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»

Ανασκόπηση πεδίου της εκπαιδευτικής χρήσης των γυαλιών εικονικής πραγματικότητας έξι βαθμών ελευθερίας

Πηνελόπη Ατσικπάση, Εμμανουήλ Φωκίδης

Βιβλιογραφική αναφορά:

Ατσικπάση Π., & Φωκίδης Ε. (2022). Ανασκόπηση πεδίου της εκπαιδευτικής χρήσης των γυαλιών εικονικής πραγματικότητας έξι βαθμών ελευθερίας. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 225–232. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/3752

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** EKT | **Πρόσβαση:** 05/12/2025 17:56:15

Ανασκόπηση πεδίου της εκπαιδευτικής χρήσης των γυαλιών εικονικής πραγματικότητας έξι βαθμών ελευθερίας

Πηνελόπη Ατσικπάση[1], Εμμανουήλ Φωκίδης[2]
pred17015@aegean.gr[1], fokides@aegean.gr[2]
[1, 2] Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Περίληψη

Τα γυαλιά εικονικής πραγματικότητας έξι βαθμών ελευθερίας δεν έχουν ερευνηθεί αρκετά ως προς την επίδρασή τους στη μάθηση και στις δεξιότητες των χρηστών. Το θέμα είναι ετερογενές και πολύπλοκο. Η εργασία παρουσιάζει μια ανασκόπηση πεδίου για τη χαρτογράφηση και την επανεξέταση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας σχετικά με αυτά. Ερευνήθηκαν οι τομείς στους οποίους χρησιμοποιούνται περισσότερο, τα οφέλη, καθώς και οι αρνητικές επιδράσεις που μπορεί να έχουν. Εντοπίστηκαν και αναλύθηκαν έξι αξιόπιστα άρθρα. Τα αποτελέσματα (είτε σε επίπεδο γνώσεων είτε δεξιοτήτων), έδειξαν πως τα γυαλιά εικονικής πραγματικότητας υπερτερούν συγκριτικά με άλλα μέσα. Επίσης, φάνηκε να έχουν θετική επίδραση στην αυτοπεποίθηση των χρηστών και στα κίνητρα για μάθηση. Από την άλλη, η εμβύθιση και η ευχαρίστηση παρότι βρέθηκαν αυξημένες φάνηκε ότι μπορεί να αποσπάσουν την προσοχή των χρηστών από το γνωστικό αντικείμενο.

Λέξεις κλειδιά: ανασκόπηση πεδίου, γυαλιά εικονικής πραγματικότητας, εκπαίδευση, πλήρης εμβύθιση

Εισαγωγή

Η τεχνολογία δίνει λύσεις σε ζητήματα της καθημερινότητας αλλά και της εκπαίδευσης. Ειδικά για την εκπαίδευση, υπάρχει μεγάλη συζήτηση για το αν η τεχνολογία προσφέρει εργαλεία που υπερέχουν των συμβατικών (Singer & Alexander, 2017). Μία τεχνολογία που φαίνεται να έχει μεγάλο δυναμικό είναι η πλήρως εμβυθισμένη εικονική πραγματικότητα, η οποία προσφέρει εμπειρίες που διαφέρουν σημαντικά από αυτές των εφαρμογών που προβάλλονται στην οθόνη ενός Η/Υ. Ο εικονικός κόσμος προβάλλεται στον χρήστη με γυαλιά εικονικής πραγματικότητας (Head-mounted Displays, HMDs). Αυτά, μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Σε εκείνα που προσφέρουν έξι βαθμούς ελευθερίας (6-DoF) (3 βαθμοί για περιστροφική κίνηση στους 3 άξονες και 3 βαθμοί για μετατοπιστική κίνηση στους 3 άξονες) και εκείνα που προσφέρουν 3-DoF (μόνο περιστροφική κίνηση), με αποτέλεσμα την περιορισμένη ελευθερία κινήσεων. Ακόμη, υπάρχουν συσκευές/χειριστήρια που δίνουν τη δυνατότητα χειρισμού των εικονικών αντικειμένων με έναν τρόπο που πλησιάζει αυτόν του φυσικού κόσμου (Nilsson et al., 2016).

