέρος του προγράμματος σπουδών πολλών τριτοβάθμιων σχολών, οι Andujar, Mejías, & Márquez (2011) δημιούργησαν ένα εξ αποστάσεως εργαστήριο επαυξημένης πραγματικότητας (Augmented Reality Laboratory) που είχε τη μορφή ψηφιακής εφαρμογής (ARRL) και λειτουργούσε με τη χρήση δεικτών (image-based). Οι δημιουργοί του, ανέφεραν ότι τα εξ αποστάσεως εργαστήρια που πραγματοποίησαν (σύγχρονη εξΑΕ) συνεισέφεραν θετικά στην ανάπτυξη και στην απόδειξη των πολλών δυνατοτήτων πρακτικής εξΑΕ στους τομείς της επιστήμης και της μηχανικής. Ο κύριος τομέας ενδιαφέροντος του εξΑΕ εργαστηρίου που πραγματοποίησαν ήταν η ηλεκτρολογική μηχανική, αφού εκεί βασίζονταν τα επεξηγηματικά παραδείγματα τους, αλλά οι θεμελιώδεις έννοιες τους μπορούν να εφαρμοστούν σε πολλά άλλα μαθήματα, όπως η πολιτική μηχανική, η μηχανολογία, η ιστορία και η γεωγραφία.

Ομοίως, οι Ahmed, Banky, Blicblau, & Joyo (2016) ανέπτυξαν μια τεχνική, τη «Smart Haptic Glove» με την οποία οι φοιτητές μπορούσαν να πραγματοποιήσουν πειραματικές εργαστηριακές δραστηριότητες, οι οποίες είναι απαραίτητες για τα μαθήματα της μηχανικής και των εφαρμοσμένων επιστημών. Η συσκευή Smart Haptic Glove λειτουργούσε σε πραγματικό χρόνο (σύγχρονη εξΑΕ) χρησιμοποιώντας φορητές τεχνολογίες Επ.Π., όπως ειδικά γυαλιά και γάντι Επ.Π. και λειτουργούσαν με δείκτες που ενεργοποιούνταν στον συγκεκριμένο χώρο όπου βρισκόντουσαν. Η διαδικασία αξιοποίησής της ήταν η εξής:

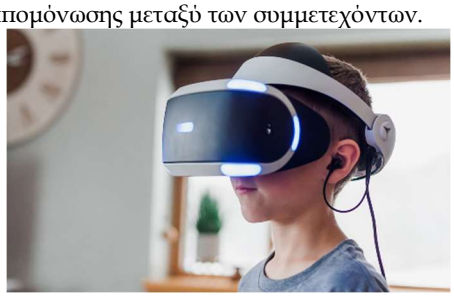
- Ο καθηγητής φορούσε τα ειδικά γυαλιά με κάμερα και εκτελούσε το πείραμα στο εργαστήριο, ενώ ταυτόχρονα οι φοιτητές συνδέονταν εξ αποστάσεως μέσω διαδικτύου υψηλής ταχύτητας φορώντας τα ειδικά γυαλιά με βιντεοκάμερα και μιμούνταν το ίδιο πείραμα χρησιμοποιώντας το εξελιγμένο γάντι Smart Haptic Glove και έκαναν την προσομοίωση.
- Οι φοιτητές εξ αποστάσεως παρακολουθούσαν ζωντανά το βίντεο μέσω ειδικών τρισδιάστατων γυαλιών από τη τοποθεσία (location-based) που βρισκόταν ο καθηγητής και αισθανόταν ότι βρισκόταν στο εργαστήριο και εκτελούσε το πείραμα.

- Ομοίως, ο καθηγητής μπορούσε να δει τα αποτελέσματα της προσομοίωσης στον δικό του χώρο, έχοντας τη δυνατότητα να καθοδηγεί τους φοιτητές κατά τη διάρκεια της πειραματικής δραστηριότητας.

Μια άλλη προσέγγιση αξιοποίησης της Επ.Π. στην εξΑΕ έκαναν οι Ferrer-Torregrosa et al. (2016), οι οποιοί αξιοποίησαν την Επ.Π. με το μοντέλο της αντίστροφης τάξης (μεικτή εξΑΕ) σε 171 προπτυχιακούς φοιτητές, χρησιμοποιώντας τρία διδακτικά πακέτα για τη μελέτη της ανατομίας, ένα με σημειώσεις με εικόνες, ένα με σημειώσεις και βίντεο κι ένα με σημειώσεις και υλικό Επ.Π. (image-based). Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι οι σημειώσεις με το υλικό Επ.Π. ήταν πιο αποτελεσματικές σε σύγκριση με τα υπόλοιπα διδακτικά πακέτα.

