ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2021)

12ο Πανελλήνιο και Διεθνές Συνέδριο «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»

Επισκόπηση ερευνών αξιοποίησης εφαρμογών Επαυξημένης Πραγματικότητας σε δραστηριότητες με Φυσικές Επιστήμες

Αικατερίνη Μπαζιάκου, Αγγελική Δημητρακοπούλου

Βιβλιογραφική αναφορά:

Μπαζιάκου Α., & Δημητρακοπούλου Α. (2022). Επισκόπηση ερευνών αξιοποίησης εφαρμογών Επαυξημένης Πραγματικότητας σε δραστηριότητες με Φυσικές Επιστήμες. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 209–216. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/3750

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** EKT | **Πρόσβαση:** 20/02/2026 15:34:26

Επισκόπηση ερευνών αξιοποίησης εφαρμογών Επαυξημένης Πραγματικότητας σε δραστηριότητες με Φυσικές Επιστήμες

Αικατερίνη Μπαζιάκου[1] & Αγγελική Δημητρακοπούλου[2]
katerinabzk@gmail.com, adimitr@aegean.gr
[1]Εκπαιδευτικός, Υπ. Διδάκτωρ
[2]Καθηγήτρια Πανεπιστημίου Αιγαίου
[1,2]Εργαστήριο Μαθησιακής Τεχνολογίας και Διδακτικής Μηχανικής,
Σχολή Ανθρωπιστικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Αιγαίου {ltee.aegean.gr}

Περίληψη

Στην παρούσα μελέτη πραγματοποιείται βιβλιογραφική επισκόπηση για τις εφαρμογές Επαυξημένης Πραγματικότητας (Ε.Π.) που έχουν υλοποιηθεί σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα για τις Φυσικές Επιστήμες.(Φ.Ε.) Μολονότι υπάρχουν έρευνες που δείχνουν πως οι εφαρμογές Ε.Π. δύνανται να υποστηρίξουν τη μάθηση, ωστόσο, υπάρχει ελλιπής εστίαση στην διασφάλιση ομαλής ροής σύνδεσης ανθρώπων –αντικειμένων – ψηφιακού κόσμου. Για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας πραγματοποιήθηκε αναζήτηση άρθρων σε πέντε διεθνή περιοδικά, τα οποία δημοσιεύτηκαν μεταξύ 2010-2020. Εξήχθησαν 45 άρθρα, εκ των οποίων αναλύθηκαν 17, βάσει των κριτηρίων ένταξης και αποκλεισμού της μελέτης. Μέσα από την ανάλυση των ερευνών του δείγματος, προκύπτουν στοιχεία που συμβάλλουν στα δεδομένα άλλων βιβλιογραφικών ερευνών και τα εξειδικεύουν ως προς τις Φ.Ε. αναφορικά με τον σκοπό, τα οφέλη και τους περιορισμούς σε πτυχές της μαθησιακής διαδικασίας. Επιπρόσθετα, αναλύονται διαστάσεις σχετικά με τη σύνδεση μεταξύ πραγματικού και ψηφιακού κόσμου.

Λέξεις κλειδιά: Επαυξημένη / Μικτή Πραγματικότητα, Εκπαίδευση, Φυσικές Επιστήμες, STEAM

Εισαγωγή

Οι νέες τάσεις για αυθεντικές μαθησιακές δραστηριότητες επίλυσης ανοικτών προβλημάτων, επινόησης καινοτομιών και κατασκευής δημιουργικών προϊόντων οδηγεί σε διεύρυνση των χαρακτηριστικών των δραστηριοτήτων ως προς μία σειρά διαστάσεων όπως η χωροθέτηση, η χρονικότητα, οι εναλλακτικοί σχηματισμοί συνεργασιών μαθητών, η ευρύτητα χρήσης και μίξης υλικών (Δημητρακοπούλου, 2018).

Γίνεται επομένως, επιτακτική η ανάγκη για δυναμικά εκπαιδευτικά συστήματα, ικανά να προβλέπουν τους μετασχηματισμούς της κοινωνίας ώστε να αντεπεξέρχονται στις προκλήσεις της. Προς αυτήν την κατεύθυνση συμβάλλει η εξέλιξη της τεχνολογίας και πιο συγκεκριμένα η Επαυξημένη Πραγματικότητα (Ε.Π.), μια τεχνολογία που επιτρέπει την απρόσκοπτη συγχώνευση εικονικού περιεχομένου με τον πραγματικό κόσμο (Azuma et al., 2011). Η σημασία της Ε.Π. δεν έγκειται σε αυτή καθεαυτή την τεχνολογία, αλλά στην προστιθέμενη αξία που προσφέρει στο μαθησιακό περιβάλλον (Dunleavy et al., 2009).