Με τα HMDs (κυρίως των 6-DoF), οι χρήστες είναι ελεύθεροι από εξωτερικούς περισπασμούς και εμβυθίζονται πλήρως στο εικονικό περιβάλλον (Falah et al., 2014). Μαζί με τα πλούσια οπτικοακουστικά ερεθίσματα, προσφέρουν μοναδικές εμπειρίες στους χρήστες, που υπερέχουν ακόμα και από άλλα είδη εικονικής πραγματικότητας (Freina & Ott, 2015; Olmos et al, 2018; Fowler, 2015). Πέρα από την εμβύθιση, προκαλείται η αίσθηση της παρουσίας, δηλαδή, ο χρήστης αισθάνεται "παρών" στο εικονικό περιβάλλον (Falah et al., 2014). Ως αποτέλεσμα, υπάρχει περισσότερη εμπλοκή με το γνωστικό αντικείμενο και πιο καλή ανάκληση πληροφοριών (Papadakis et al., 2011). Επίσης, οι χρήστες που νιώθουν παρόντες σε ένα εικονικό περιβάλλον, το οποίο αφορά απόκτηση δεξιοτήτων, υπάρχει

πιθανότητα να μεταφέρουν αυτά που έμαθαν και στον πραγματικό κόσμο (Ahn et al., 2014). Τα HMDs έχουν βρει πεδίο εφαρμογής σε αρκετές επιστήμες, όπως τα Μαθηματικά, η Φυσική, η Αρχιτεκτονική, αλλά και η Ιατρική (ενδεικτικά, Schneps et al, 2014).

Παρά το ευρύ πεδίο εφαρμογής των HMDs και παρά τις ενδείξεις για τις θετικές τους επιδράσεις, αποτελούν μια αναδυόμενη και διαρκώς εξελισσόμενη τεχνολογία. Επιπρόσθετα, η έρευνα γύρω από αυτά δεν έχει συστηματοποιηθεί επαρκώς, ενώ, παράλληλα, υπάρχουν αντιφατικά και συγκρουόμενα αποτελέσματα. Έτσι, η παρούσα ανασκόπηση πεδίου εστίασε στα HMDs 6-DoF, επιχειρώντας να χαρτογραφήσει και να επανεξετάσει την υπάρχουσα βιβλιογραφία, ώστε να αναδειχθεί καλύτερα ο αντίκτυπος τους αναφορικά με τη μάθηση και τις δεξιότητες. Ακόμη, διερεύνησε παράγοντες που πιθανά να επηρεάζουν τα παραπάνω και το είδος της επίδρασης που αυτοί είχαν.