Πιο πρόσφατα, οι Chang & Yu (2018) ανέπτυξαν μια εφαρμογή AR, που λειτουργούσε με χρήση δεικτών (image-based), με σκοπό να την χρησιμοποιήσουν σε πρωτοετείς φοιτητές για να προετοιμαστούν από το σπίτι τους για το εργαστήριο βιολογίας που έπρεπε να παρακολουθήσουν (flipped classroom-μεικτή εξΑΕ). Τα αποτελέσματα της χρήσης της εφαρμογής ήταν θετικά, καθώς οι φοιτητές ανέπτυξαν μια θετική στάση απέναντι στο μάθημα, έγιναν περισσότερο αυτόνομοι και μπορούσαν να κατανοούν καλύτερα τις νέες γνώσεις.

Παρόμοια, για να ξεπεραστεί το πρόβλημα της απομόνωσης που αισθάνονται οι μαθητές που συμμετέχουν σε εξ αποστάσεως μαθήματα, έγιναν κάποιες προσπάθειες αξιοποιώντας την Επ.Π. Ένα παράδειγμα αυτών των προσπαθειών αποτελεί το σύστημα τηλεδιάσκεψης με χρήση της τεχνολογίας AR που δημιούργησαν οι Billinghurst & Kato (2000). Σε αυτό το σύστημα, οι συμμετέχοντες είχαν τη δυνατότητα, χρησιμοποιώντας κάρτες (image-based) που αντιστοιχούσαν στους υπόλοιπους συμμετέχοντες, και χρησιμοποιώντας HMD (Head Mounted Display) που ήταν συνδεδεμένο σε έναν υπολογιστή, να δουν ψηφιακά τον συμμετέχοντα με τον οποίο συνομιλούσαν (σύγχρονη εξΑΕ). Αν και η αξιολόγηση του συστήματος δεν έγινε σε κάποιο εκπαιδευτικό περιβάλλον, έδειξε την αποδοχή του και τη μείωση της αίσθησης της απομόνωσης μεταξύ των συμμετεχόντων.



Εικόνα 1. Head Mounted Display

Ένα άλλο παράδειγμα αποτελεί το project Room2Room της Microsoft (Pejsa, Kantor, Benko, Ofek, & Wilson, 2016). Το Room2Room ήταν ένα σύστημα τηλεδιάσκεψης που αξιοποιούσε την Επ.Π. για να επιτρέψει την αλληλεπίδρασης μεταξύ δύο συμμετεχόντων που βρίσκονταν σε απόσταση σε διαφορετικά μέρη (σύγχρονη εξΑΕ). Με τη χρήση του πραγματοποιήθηκε συνομιλία πρόσωπο με πρόσωπο, χρησιμοποιώντας ειδικές κάμερες τρισδιάστατης λήψης με αποτέλεσμα οι συνομιλούντες να εμφανίζονται ψηφιακά ο ένας στο χώρο του άλλου σε πραγματικό μέγεθος (location-based). Αυτό δημιούργησε μια ψευδαίσθηση της παρουσίας του απομακρυσμένου ατόμου στον χώρο όπου βρισκόταν το άτομο με το οποίο συνομιλούσε και διευκόλυνε την κοινή κατανόηση των λεκτικών και μη λεκτικών σημάτων (π.χ. βλέμμα) (Metz, 2016) συμβάλλοντας στην ευκολότερη αλληλεπίδρασή τους.

Ένα τρίτο παράδειγμα ενίσχυσης της αλληλεπίδρασης μεταξύ των φοιτητών/τριών ήταν η προσέγγιση που ακολούθησαν οι Vafa, Sappington, & Coombs-Richardson (2018) για να

βοηθήσουν τους φοιτητές να γνωριστούν μεταξύ τους. Οι φοιτητές χρησιμοποίησαν την εφαρμογή Aurasma (image-based) για να δημιουργήσουν ένα σύντομο βίντεο για να παρουσιάσουν τους εαυτούς τους (μεικτή εξΑΕ) και να μοιραστούν διάφορες πληροφορίες με τους συμφοιτητές τους. Αυτή η απλή, κατά τα άλλα, δραστηριότητα, βοήθησε τους φοιτητές να επικοινωνήσουν και να γνωριστούν καλύτερα μεταξύ τους, δημιουργώντας μια μικρή διαδικτυακή κοινότητα.