Σχετική βιβλιογραφία επισκοπήσεων αναφοράς

Κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, έχει δημοσιευτεί σημαντικός αριθμός ερευνών αναφορικά με τη χρήση και τα μαθησιακά οφέλη εφαρμογών Ε.Π. σε ποικίλες πτυχές της εκπαιδευτικής διαδικασίας, καθώς και ένας αριθμός συστηματικών επισκοπήσεων.

Σε σχετική επισκόπηση ο (Radu, 2014) ασχολείται με έρευνες που συγκρίνουν τη μάθηση με και χωρίς τη χρήση εφαρμογών Ε.Π. (κάνοντας μετα-ανάλυση δεδομένων) και καθορίζει μια λίστα με θετικές και αρνητικές επιπτώσεις στην εκπαιδευτική διαδικασία μέσω της χρήσης

Θ. Μπράτιτσης (επιμ.), Πρακτικά Εργασιών 12ου Πανελλήνιου και Διεθνούς Συνεδρίου «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση», σ. 209-216
ΠΔΜ, Φλώρινα, 14-16 Μαΐου 2021. ISBN: 978-618-83186-5-6

Ε.Π.. Μερικά από τα οφέλη στα οποία καταλήγει είναι οι μεγάλες διαφορές στην αποτελεσματικότητα, στην κατανόηση περιεχομένου, στα κίνητρα των μαθητών και της συνεργασίας, καθώς και στη μακροχρόνια διατήρηση της γνώσης. Όσον αφορά τις αρνητικές επιπτώσεις της Ε.Π., ο ίδιος επισημαίνει ότι δημιουργούνται προβλήματα χρηστικότητας και συνάμα προστίθεται γνωστικό φορτίο στους μαθητές.

Οι Ibáñez & Delgado-Kloos (2018) παρουσιάζουν μια συστηματική επισκόπηση σχετικά με τη χρήση της τεχνολογίας Ε.Π. για την υποστήριξη της μάθησης της Επιστήμης, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής και των Μαθηματικών (STEM). Η επισκόπηση αυτή διαπίστωσε ότι οι περισσότερες εφαρμογές Ε.Π. υπερθέτουν κείμενο, εικόνες και κινούμενα σχέδια για να υποστηρίξουν τη μαθησιακή εμπειρία, τα οποία σπάνια διεγείρουν άλλες αισθήσεις εκτός από την όραση. Σύμφωνα με τους ερευνητές οι θετικές επιπτώσεις της τεχνολογίας Ε.Π. αφορούν στην ενίσχυση της εννοιολογικής κατανόησης των μαθητών και στη βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων, ενώ τα κύρια μειονεκτήματα της Ε.Π. είναι η αύξηση του γνωστικού φορτίου για τους μαθητές και η απόσπαση της προσοχής τους από την ίδια την καινοτομία.

Στην βιβλιογραφική επισκόπηση των Bacca et al. (2014) αναλύθηκαν οι χρήσεις, τα πλεονεκτήματα, οι περιορισμοί, η αποτελεσματικότητα και τα χαρακτηριστικά της Ε.Π. σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα. Διαπίστωσαν ότι ο κύριος σκοπός χρήσης Ε.Π. ήταν η επεξήγηση ενός θέματος καθώς και η παροχή πρόσθετων πληροφοριών. Τα κύρια πλεονεκτήματα της Ε.Π. είναι μαθησιακά οφέλη, κίνητρα, αλληλεπίδραση και συνεργασία, ενώ οι περιορισμοί σύμφωνα με τους ίδιους είναι η απόσπαση προσοχής από την ίδια την τεχνολογία καθώς και προβλήματα ευχρηστίας. Τέλος, αναφέρουν ότι πολύ λίγα συστήματα Ε.Π. έχουν εξετάσει τις ειδικές ανάγκες των μαθητών και τη συμπερίληψη διαφορετικών μοντέλων χρήστη.

Ερευνητικά ερωτήματα βιβλιογραφικής επισκόπησης

Διαπιστώνεται ότι υπάρχει μια πληθώρα δημοσιευμένων μελετών και επισκοπήσεων που προσφέρουν σημαντικές συνθέσεις αναφορικά με τα πλεονεκτήματα, τους περιορισμούς, τις τάσεις, τις προκλήσεις κ.ά. της Ε.Π. στην εκπαίδευση. Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψη τη σημασία της παράλληλης θεώρησης χρήσης και αξιοποίησης ψηφιακού και απτού υλικού καθώς και την απαίτηση πιο φυσικής και ολοκληρωμένης αλληλεπίδρασης μαθητών και εκπαιδευτικών με τον ψηφιακό κόσμο (Δημητρακοπούλου, 2018), συνάγεται ότι δεν έχει υπάρξει επαρκής εστίαση και διερεύνηση σχετικά με τους τρόπους σύνδεσης και αλληλεπίδρασης εικονικού και πραγματικού κόσμου, και ιδιαίτερα αναφορικά με τις Φυσικές Επιστήμες (Φ.Ε.). Για το λόγο αυτό, τα ερευνητικά ερωτήματα που εξετάζει η παρούσα μελέτη βιβλιογραφικής επισκόπησης είναι:

Ε1: Ποιος είναι ο σκοπός χρήσης εφαρμογών Ε.Π. σε δραστηριότητες Φ.Ε.;

Ε2: Ποια είναι τα οφέλη και οι περιορισμοί με τη χρήση εφαρμογών Ε.Π., στις Φ.Ε.;

Ε3: Δεδομένου ότι η Ε.Π. συνδέει τον πραγματικό με τον ψηφιακό και εικονικό κόσμο, υπάρχουν διαφοροποιήσεις στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δρώντων (μαθητών), των απτών αντικειμένων πραγματικού κόσμου και των ψηφιακών οντοτήτων;

Μεθοδολογία Επισκόπησης

Για τις ανάγκες εύρεσης σχετικών βιβλιογραφικών πηγών, χρησιμοποιήθηκαν τα εξής πέντε διεθνή περιοδικά: Computers & Education, The Journal of Science Education & Technology, Educational Technology and Society, Computers in Human Behavior και British Journal of Educational Technology. Η επιλογή των περιοδικών βασίστηκε στη μελέτη των (Arici et al., 2019) σχετικά με τη βιβλιομετρική ανάλυση άρθρων, που αναφέρονται στη χρήση της Ε.Π.

στην εκπαίδευση Φ.Ε., η οποία κατέδειξε τα παραπάνω περιοδικά ως τα πιο ετεροαναφερόμενα (cited) στο συγκεκριμένο πεδίο.

Στους διαδικτυακούς τόπους των παραπάνω περιοδικών χρησιμοποιήθηκε η λειτουργία σύνθετης αναζήτησης και εισήχθησαν οι όροι: (augmented reality OR mixed reality) - στον Τίτλο των άρθρων - AND (education OR learning) AND (physics OR STEAM OR science) -στην Περίληψη, τις Λέξεις Κλειδιά και στον Τίτλο. Το χρονικό διάστημα που χρησιμοποιήθηκε για τους σκοπούς της ανασκόπησης, ήταν η τελευταία δεκαετία μεταξύ 2010-2020, με την τελευταία αναζήτηση στις 30 Δεκεμβρίου 2020.

Η αναζήτηση παρήγαγε 45 άρθρα, κατά την εξέταση των οποίων υιοθετήθηκε ένα σύνολο κριτηρίων ένταξης και αποκλεισμού (Πίνακας 1). Η λίστα των κριτηρίων στηρίχτηκε σε αυτά που χρησιμοποιήθηκαν σε πρότερες έρευνες επισκόπησης (Arici et al., 2019; Akçayır & Akçayır, 2017; Bacca et al., 2014), προσαρμόζοντάς τα στον σκοπό της παρούσας μελέτης. Μετά την εφαρμογή των κριτηρίων, από τα 45 άρθρα τα 28 απορρίφθηκαν, ενώ τα 17 πληρούσαν τα κριτήρια συμπερίληψης στην τελική ανάλυση.

Πίνακας 1.Κριτήρια ένταξης και αποκλεισμού άρθρων

Κριτήρια ένταξης	Κριτήρια αποκλεισμού
Δημοσιευμένα άρθρα περιοδικών μεταξύ 2010-2020	Άρθρα Ε.Π. που αφορούν Εικονική Πραγματικότητα (VR)
Να απευθύνονται σε ηλικιακή ομάδα μεταξύ 4-18 ετών	Μελέτες που εστιάζουν στην ανάπτυξη της εφαρμογής (χωρίς δοκιμή από μαθητές)
Να είναι σχετικά με τις Φυσικές Επιστήμες	
Βασικό στοιχείο της έρευνας να είναι η Ε.Π.	
Ύπαρξη δυνατότητας πρόσβασης σε πλήρες άρθρο	

Αποτελέσματα

Βασικά στοιχεία των άρθρων που πληρούσαν τα κριτήρια ένταξης, παρατίθενται στον Πίνακα 2. Από τις 28 μελέτες που εξετάστηκαν, η πλειονότητα αυτών των μελετών (14 άρθρα) δημοσιεύθηκαν εντός της τελευταίας πενταετίας. Τα πεδία που καλύπτονται στις μελέτες αφορούν κυρίως τους ακόλουθους τομείς: Περιβάλλον (5 άρθρα), Φυσική (4) και Αστρονομία (4). Οι συμμετέχοντες στις μελέτες ήταν κυρίως μαθητές Γυμνασίου (9 άρθρα), και σπανιότερα μαθητές Δημοτικού (4), Λυκείου (3) και Νηπιαγωγείου (1).