Βιβλιογραφική επισκόπηση

Αναζητήθηκαν στη βιβλιογραφία οι υπάρχουσες ανασκοπήσεις σχετικές με το συγκεκριμένο θέμα και εντοπίστηκαν πέντε (Bradley & Newbutt, 2018; Jensen & Konradsen, 2018; Snelson & Hsu, 2019; Smutny et al., 2019; Queiroz et al., 2018). Αυτές επεσήμαναν τις επιδράσεις των HMDs στη μάθηση, τους παράγοντες που φάνηκαν ότι την επηρεάζουν (σε σχέση με τα HMDs), αλλά και τις ελλείψεις των ερευνών που ανέλυσαν. Σε δύο από τις ανασκοπήσεις βρέθηκε ότι υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ HMDs και μάθησης (Bradley & Newbutt, 2018; Jensen & Konradsen, 2018). Μία άλλη περιέλαβε άρθρα που αφορούσαν δεξιότητες που ανέπτυξαν οι χρήστες μέσω των HMDs και λιγότερο τις γνώσεις τους και πάλι με θετικά αποτελέσματα (Queiroz et al, 2018). Αντίθετα, μία άλλη ανασκόπηση κατέληξε ότι τα HMDs έχουν μικτά μαθησιακά αποτελέσματα (Snelson & Hsu, 2019). Επίσης, άλλη ανασκόπηση εστίασε στις εφαρμογές για HMDs (Smutny et al., 2019). Τέλος, δύο ανασκοπήσεις περιορίστηκαν σε συγκεκριμένες θεματικές, όπως, για παράδειγμα, HMDs και αυτισμός (Bradley & Newbutt, 2018) και HMDs και εφαρμογές του Oculus Store (Smutny et al., 2019), με την τελευταία να μην εστιάζει καθόλου σε μάθηση, δεξιότητες ή άλλους παράγοντες, αλλά καθαρά στα χαρακτηριστικά των εφαρμογών για HMDs (γνωστικό αντικείμενο, αξιολόγηση, προσβασιμότητα). Ως προς την εμβύθιση, σε μία ανασκόπηση βρέθηκε ότι αυτή ήταν αυξημένη, με αποτέλεσμα να υπάρχει αντίστοιχα αυξημένη εμπλοκή και ευχαρίστηση (Snelson & Hsu, 2019). Όμως, άλλη ανασκόπηση, κατέληξε ότι τα HMDs 6-DoF μειονεκτούσαν ως προς τις λιγότερο εμβυθιστικές συσκευές (Jensen & Konradsen, 2018). Επίσης, οι συγγραφείς σχολίασαν ότι οι πιο πολλές έρευνες που περιέλαβαν στις ανασκοπήσεις τους είχαν μικρό δείγμα συμμετεχόντων (Bradley & Newbutt, 2018) ή λιγοστές παρεμβάσεις (Jensen & Konradsen, 2018) ή και τα δύο (Queiroz et al, 2018). Επιπρόσθετα, στις ανασκοπήσεις αναφέρθηκαν αρνητικές επιδράσεις των HMDs, όπως ζάλη και ναυτία (simulator sickness), απόσπαση της προσοχής και χαμηλή συγκέντρωση των χρηστών στο γνωστικό αντικείμενο (Bradley & Newbutt, 2018; Jensen & Konradsen, 2018; Snelson & Hsu, 2019).

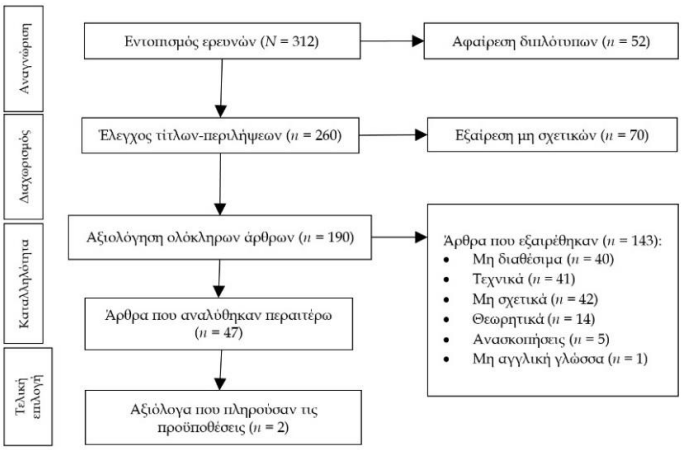
Όλες οι παραπάνω ανασκοπήσεις τόνισαν την αναγκαιότητα περαιτέρω διερεύνησης των επιδράσεων των HMDs. Ακόμα, ανέφεραν ότι τα μικρά δείγματα των ερευνών και οι λιγοστές παρεμβάσεις δύσκολα επιτρέπουν την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων (Levac et al., 2010; Snelson & Hsu, 2019). Λαμβάνοντας αυτά υπόψη, σκοπός της παρούσας ανάλυσης είναι η επανεξέταση των ερευνών που αφορούσαν τα HMDs 6-DoF. Έτσι, οι βασικοί στόχοι που τέθηκαν ήταν: (α) να εξεταστεί το ποιος είναι ο αντίκτυπος των HMDs 6-DoF στη μάθηση/δεξιότητες και ποιοι παράγοντες παίζουν ρόλο, (β) να διερευνηθεί σε ποιους τομείς έχουν χρησιμοποιηθεί περισσότερο και (γ) να καταγραφούν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους.