Ένας άλλος τρόπος αξιοποίησης της Επ.Π., ήταν η επαύξηση (image-based) των βιβλίων των φοιτητών με πρόσθετα στοιχεία, όπως τρισδιάστατα μοντέλα, κινούμενες εικόνες, βίντεο και κειμενικές επεξηγήσεις. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η χρήση δεικτών από φοιτητές χημείας (σύγχρονη εξΑΕ) με θετικά αποτελέσματα, όπως η γρηγορότερη και η αποτελεσματικότερη κάλυψη της διδακτικής ύλης, αύξηση των κινήτρων για μάθηση και η καλύτερη εμπέδωση των νέων γνώσεων (Midak, Kravets, Kuzyshyn, Baziuk, & Buzhdyhan, 2021). Η συγκεκριμένη προσέγγιση έχει εφαρμοστεί σε μεγάλο βαθμό και στη σχολική, δια ζώσης, εκπαίδευση, σε πολλά και διαφορετικά διδακτικά αντικείμενα (φυσική, χημεία, γεωμετρία, γεωγραφία, γλώσσα, βιολογία) με θετικά μαθησιακά αποτελέσματα. Για παράδειγμα στην έρευνα των Dünser, et al. (2012), μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης χρησιμοποίησαν την επαύξηση των βιβλίων τους για την εκμάθηση του μαγνητισμού και του ηλεκτρομαγνητισμού καταλήγοντας σε καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα από τους μαθητές που χρησιμοποίησαν τις δισδιάστατες εικόνες των βιβλίων τους. Τα ίδια αποτελέσματα υπήρξαν και στην πιο πρόσφατη στην έρευνα των Sahin, & Yilmaz (2019), στην οποία μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης χρησιμοποίησαν τα επαυξημένα βιβλία τους για να διδαχθούν το ηλιακό σύστημα. Οι μαθητές αυτοί παρουσίασαν καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα και πιο θετική στάση απέναντι στο μάθημα σε σύγκριση με τους μαθητές που χρησιμοποίησαν παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας και τα βιβλία τους.

Στα παραπάνω παραδείγματα, οι μαθητές χρησιμοποίησαν τα επαυξημένα βιβλία τους για να κατανοήσουν καλύτερα το μάθημά τους. Όμως, οι Coffin, Bostandjiev, Ford, & Hollerer (2010) έκαναν κάτι διαφορετικό, ακολουθώντας μία άλλη διαδικασία αξιοποίησης της Επ.Π. Αντί να χρησιμοποιούν την επαύξηση οι μαθητές, τη χρησιμοποίησε ο εκπαιδευτικός (image-based), ενώ οι μαθητές παρακολουθούσαν μέσα στην τάξη το αποτέλεσμα της επαύξησης στην οθόνη προβολής από το βίντεο που κατέγραφε, σε πραγματικό χρόνο (σύγχρονη εξΑΕ), η κάμερα που τον βιντεοσκοπούσε. Το βίντεο που καταγράφηκε, μπορούσε να διανεμηθεί και μέσω διαδικτύου για να το δουν οι μαθητές στις προσωπικές συσκευές τους, όπως υπολογιστές ή κινητά τηλέφωνα.

Συμπεράσματα

Η τεχνολογία της Επ.Π. δυνητικά παρουσιάζει πολλές δυνατότητες και στο πεδίο της εξ αποστάσεως εκπαίδευσης, όπως ερευνητικά έχει αποδειχθεί ότι έχει στη δια ζώσης διδασκαλία. Η Επ.Π. στην ΕξΑΕ, μπορεί και έχει εφαρμοστεί:

1. σε εξ αποστάσεως Εργαστήρια Επ.Π. για πραγματοποίηση εργαστηριακών, πειραματικών δραστηριοτήτων στις οποίες χρησιμοποιούνται, κυρίως, δείκτες (image-based: N=3; location-based τεχνολογία: N=1) και αξιοποιούνται είτε στη σύγχρονη (N=2) είτε στη μεικτή εξΑΕ (N=2) (Andujar, et al., 2011; Ahmed, et. al., 2016; Ferrer-Torregrosa, et al., 2016; Chang & Yu, 2018).
2. για Επαύξηση βιβλίων που αξιοποιούνται στη σύγχρονη εξΑΕ (N=2) (Coffin, et. al., 2010; Midak, et al., 2021) και χρησιμοποιούν image-based δείκτες (N=1), αλλά και location-based τεχνολογία (N=1).