Το προτιμώμενο εκπαιδευτικό πλαίσιο ήταν εντός της τάξης (8 άρθρα), ακολουθούμενο από δραστηριότητες εκτός τάξης (5). Ο αριθμός των μαθητών που συμμετείχαν στις μελέτες κυμαινόταν από 22 έως 144. Ακολούθως, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των τριών ερευνητικών ερωτημάτων, εστιάζοντας στην εφαρμογή Ε.Π. στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Πίνακας 2.Βασικά στοιχεία ερευνών επισκόπησης

Ερευνητές	Θεματική Ενότητα	Βαθμίδα Εκπαίδευσης	Πεδίο	Αριθμός Δείγματος
(Fidan & Tuncel, 2019)	Φυσική	Γυμνάσιο	Εργαστήριο Φ.Ε.	91
(Chang & Hwang, 2018)	Φυσική	Δημοτικό	Αίθουσα Διδασκαλίας	111
(Chiang et al., 2014)	Περιβάλλον	Δημοτικό	Ύπαιθρος	57
(Kamarainen et al., 2013)	Περιβάλλον	Γυμνάσιο	Ύπαιθρος	71
(Lindgren et al., 2016)	Αστρονομία	Γυμνάσιο	Εργαστήριο Παν/μίου	113

(Sahin & Yilmaz, 2020)	Αστρονομία	Γυμνάσιο	Αίθουσα Διδασκαλίας	100
(Chang et al., 2020)	Περιβάλλον(SSI issue)	Λύκειο	Ύπαιθρος	47
(Chen & Wang, 2015)	Αστρονομία	Γυμνάσιο	Αίθουσα Διδασκαλίας	144
(Gnidovec et al., 2020)	Βιολογία	Γυμνάσιο	Αίθουσα Διδασκαλίας	51
(Yoon et al., 2017)	Φυσική	Γυμνάσιο	Μουσείο Φ.Ε.	58
(Liou et al., 2017)	Αστρονομία	Δημοτικό	Αίθουσα Διδασκαλίας	54
(Chen & Liu, 2020)	Χημεία	Γυμνάσιο	Εργαστήριο Φ.Ε.	104
(Georgiou & Kyza, 2018)	Περιβάλλον	Λύκειο	Ύπαιθρος	135
(Lai et al., 2019)	Γεωγραφία	Δημοτικό	Αίθουσα Διδασκαλίας	46
(Gecu-Parmaksiz & 2019)	Μαθηματικά	Νηπιαγωγείο	Αίθουσα Διδασκαλίας	72
(Cai et al., 2020)	Φυσική	Λύκειο	Αίθουσα Διδασκαλίας	98
(Chang et al., 2013)	Περιβάλλον	Γυμνάσιο	Ύπαιθρος	22

Ερώτηση 1: Σκοπός χρήσης Επαυξημένης Πραγματικότητας

Στον Πίνακα 3 συνοψίζονται τα αποτελέσματα σχετικά με τους σκοπούς χρήσης Ε.Π. στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών. Δεδομένου ότι μία μελέτη μπορεί να αναφέρει περισσότερους από έναν σκοπούς, κάθε μελέτη μπορεί να ικανοποιεί περισσότερες από μία κατηγορίες. Ο κύριος σκοπός χρήσης Ε.Π., ο οποίος επιβεβαιώνει την έρευνα των (Bacca et al., 2014), ήταν η επεξήγηση ενός θέματος. Ακολουθεί η επίτευξη των μαθησιακών στόχων και έπονται, η ενίσχυση της θετικής στάσης για τις Φ.Ε. και η επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής.

Πίνακας 3. Σκοπός Χρήσης Ε.Π.

Σκοπός	Αριθμός	Δείγμα μελέτης
Να εξηγήσουν το θέμα	8	(Gnidovec et al., 2020)
Να επιτευχθούν οι μαθησιακοί στόχοι	5	(Kamarainen et al., 2013)
Να αποκτήσουν θετική στάση για τις Φ.Ε.	3	(Sahin & Yilmaz, 2020)
Να επιτευχθεί εννοιολογική αλλαγή	3	(Lindgren et al., 2016)
Να παρακινήσουν τους μαθητές	2	(Chang et al., 2020)
Να αυξηθεί η ενεργός εμπλοκή των μαθητών	2	(Yoon et al., 2017)
Να ενισχυθεί η αυτό-αποτελεσματικότητα των μαθητών	2	(Cai et al., 2020)
Να συγκριθούν δραστηριότητες Εικονικής και Ε. Π.	1	(Liou et al., 2017)
Να αναπτύξουν κριτική σκέψη	1	(Chang & Hwang, 2018)
Να παρασχεθεί άμεση καθοδήγηση και υποστήριξη	1	(Chiang et al., 2014)
Να υποστηρίξει δραστηριότητες PBL	1	(Fidan & Tuncel, 2019)
Να εξεταστούν διαφορετικώ στυλ μάθησης	1	(Chen & Wang, 2015)
Να διερευνηθεί η επίδραση της εμβύθισης στα κίνητρα	1	(Georgiou & Kyza, 2018)
Να συγκριθεί η επίδραση μεταξύ χρήσης δραστηριοτήτων Ε.Π. και απτών αντικειμένων	1	(Gecu-Parmaksiz & Delialioglu, 2019)

Ερώτηση 2: Οφέλη και περιορισμοί

Δύο ακόμα πεδία αναλύονται σχετικά με τη χρήση Ε.Π. σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, τα πλεονεκτήματα (Πίνακας 4) και οι περιορισμοί (Πίνακας 5), των οποίων η κατηγοριοποίηση βασίστηκε στην μελέτη των (Akçayır & Akçayır, 2017).