Μέθοδος

Από τα διάφορα είδη ανασκοπήσεων επιλέχθηκε η ανασκόπηση πεδίου (scoping review), η οποία είναι μια δημοφιλής προσέγγιση για τη σύνθεση ερευνητικών στοιχείων (Daudt et al., 2013). Βασικός στόχος της είναι η χαρτογράφηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας και θεωρείται χρήσιμη, όταν το θέμα δεν έχει εξεταστεί εκτενώς ή είναι ετερογενές και πολύπλοκο (Arksey & O'Malley, 2005). Η αναζήτηση των επιστημονικών άρθρων έγινε μέσω των ηλεκτρονικών βάσεων ERIC, LearnTechLib και Scopus (μέσω της πρόσβασης που προσφέρει το HEAL-Link). Η γλώσσα αναζήτησης ήταν η Αγγλική. Χρησιμοποιήθηκε η εξής συμβολοσειρά αναζήτησης: {[(fully immersive virtual reality) OR (immersive virtual reality)] AND [(HMD) OR (Oculus) OR (Vive)] AND [(learning) OR (skills) OR (education)]}. Η τελευταία πενταετία (2015-2019) ορίστηκε ως το διάστημα της αναζήτησης, διότι μέσα σε αυτό η χρήση των HMDs 6-DoF έγινε πιο συστηματική. Περιλήφθηκαν εμπειρικές έρευνες, ενώ αποκλείστηκαν διπλωματικές εργασίες, τεχνικές αναφορές, άρθρα που ήταν θεωρητικά, μη πλήρη (posters και περιλήψεις), καθώς και αυτά στα οποία δεν υπήρχε πρόσβαση. Επίσης, βασικό κριτήριο επιλογής ήταν οι έρευνες να μπορούν να θεωρηθούν αξιόπιστες. Ως κριτήριο αξιοπιστίας χρησιμοποιήθηκε η στατιστική ισχύς των αποτελεσμάτων των ερευνών, με όριο περίληψης/αποκλεισμού το 0,80 [power = (1 - β err prob) = 0,80]. Με βάση αυτό το όριο και χρησιμοποιώντας το G*power (Faul et al., 2007), καθορίστηκε το μέγεθος του δείγματος που θα έπρεπε να υπάρχει, ανάλογα με τον ερευνητικό σχεδιασμό της κάθε έρευνας (μεταξύ ή εντός υποκειμένων, με μία ή περισσότερες ομάδες και με μία ή περισσότερες συσκευές). Για παράδειγμα, σε σχεδιασμό εντός υποκειμένων με δύο εργαλεία, το απαιτούμενο μέγεθος για να επιτευχθεί η παραπάνω ισχύς είναι τα 52 άτομα. Αντίστοιχα, σε σχεδιασμό μεταξύ υποκειμένων και δύο ομάδες/εργαλεία, το απαιτούμενο μέγεθος είναι 132 άτομα.

Αποτελέσματα και Συζήτηση

Για την καλύτερη οπτικοποίηση της διαδικασίας επιλογής των άρθρων, επιλέχθηκε η χρήση διαγράμματος ροής (flowchart) τύπου PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) (Moher et al., 2009) (Σχήμα 1).



Σχήμα 1. Διάγραμμα ροής της μεθοδολογίας τύπου PRISMA (Moher et al., 2009).

Το PRISMA αποτελείται από τέσσερα στάδια (αναγνώριση, διαχωρισμός, καταλληλότητα, τελική επιλογή). Στο τελευταίο στάδιο φάνηκε ότι μόνο δύο άρθρα ανταποκρίνονταν στο βασικό κριτήριο, περίληψης/αποκλεισμού (power = 0,80), πράγμα που αναδεικνύει ακόμα πιο έντονα την ανάγκη για διερεύνηση της επίδρασης των HMDs 6-DoF. Έτσι, κατά παρέκκλιση, αποφασίστηκε να θεωρηθούν ως αξιόπιστα και τα άρθρα που είχαν ισχύ-power πάνω από 0,60 και τελικά το πλήθος τους αυξήθηκε στα έξι. Τα άρθρα δεν είχαν κοινό γνωστικό αντικείμενο, αλλά τα περισσότερα (*n* = 4) είχαν ως ομάδα στόχο φοιτητές (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Σύνοψη των αξιόπιστων άρθρων για HMDs 6-DoF και εκπαίδευση