3. σε τηλεδιασκέψεις που αξιοποιούνται εξίσου στη σύγχρονη και στη μεικτή εξΑΕ (N=1) χρησιμοποιώντας image-based δεικτές (N=1) ή location-based τεχνολογία (N=1) (Pejsa, et al., 2016; Vafa, et al., 2018).

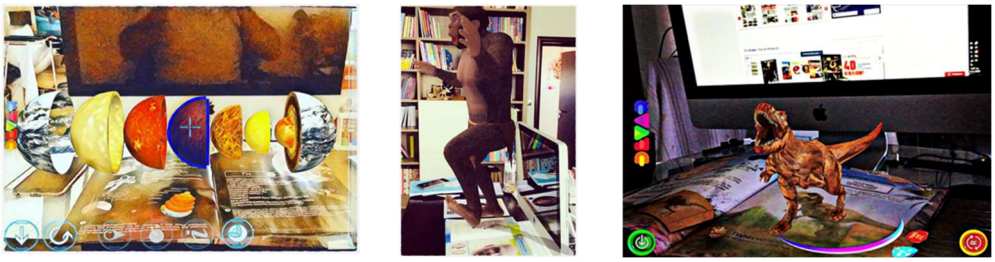
Η περιορισμένη χρήση της τεχνολογίας της Επ.Π. στην τριτοβάθμια, και η μηδαμινή στην σχολική εκπαίδευση, οφείλεται, κατά τη γνώμη μας, στον εξεζητημένο τεχνολογικό εξοπλισμό που απαιτείται (τρισδιάστατες κάμερες, ειδικά γυαλιά και γάντια), στο κόστος απόκτησής του, αλλά και στη δυσκολία χρήσης του και κατά συνέπεια στις ειδικές γνώσεις που πρέπει να διαθέτει κάποιος για να τον χρησιμοποιήσει σωστά και αποτελεσματικά.

Για τους ίδιους λόγους η χρήση της Επ.Π. για την πραγματοποίηση εξ αποστάσεως εργαστηρίων και τηλεδιασκέψεων είναι πολύ δύσκολο να εφαρμοστεί στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια. Όσον αφορά τα εργαστήρια, μια λύση θα ήταν η προετοιμασία των μαθητών μεγαλύτερων τάξεων μέσω σχετικών εφαρμογών Επ.Π., πριν από την πραγματοποίηση των εργαστηρίων, όπως εφαρμόστηκε στην έρευνα των Chang & Yu (2018). Πάντως, η πιο εφικτή και οικονομική λύση και για τις δύο εκπαιδευτικές βαθμίδες αποτελεί η επαύξηση των σχολικών βιβλίων ή η χρησιμοποίηση, ήδη, υπαρχόντων βιβλίων Επ.Π. που διατίθενται στο εμπόριο.

Τα βιβλία Επ.Π., κατά τους Grasset, Dünser & Billinghurst (2008), είναι βιβλία των οποίων το περιεχόμενο έχει εμπλουτιστεί με τρισδιάστατα εικονικά στοιχεία ή ψηφιακό υλικό. Τα βιβλία Επ.Π. εντάσσονται στα συστήματα Επ.Π. που στηρίζονται στην εικόνα (image-based augmented reality) και συνιστούν μια εμπλουτισμένη εκδοχή των έντυπων βιβλίων οι σελίδες των οποίων, διαμέσου συγκεκριμένης εφαρμογής σε smartphone ή ταμπλέτα, επαυξάνονται με ψηφιακό περιεχόμενο (π.χ. τρισδιάστατα αντικείμενα, εικόνες, ήχος, κείμενο) (Grasset, et al., 2008). Τα βιβλία Επ.Π. μπορούν να περιέχουν δραστηριότητες που αξιοποιούν χαρακτηριστικά θεωριών μάθησης που διευκολύνουν την ενεργή εμπλοκή των μαθητών και την αλληλεπίδραση μεταξύ τους (Dunleavy, 2014; Dunleavy & Dede, 2014 στο Κουτρομάνος, 2019).

Η αξιοποίηση, είτε των σχολικών βιβλίων που θα επαυξηθούν, είτε των βιβλίων Επ.Π. που υπάρχουν στο εμπόριο (Σπύρου & Φεσάκης, 2019), μπορεί να γίνει εύκολα τόσο στη σύγχρονη, όσο και στην ασύγχρονη εξΑΕ, αλλά και στο μοντέλο της αντίστροφη τάξης, αφού με τη σύγχρονη τεχνολογία αποτελεί πιο αποδοτική και αποτελεσματική πρακτική από την αναζήτηση και το κατέβασμα (download) βίντεο από τους μαθητές (Bakri, Marsal, & Muliyati, 2019).