Από τα εξαγόμενα, φαίνεται ότι τα κύρια πλεονεκτήματα που αναφέρονται στις μελέτες είναι τα μαθησιακά οφέλη και τα κίνητρα, αποτελέσματα τα οποία επιβεβαιώνουν τα ευρήματα των (Akçayır & Akçayır, 2017; Bacca et al., 2014). Έπονται, η επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής, η εμβύθιση στο προς μελέτη αντικείμενο και η ευκολία στην οικοδόμηση της γνώσης.

Πίνακας 4. Πλεονεκτήματα χρήσης Ε.Π. σε Φυσικές Επιστήμες

Βασικές κατηγορίες	Υποκατηγορίες	Αριθμός	Δείγμα έρευνας
Γνωστικά	Μαθησιακά οφέλη	10	(Yoon et al., 2017)
	Καλύτερη κατανόηση αντικειμένου	8	(Lindgren et al., 2016)
	Επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής	6	(Cai et al., 2020)
	Ευκολία στην οικοδόμηση της γνώσης	5	(Chiang et al., 2014)
	Μακροχρόνια απομνημόνευση γνώσεων	3	(Fidan & Tuncel, 2019)
	Μείωση γνωστικού φορτίου	3	(Liou et al., 2017)
Παιδαγωγικά	Αύξηση μαθησιακών κινήτρων	9	(Kamarainen et al., 2013)
	Αύξηση συγκέντρωσης και εμβύθισης στο προς μελέτη αντικείμενο	6	(Georgiou & Kyza, 2018)
	Διεύρυνση της εμπλοκής τους στη μάθηση	3	(Chiang et al., 2014)
	Αύξηση παραγωγικότητας	3	(Liou et al., 2017)
	Ανάπτυξη αυτό-αποτελεσματικότητας	2	(Chang & Hwang, 2018)
	Ανάπτυξη δημιουργικής και κριτικής γνώσης	2	(Gnidovec et al., 2020)
	Βελτίωση σωστών προβλέψεων	1	(Lindgren et al., 2016)
	Ενίσχυση της Διευρευνητικής Μάθησης	1	(Chiang et al., 2014)
Αλληλεπίδρασης	Αύξηση αλληλεπίδρασης με το περιβάλλον	3	(Chang et al., 2013)
	Ενίσχυση συνεργασίας μεταξύ των μαθητών	2	(Chen & Liu, 2020)
Άλλα	Ενεργός συμμετοχή σε SSI θέματα	1	(Chang et al., 2020)
	Απεικόνιση μη ορατών εννοιών	2	(Yoon et al., 2017)
	Ενσωμάτωση σε αυθεντικές καταστάσεις	1	(Chang et al., 2013)

Η επίδραση στην ποιότητα δραστηριοτήτων Ε.Π. από φυσικούς παράγοντες όπως ο φωτισμός και η γωνία της φορητής συσκευής, είναι ο συχνότερος περιορισμός των μελετών που αναλύθηκαν. Ένας άλλος περιορισμός που αναφέρθηκε ήταν η απόσπαση της προσοχής των μαθητών από τις εικονικές πληροφορίες που εμφανίζονται ή από την ίδια την καινοτομία, ενισχύοντας τα ευρήματα των (Bacca et al., 2014). Τέλος, σημαντικά μειονεκτήματα είναι και οι μικρές γνωστικές αποκλίσεις λόγω των βραχυπρόθεσμων παρεμβάσεων καθώς και το γεγονός ότι οι δραστηριότητες είναι σχεδιασμένες για συγκεκριμένη ηλικιακή ομάδα και πεδίο.

Πίνακας 5. Περιορισμοί χρήσης Ε.Π. σε Φυσικές Επιστήμες

Βασικές κατηγορίες	Υποκατηγορίες	Αριθμός	Δείγμα ερευνών
Γνωστικοί	Απόσπαση προσοχής από την ίδια την καινοτομία	4	Georgiou & 2018)
	Βραχυπρόθεσμη παρέμβαση με μικρές γνωστικές αποκλίσεις	3	(Lindgren et al., 2016)
Τεχνολογικοί	Επίδραση από φυσικούς παράγοντες	5	(Sahin & , 2020)
	Απαιτητικό υλικό, δυσκολία παραγωγής του	2	(Gnidovec et 2020)
	Απουσία άμεσης ανατροφοδότησης	1	(Chiang et al., 2014)
Άλλοι	Δραστηριότητες σχεδιασμένες για συγκεκριμένη ηλικιακή ομάδα και πεδίο	3	(Fidan & Tuncel, 2019)
	Πρόβλημα με τη στάση του σώματος	1	(Fidan & , 2019)
	Έλλειψη ομάδας ελέγχου	1	(Gnidovec et, 2020)
	Ανομοιόμορφο δείγμα ως προς τη χρήση τεχνολογίας Ε.Π.	1	(Yoon et al., 2017)