Απο την άλλη οι εκπαιδευτικοί, εκτός από το να γίνουν χρήστες των εκπαιδευτικών Βιβλίων Επ.Π. που κυκλοφορούν στο εμπόριο (Κουτρομάνος, 2019), μπορούν να γίνουν παραγωγοί ψηφιακού εκπαιδευτικού υλικού επαυξάνοντας τα σχολικά εγχειρίδια του υπουργείου με τις πλατφόρμες δημιουργίας υλικού Επ.Π. π.χ. Blippar (Σπύρου & Σοφός, 2019) ή να δημιουργήσουν εφαρμογές που επαυξάνουν τα σχολικά εγχειρίδια π.χ. SchoolAR (Τζόρτζογλου, Γεωργίου, Σπύρου & Σοφός, 2018).



Εικόνα 2. Παραδείγματα αξιοποίησης της Επ.Π. στην εξΑΕ (1)

Στη σύγχρονη εξΑΕ ο εκπαιδευτικός μπορεί να προβάλλει το περιεχόμενο και τις επαυξήσεις μέσω κινητής συσκευής με τους εξής τρόπους:

1. Σύνδεση στο εξ αποστάσεως μάθημα μέσω φορητής συσκευής και διαμοιρασμό της οθόνης της.
2. Διαμοιρασμός της οθόνης της φορητής συσκευής μέσω εφαρμογών mirroring (Airserver, Annotate.net, κ.ά.) ή της συσκευής Chromecast.
3. Σύνδεση με ειδικό καλώδιο (HDMI) της φορητής συσκευής με τον υπολογιστή και διαμοιρασμό της οθόνης της συσκευής μέσω υπολογιστή και του webex ή κάποιας άλλης πλατφόρμας τηλεκπαίδευσης.

Στην ασύγχρονη εξΑΕ η διαδικασία χρήσης της Επ.Π. μπορεί να γίνει με ανάρτηση των δεικτών των εφαρμογών (όσες λειτουργούν με δείκτες) στις πλατφόρμες e-me ή e-class μαζί με αναλυτικές οδηγίες για κατέβασμα και χρήση εφαρμογής. Ακόμη, θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν ασύγχρονα και τα επαυξημένα σχολικά βιβλία με συγκεκριμένες οδηγίες για τους μαθητές/τριες. Όλη αυτή η διαδικασία είναι καλό να συνοδευτεί με συγκεκριμένες εκπαιδευτικές δραστηριότητες για να έχουμε τα επιθυμητά μαθησιακά αποτελέσματα π.χ. να δοθεί έτοιμο από τον εκπαιδευτικό ένα ειδικό φύλλο εργασίας ή ένα ψηφιακό κουίζ στο οποίο οι μαθητές/τριες θα πρέπει να απαντήσουν, αφού κάνουν χρήση των εφαρμογών και των βιβλίων Επ.Π.

Εικόνα 3. Παραδείγματα αξιοποίησης της Επ.Π. στην εξΑΕ (2)

Εν κατακλείδι, τα αποτελέσματα αξιοποίησης της τεχνολογίας της Επ.Π. στην ΕξΑΕ φαίνεται να είναι θετικά. Όμως, το εν λόγω ερευνητικό πεδίο είναι ακόμα παρθένο και χρήζει περαιτέρω έρευνας για την εξαγωγή χρήσιμων ερευνητικών πορισμάτων σχετικών με την οργάνωση της διδασκαλίας, τα μαθησιακά αποτελέσματα και τις απόψεις μαθητών και εκπαιδευτικών.

Αναφορές

Αναστασίου, Α., Ανδρούτσου, Δ., Γεωργαλάς, Π. (2015). Η δυνατότητα αξιοποίησης των Τ.Π.Ε. για τη συμπληρωματική εξ αποστάσεως ηλεκτρονική διδασκαλία θεμάτων της αγγλικής γραμματικής στην

πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Ανοικτή Εκπαίδευση: Το περιοδικό για την Ανοικτή και εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση και την Εκπαιδευτική Τεχνολογία, 11, 106-123.

Βασάλα, Π. (2005). Εξ Αποστάσεως Σχολική Εκπαίδευση, στο : Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο (2005), «Σπουδές στην Εκπαίδευση για τη Θεματική Ενότητα Ανοικτή και εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση. Παιδαγωγικές και Τεχνολογικές Εφαρμογές». ΕΑΠ, Πάτρα.

Γιασιράνης, Σ. (2016). Παραγωγή και αξιολόγηση εκπαιδευτικού υλικού με χρήση Επαυξημένης Πραγματικότητας για τη διδασκαλία της ενότητας "Αναπαράστασης της πληροφορίας στον υπολογιστή" στο Γυμνάσιο. Μεταπτυχιακή εργασία. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, ΠΤΔΕ. Ρόδος

Κελενίδου, Π., Αντωνίου, Π., & Παπαδάκης, Σ. (2017). Η εξ αποστάσεως σχολική εκπαίδευση. Συστηματική ανασκόπηση της ελληνικής και διεθνούς βιβλιογραφίας. Διεθνές Συνέδριο για την Ανοικτή & εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση, 9(2A), 168-184.

Κοντός, Γ. (2011). Συγκριτική μελέτη εκπαιδευτικού υλικού εξ αποστάσεως σχολικής εκπαίδευσης. Το παράδειγμα των Μαθηματικών. Μεταπτυχιακή εργασία. ΕΑΠ. Αθήνα.

Κουτρομάνος, Γ. (2019). Βιβλία Επαυξημένης Πραγματικότητας για συσκευές κινητής τεχνολογίας: Κριτήρια επιλογής τους για διδακτικούς σκοπούς, Στο Α. Σοφός (επιμ.), *Εκπαίδευση με Χρήση Νέων Τεχνολογιών, Παιδαγωγική αξιοποίηση ψηφιακών μέσων στην εκπαιδευτική διαδικασία* (σσ. 187–208), Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρη.

Μανούσου, Ε., Χαρτοφύλακα, Τ., Ιωακειμίδου, Β., Παπαδημητρίου, Σ., & Καραγιάννη, Ε. (2020a). Εκπαιδευτικός σχεδιασμός μαθημάτων στην εξ αποστάσεως σχολική εκπαίδευση. Στο Α. Λιοναράκης, Α. Κόκκος, Θ. Ορφανουδάκης, Α. Εμβαλωτής & Ν. Γραμμένος (Επιμ.), Μαζικό Ανοικτό Διαδικτυακό Μάθημα (MOOC): Επιμόρφωση εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας & Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης σε θέματα εκπαίδευσης από απόσταση. ΙΕΠ – ΕΑΠ

Μίμινου, Α., & Σπανακά, Α. (2013). Σχολική εξ αποστάσεως εκπαίδευση: Καταγραφή και συζήτηση μίας βιβλιογραφικής επισκόπησης. Διεθνές Συνέδριο για την Ανοικτή & εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση, 7(2A). http://dx.doi.org/10.12681/icodl.580

Σοφός, Α. & Kron, F. (2010). Αποδοτική Διδασκαλία με τη Χρήση των Μέσων. Από τα πρωτογενή και προσωπικά στα τεταρτογενή και ψηφιακά Μέσα. Αθήνα: Γρηγόρης.

Σοφός, Α., Κώστας, Α., Παράσχου, Β. (2015). Online Εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση Από τη Θεωρία στην Πράξη. Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα. ISBN: 978-960-603-006-2

Σπύρου, Σ., & Σοφός, Α. (2019). Διαδικασία Επαύξησης Σχολικών Βιβλίων. 4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Εκπαίδευση στον 21ο αιώνα: Σχολείο και Πολιτισμός, Τόμος Ε', 129-142.

Σπύρου, Σ., & Φεσάκης, Γ. (2019). Διαχείριση της αλλαγής και της καινοτομίας στη σχολική μονάδα: Η περίπτωση της αξιοποίησης εφαρμογών και βιβλίων Επαυξημένης Πραγματικότητας. Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση, 12(2), 77-98.

Σταυγιαννουδάκης, Σ., & Καλογιαννάκης, Μ. (2019). Σχολική εξ αποστάσεως εκπαίδευση: μελέτη περίπτωσης με το σχεδιασμό, την ανάπτυξη και αρχική αποτίμηση του εκπαιδευτικού υλικού για τη διδασκαλία της ενότητας της κινηματικής στη Φυσική της Α'Λυκείου. Διεθνές Συνέδριο για την Ανοικτή & εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση, 10(2A), 44-57. http://dx.doi.org/10.12681/icodl.2178

Τζόρτζογλου, Φ., Γεωργίου, Σπύρου, Σ., & Σοφός, Α. (2018). Παραγωγή και αξιολόγηση εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας για τον εμπλουτισμό σχολικού εγχειριδίου. 11ο Πανελλήνιο/Διεθνές Συνέδριο "Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση", 367-374.