Ερώτηση 3: Σύνδεση ψηφιακού, εικονικού και πραγματικού κόσμου

Τρία κύρια χαρακτηριστικά καθορίζουν την Ε.Π. (Azuma et al., 2011): α) συνδυάζει τον εικονικό και τον πραγματικό κόσμο, β) είναι διαδραστική σε πραγματικό χρόνο, γ) η πληροφορία χωροθετείται στις τρεις διαστάσεις. Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης είναι ανάγκη να εστιάσουμε καταρχάς την ανάλυση σε τέσσερα επιμέρους ερωτήματα: Αφενός (i) Τι επαυξάνεται (ποια οντότητα); (ii) Ποιο το είδος του περιεχομένου της επαύξησης; και αφετέρου (iii) Ποια τεχνολογικά μέσα ενεργοποιούνται ταυτόχρονα; (iv) τι είδος Ε.Π. χρησιμοποιείται; Για το είδος Ε.Π. βασιστήκαμε στην τριμερή τυπολογία της ταξινόμησης των (Wojciechowski & Cellary, 2013): α) Ε.Π. βάσει δεικτών (marker-based) β) χωρίς δείκτη (marker-less) γ) χωροευαίσθητες (location-based).

Από τις 17 μελέτες που εξετάστηκαν, στις περισσότερες εφαρμογές χρησιμοποιήθηκε η τεχνολογία με δείκτη (8 άρθρα), η οποία χρησιμοποιεί προεπιλεγμένες εικόνες (markers ή trigger images) ή Κώδικες Γρήγορης Απόκρισης (QR codes) προκειμένου να ενεργοποιήσει το ψηφιακό υλικό. Η καταγραφόμενη συχνότερη χρήση Ε.Π. με βάση τους δείκτες, μπορεί να οφείλεται στο ότι τα συστήματα εντοπισμού και σάρωσης των δεικτών, αφενός είναι εύκολα στην υλοποίηση, και αφετέρου παρέχουν σταθερή δίχως τεχνικές δυσχέρειες λειτουργία. Το περιεχόμενο της επαύξησης μπορεί να είναι υλικό συχνά «στατικής» μορφής όπως κείμενο, ήχος, εικόνα, βίντεο, 2D ή 3D προσομοίωση. Το επαυξανόμενο «αντικείμενο» είναι συνήθως εκπαιδευτικό υλικό (βιβλίο, αφίσα) ή στατική πειραματική διάταξη.

Έπονται οι χωροευαίσθητες εφαρμογές (5 άρθρα), οι οποίες χρησιμοποιούν τη φυσική θέση του χρήστη, λαμβάνοντας δεδομένα θέσης μέσω φορητής συσκευής όπως ένα ασύρματο δίκτυο ή ένα παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης (GPS), για τον προσδιορισμό μιας θέσης και, στη συνέχεια, υπερθέτει τις πληροφορίες που έχουν δημιουργηθεί από πριν, στη φορητή συσκευή (Cheng & Tsai, 2013). Το περιεχόμενο της επαύξησης αντιστοιχεί συνήθως σε οδηγίες, ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, πληροφορίες με πολυτροπικά κείμενα, διαγράμματα δεδομένων κ.ά.

Πίνακας 6. Διαστάσεις εφαρμογών Ε.Π. δίχως δείκτη

Άρθρο	Τεχνολογικά μέσα	Τι επαυξάνεται	Περιεχόμενο επαύξησης
(Chang & 2018)	tablet, κάμερα βάθους	φυσικά αντικείμενα: μαρκαδόρος, ποτήρι	βίντεο, κείμενο, κινούμενη εικόνα
(Lindgren et al., 2016)	προτζέκτορας, λέιζερ σαρωτής, Meteor	ανθρώπινο σώμα (δρων σε συμμετοχική προσομοίωση)	προσομοίωση πλανητών και βαρυτικών δυνάμεων (σε πραγματικό χρόνο)
(Chen & Wang, 2015)	κάμερα, υπολογιστής	περιστρεφόμενη επιφάνεια μοντελοποίησης	δυναμική απεικόνιση μέρας / νύχτας, προσομοιώσεις εναλλαγών σκιάς ενός ανδροειδούς
(Yoon et al., 2017)	οθόνη, κάμερα	μπάλα	ψηφιακή επαύξηση της κίνησης του αέρα γύρω από το είδωλο της μπάλας