Τζόρτζογλου, Φ., Σοφός, Α. (2017). Η επαυξημένη πραγματικότητα στην εκπαίδευση: βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών και προοπτικές. Ημερομηνία ανάκτησης: 09-07-2018. https://www.research gate.net/profile/Filippos_Tzortzoglou

Χλαπάνης Γ., (2006). Δημιουργία Κοινοτήτων Μάθησης με αξιοποίηση των Τεχνολογιών των Επικοινωνιών: Μελέτη Περίπτωσης Υλοποίησης Επιμορφωτικού Προγράμματος Εκπαιδευτικών για τις Τεχνολογίες της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση (διδακτορική διατριβή). Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Ρόδος.

Ahmed, S. F., Banky, G., Blicblau, A., & Joyo, M. K. (2016, October). Augmented reality with Haptic technology based online experimental based distance learning education technique. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1775, No. 1, p. 030068). AIP Publishing LLC

Andujar, J. M., Mejias, A., & Marquez, M. A. (2011). *Augmented Reality for the Improvement of Remote Laboratories: An Augmented Remote Laboratory. IEEE Transactions on Education, 54(3), 492–500.* doi:10.1109/te.2010.2085047

Antonioli, M., Blake, C., & Sparks, K. (2014). Augmented Reality Applications in Education.

Awoke, A., Burbelo, H., Childs, E., Mohammad, F., Stevens, L., Rewkowski, N., & Manocha, D. (2021). An Overview of Enhancing Distance Learning Through Augmented and Virtual Reality Technologies. *arXiv preprint arXiv:2101.11000*.

Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. Presence, 6(4), 355-385.

Bakri, F., Marsal, O., & Muliyati, D. (2019). Textbooks Equipped with Augmented Reality Technology for Physics Topic in High-School. Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika, 5(2), 113-122.

Billinghurst, M., & Kato, H. (2000). Out and about—real world teleconferencing. BT technology journal, 18(1), 80-82.

Bower, M., Howe, C., McCredie, N., Robinson, A., & Grover, D. (2014). Augmented Reality in education–cases, places and potentials. Educational Media International, 51(1), 1-15.

Cai, S., Chiang, F. K., & Wang, X. (2013). Using the augmented reality 3D technique for a convex imaging experiment in a physics course. International Journal of Engineering Education, 29(4), 856–865

Cai, S., Wang, X., & Chiang, F. K. (2014). A case study of Augmented Reality simulation system application in a chemistry course. Computers in Human Behavior, 37, 31-40.

Cai, S., Wang, X., Gao, M., & Yu, S. (2012). Simulation teaching in 3D augmented reality environment. In Advanced Applied Informatics (IIAIAAI), 2012 IIAI International Conference on (pp. 83-88). IEEE.

Chang, R.-C., & Yu, Z.-S. (2018). Using Augmented Reality Technologies to Enhance Students' Engagement and Achievement in Science Laboratories. International Journal of Distance Education Technologies, 16(4), 54–72. doi:10.4018/ijdet.2018100104

Cheng, K. H., & Tsai, C. C. (2013). Affordances of augmented reality in science learning: suggestions for future research. *Journal of Science Education and Technology*, *22*(4), 449-462.

Coffin, C., Bostandjiev, S., Ford, J., & Hollerer, T. (2010). Enhancing classroom and distance learning through augmented reality. In *EdMedia+ Innovate Learning* (pp. 1140-1147). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).

De la Varre, C., Irvin, M. J. Jordan, A.W., Hannum, W.H., Farmer, T.W. (2014). Reasons forstudent dropout in an online course in a rural K–12 setting. Distance Education, 35, (3), 324-344, DOI: 10.1080/01587919.2015.955259

Dede, C. (2009). Immersive interfaces for engagement and learning. American Association for the Advancement of Science, 323(5910), 66-69.

Dünser, A., Walker, L., Horner, H., & Bentall, D. (2012, November). Creating interactive physics education books with augmented reality. In Proceedings of the 24th Australian computer-human interaction conference (pp. 107-114).

Ferrer-Torregrosa, J., Jiménez-Rodríguez, M. Á., Torralba-Estelles, J., Garzón-Farinós, F., Pérez-Bermejo, M., & Fernández-Ehrling, N. (2016). Distance learning ects and flipped classroom in the anatomy learning: comparative study of the use of augmented reality, video and notes. BMC medical education, 16(1), 1-9.