Τέλος, ακολουθούν οι εφαρμογές χωρίς δείκτη (4 άρθρα) (Πίνακας 6), οι οποίες για την ενεργοποίηση του περιεχομένου χρησιμοποιούν ένα ενεργό αντικείμενο, σώμα ή μέρος σώματος (πρόσωπο, χέρι) αντί ενός συγκεκριμένου οπτικού φυσικού δείκτη, αναπροσαρμόζοντας δυναμικά σε πραγματικό χρόνο το επαυξανόμενο περιεχόμενο. Το γεγονός αυτό τους δίνει μεγάλο πλεονέκτημα, προσδίδοντας ελευθερία και επιτρέποντάς τους πολύ μεγαλύτερο εύρος και ποικιλία στο είδος της ανατροφοδότησης. Δίνει στη διάδραση την αίσθηση της ομαλής ροής και κάνει τον χρήστη να νιώθει ότι συνομιλεί με το σύστημα. Πλέον

οι εφαρμογές αυτές αρχίζουν να υλοποιούνται όλο και πιο εύκολα, λόγω των εξελίξεων στις κάμερες, τους αισθητήρες, τους επεξεργαστές και τους αλγόριθμους, καθώς και με χρήση εφαρμογών τεχνητής νοημοσύνης. Το περιεχόμενο της επαύξησης δύναται να προσφέρει σημαντικές δυναμικές αναπαραστάσεις επιστημονικών μοντέλων.

Συσχετίζοντας τις βασικές διαστάσεις Ε.Π., μπορούμε να διατυπώσουμε δύο τουλάχιστον συμπεράσματα: (Α) Απλά τεχνολογικά είδη ΕΠ (π.χ. με δείκτη), εφαρμόζονται συνήθως για σταθερά περιεχόμενα επαύξησης, και συχνά προσθέτουν πληροφορία σε συμβατικά υλικά (βιβλίο, φυλλάδιο, φωτογραφία). (Β) Πιο σύνθετα είδη ΕΠ (δίχως σταθερό δείκτη), εφαρμόζονται συνήθως σε περιβάλλον με πολλαπλά τεχνολογικά μέσα, επαυξάνοντας τα με δυναμικά μεταβαλλόμενα περιεχόμενα (π.χ. εξέλιξη και οπτικοποίηση επιστημονικού μοντέλου), ειδικά τεχνουργήματα και κινήσεις του ανθρώπινου σώματος. Είναι αυτή η τελευταία περίπτωση, που έχει χρησιμοποιηθεί σε λίγες μεν αλλά σημαντικές εφαρμογές ΕΠ, και η οποία δύναται να διαμορφώσει ένα ενδιαφέρον και πλούσιο περιβάλλον, ομαλής, ευέλικτης και δυναμικής αλληλεπίδρασης, πραγματικού κόσμου, ψηφιακού κόσμου, επιστημονικών μοντέλων και νοητικών μοντέλων.

Συμπεράσματα

Σε αυτή την έρευνα πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση 17 άρθρων διεθνών περιοδικών, τα οποία αναλύθηκαν στα ακόλουθα πεδία: σκοπός χρήσης, πλεονεκτήματα, περιορισμοί και φυσική αλληλεπίδραση ψηφιακού, εικονικού και πραγματικού κόσμου σε εφαρμογές Ε.Π. σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα. Συνοπτικά, τα κύρια ευρήματα αυτής της μελέτης είναι: α) Ο κυριότερος σκοπός χρήσης Ε.Π. ήταν η επεξήγηση ενός θέματος ενδιαφέροντος. β) Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα που αναφέρονται στις μελέτες είναι τα μαθησιακά οφέλη και τα κίνητρα. γ) Οι περιορισμοί της Ε.Π. είναι κυρίως η επίδραση στην ποιότητα δραστηριοτήτων Ε.Π. από φυσικούς παράγοντες και η απόσπαση της προσοχής των μαθητών από την ίδια την καινοτομία. δ) Η ανάγκη ενίσχυσης της ομαλής και δυναμικής αλληλεπίδρασης μεταξύ ψηφιακού και πραγματικού κόσμου προς όφελος του δρώντα (χρήστη/μαθητή). Αυτή η τελευταία διαπίστωση, υποδεικνύει ένα πεδίο που απαιτεί ένταση ερευνητικής παρέμβασης,, πόσω μάλλον, αν επιπρόσθετα ληφθεί υπόψη ότι κατά τη παρούσα επισκόπηση, δεν εντοπίστηκαν έρευνες που προσφέρουν συμπερίληψη μοντέλων χρήστη και προσαρμοστικών διαδικασιών σε εφαρμογές Ε.Π.

Αναφορές

Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, *20*, 1–11.

Arici, F., Yildirim, P., Caliklar, Ş., & Yilmaz, R. M. (2019). Research trends in the use of augmented reality in science education: Content and bibliometric mapping analysis. *Computers and Education*, *142*(August), 103647.