Fleck, S., & Simon, G. (2013). An Augmented Reality Environment for Astronomy Learning in Elementary Grades: An Exploratory Study. InProceedings of the 25 ième conference francophone on l'Interaction Homme-Machine (p. 14). ACM.

Freitas, R., & Campos, P. (2008). SMART: a SysteM of Augmented Reality for Teaching 2 nd grade students. In Proceedings of the 22nd British HCI Group Annual Conference on People and Computers: Culture, Creativity, Interaction-Volume 2 (pp. 27-30). British Computer Society.

Grasset, R., Dünser, A., & Billinghurst, M. (2008.). *The design of a mixed-reality book: Is it still a real book? Proceedings of Mixed and Augmented Reality, ISMAR 2008. 7th IEEE/ACM International Symposium,* 2008, September 15-18 (pp. 99-102). doi: 10.1109/ISMAR.2008.4637333

Hamilton, K., & Olenewa, J. (2010). Augmented reality in education [PowerPoint slides]. *Retrieved from Lecture Notes Online Web site: http://www. authorstream. com/Presentation/k3hamilton-478823-augmented-reality-in-education*.

Ibáñez, M. B., Di Serio, Á., Villarán, D., & Kloos, C. D. (2014). Experimenting with electromagnetism using augmented reality: Impact on flow student experience and educational effectiveness. Computers & Education, 71, 1-13.

Kamarainen, A. M., Metcalf, S., Grotzer, T., Browne, A., Mazzuca, D., Tutwiler, M. S., & Dede, C. (2013). EcoMOBILE: Integrating augmented reality and probeware with environmental education field trips. Computers & Education, 68, 545-556.

Kerawalla, L., Luckin, R., Seljeflot, S., & Woolard, A. (2006). "Making it real": exploring the potential of augmented reality for teaching primary school science. Virtual Reality, 10(3-4), 163-174.

Khan, T., Johnston, K., & Ophoff, J. (2019). The impact of an augmented reality application on learning motivation of students. Advances in Human-Computer Interaction, 2019.

Metz, R. (2016). Augmented reality study projects life-sized people into other rooms. MIT Technol- ogy Review. https://www.technologyreview.com/s/545466/augmented-reality-study-projects-life-sized-people-into-other-rooms/

Midak, L. Y., Kravets, I. V., Kuzyshyn, O. V., Baziuk, L. V., & Buzhdyhan, K. V. (2021, March). Specifics of using image visualization within education of the upcoming chemistry teachers with augmented reality technology. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1840, No. 1, p. 012013). IOP Publishing.

Núñez, M., Quirós, R., Núñez, I., Carda, J. B., & Camahort, E. (2008). Collaborative augmented reality for inorganic chemistry education. In J. L. Mauri, A. Zaharim, A. Kolyshkin, M. Hatziprokopiou, A. Lazakidou, M. Kalogiannakis, ... & N. Bardis (Eds.), WSEAS International Conference. Proceedings. Mathematics and Computers in Science and Engineering (No. 5). WSEAS.

Pejsa, T., Kantor, J., Benko, H., Ofek, E., & Wilson, A. (2016, February). Room2room: Enabling life-size telepresence in a projected augmented reality environment. In *Proceedings of the 19th ACM conference on computer-supported cooperative work & social computing* (pp. 1716-1725).

Sahin, D., & Yilmaz, R. M. (2019). The effect of Augmented Reality Technology on middle school students' achievements and attitudes towards science education. Computers & Education, 103710. doi:10.1016/j.compedu.2019.103710

Salvador-Herranz, G., Perez-Lopez, D., Ortega, M., Soto, E., Alcaniz, M., & Contero, M. (2013). Manipulating Virtual Objects with your hands: A case study on applying Desktop Augmented Reality at the Primary School. InSystem Sciences (HICSS), 2013 46th Hawaii International Conference on (pp. 31-39). IEEE.

Shelton, B. E., & Hedley, N. R. (2002). Using augmented reality for teaching earth-sun relationships to undergraduate geography students. In Augmented Reality Toolkit, The First IEEE International Workshop (pp. 8-pp). IEEE.

Vafa, S., Sappington, K., & Coombs-Richardson, R. (2018). Using augmented reality to increase interaction in online courses. International Journal of Educational Technology and Learning, 3(2), 65-68.

Wojciechowski, R., & Cellary, W. (2013). Evaluation of Learners' Attitude Toward Learning in ARIES Augmented Reality Environments. Computers & Education, 570-585.