Azuma, R., Billinghurst, M., & Klinker, G. (2011). Special section on mobile Augmented Reality. *Computers and Graphics (Pergamon)*, *35*(4), vii–viii.

Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S., & Kinshuk. (2014). Augmented Reality trends in education : A systematic review of research and applications. *Educational Technology*, *17*(4), 133–149.

Cai, S., Liu, C., Wang, T., Liu, E., & Liang, J. C. (2020). Effects of learning physics using Augmented Reality on students' self-efficacy and conceptions of learning. *British Journal of Educational Technology*, *0*(0), 1–17.

Chang, H. Y., Liang, J. C., & Tsai, C. C. (2020). Students' context-specific epistemic justifications, prior knowledge, engagement, and socioscientific reasoning in a mobile Augmented Reality learning environment. *Journal of Science Education and Technology*, *29*(3), 399–408.

Chang, H. Y., Wu, H. K., & Hsu, Y. S. (2013). Integrating a mobile augmented reality activity to contextualize student learning of a socioscientific issue. *British Journal of Educational Technology*, *44*(3), 95–99.

Chang, S. C., & Hwang, G. J. (2018). Impacts of an augmented reality-based flipped learning guiding approach on students' scientific project performance and perceptions. *Computers and Education*, *125*(October 2017), 226–239.

Chen, C. ping, & Wang, C. H. (2015). Employing augmented-reality-embedded instruction to disperse the imparities of individual differences in earth science learning. *Journal of Science Education and Technology*, *24*(6), 835–847.

Chen, S. Y., & Liu, S. Y. (2020). Using augmented reality to experiment with elements in a chemistry course. *Computers in Human Behavior*, *111*(October 2019), 106418.

Chiang, T. H. C., Yang, S. J. H., & Hwang, G. J. (2014). Students' online interactive patterns in augmented reality-based inquiry activities. *Computers and Education*, *78*, 97–108.

Dunleavy, M., Dede, C., & Mitchell, R. (2009). Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. *Journal of Science Education and Technology*, *18*(1), 7–22.

Fidan, M., & Tuncel, M. (2019). Integrating augmented reality into problem based learning: The effects on learning achievement and attitude in physics education. *Computers and Education*, *142*(July).

Gecu-Parmaksiz, Z., & Delialioglu, O. (2019). Augmented reality-based virtual manipulatives versus physical manipulatives for teaching geometric shapes to preschool children. *British Journal of Educational Technology*, *50*(6), 3376–3390.

Georgiou, Y., & Kyza, E. (2018). Relations between student motivation, immersion and learning outcomes in location-based augmented reality settings. *Computers in Human Behavior*, *89*, 173–181.

Gnidovec, T., Žemlja, M., Dolenec, A., & Torkar, G. (2020). Using Augmented Reality and the structure–behavior–function model to teach lower Secondary School students about the human circulatory system. *Journal of Science Education and Technology*, *29*(6), 774–784.

Ibáñez, M. B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, 123, 109-123.

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 and Education*, *68*, 545–556.

Lai, A. F., Chen, C. H., & Lee, G. Y. (2019). An augmented reality-based learning approach to enhancing students' science reading performances from the perspective of the cognitive load theory. *British Journal of Educational Technology*, *50*(1), 232–247.

Lindgren, R., Tscholl, M., Wang, S., & Johnson, E. (2016). Enhancing learning and engagement through embodied interaction within a mixed reality simulation. *Computers and Education*, *95*, 174–187.

Liou, H. H., Yang, S. J. H., Chen, S. Y., & Tarng, W. (2017). The influences of the 2D image-based augmented reality and virtual reality on student learning. *Educational Technology and Society*, *20*(3), 110–121.

Radu, I. (2014). Augmented reality in education: A meta-review and cross-media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, *18*(6), 1533–1543. https://doi.org/10.1007/s00779-013-0747-y

Sahin, D., & Yilmaz, R. M. (2020). The effect of Augmented Reality technology on middle school students' achievements and attitudes towards science education. *Computers and Education*, *144*(Sept 2019), 103710.

Yoon, S., Anderson, E., Lin, J., & Elinich, K. (2017). How augmented reality enables conceptual understanding of challenging science content. *Educational Technology and Society*, *20*(1), 156–168.

Wojciechowski, R., & Cellary, W. (2013). Evaluation of learners' attitude toward learning in ARIES augmented reality environments. *Computers & education*, *68*, 570-585

Δημητρακοπούλου, Α. (2018). Τάσεις και διαστάσεις « Περιβαλλόντων εκπαιδευτικών υλικών » για τεχνολογικά εμπλουτισμένες μαθησιακές δραστηριότητες : Ορισμοί και προσδιορισμοί. στο (Χ. Σκουμπουρδή & Μ. Σκουμιός (Επιμ). *Πρακτικά 3ου Συνεδρίου για το Εκπαιδευτικό Υλικό στα Μαθηματικά και στις Επιστήμες,* 9-11 Σεπτ. 2018, Ρόδος , 117–145.