Συγγραφείς	Γνωστικό αντικείμενο	Στόχος	Ομάδα στόχος	Δείγμα
Gutierrez-Maldonado et al., 2015	Παιδαγωγική	αξιολόγηση της επίπτωσης της χρήσης εικονικών συνεντεύξεων συγκριτικά με πραγματικές για την ανίχνευση μαθητών με και χωρίς ΔΕΠΥ	φοιτητές	52
Fabola & Miller, 2016	Ιστορία	αξιολόγηση των HMDs ως προς την αύξηση του ενδιαφέροντος για την εκμάθηση της ιστορίας συγκριτικά άλλα τρία μέσα	μαθητές Γυμνασίου	30
Rupp et al., 2019	Αστρονομία	αξιολόγηση της επίδρασης των εικονικών περιβαλλόντων με βίντεο 360ο, αναφορικά με γνώσεις, επίδραση, κίνητρα και ναυτία/ζάλη, χρησιμοποιώντας συσκευές ποικίλων βαθμών εμβύθισης	φοιτητές	136
Pulijala et al., 2018	Ιατρική	σύγκριση εφαρμογής εικονικής χειρουργικής με τη χρήση HMDs και PowerPoint, αναφορικά με την αυτοπεποίθηση και τις γνώσεις φοιτητών	φοιτητές Ιατρικής	91
Stranger-Johannessen, 2018	Μαθηματικά	διερεύνηση του αν τα HMDs έχουν καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα συγκριτικά με το έντυπο υλικό	μαθητές δημοτικού	116
Ritter III et al., 2016	Μηχανική	αξιολόγηση της επίπτωσης της προβολής πρώτου προσώπου στην κατανόηση πληροφοριών, σε σύγκριση με την επιτραπέζια εικονική πραγματικότητα	φοιτητές/ μαθητές Λυκείου	49

Τα ερευνητικά ερωτήματα που εξετάστηκαν αφορούσαν, κυρίως, τη μάθηση (*n* = 4), την παρουσία/εμβύθιση (*n* = 2), τα κίνητρα (*n* = 3), την ευχαρίστηση (*n* = 2) και την ευκολία χρήσης (*n* = 2). Λιγότερο φαίνεται πως απασχόλησαν οι δεξιότητες (*n* = 1), η ναυτία/ζάλη (*n* = 1), τα συναισθήματα (*n* = 1) και η αυτοπεποίθηση (*n* = 1). Τα μέσα που χρησιμοποίησαν ήταν το Oculus Rift (*n* = 6), Samsung Gear VR (*n* = 1), επιτραπέζια εικονική πραγματικότητα (*n* = 2), Google Cardboard (*n* = 2), έντυπο υλικό (*n* = 1), smartphone (*n* = 1), πραγματική δραστηριότητα (*n* = 1).

Ως προς τα αποτελέσματα σε επίπεδο γνώσεων και δεξιοτήτων, πέντε από τα έξι άρθρα ανέφεραν πως τα HMDs 6-DoF επέφεραν καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα συγκριτικά με άλλα μέσα, σε θέματα όπως, η Αστρονομία (Rupp et al., 2019), η Ιατρική (Pulijala et al., 2018), τα Μαθηματικά (Stranger-Johannessen, 2018), η Μηχανική (Ritter III et al., 2016) και η εκπαίδευση φοιτητών για μαθητές με ΔΕΠΥ (Gutierrez-Maldonado et al., 2015). Τα θετικά μαθησιακά αποτελέσματα των HMDs 6-DoF είναι κάτι που συναντάται γενικότερα στη

βιβλιογραφία (ενδεικτικά, Juliano et al., 2019), αλλά, κάποιες φορές, και σε λιγότερο εμβυθιστικά συστήματα (ενδεικτικά, Pagé et al., 2019).

Σε εννέα περιπτώσεις φάνηκε να υπάρχει θετική επίδραση των HMDs 6-DoF σε παράγοντες όπως η ευχαρίστηση και θετικά συναισθήματα (Fabola & Miller, 2016; Ritter III et al., 2016; Rupp et al., 2019), τα κίνητρα για μάθηση (Fabola & Miller, 2016; Rupp et al., 2019, Ritter III et al., 2016), η παρουσία/εμβύθιση (Rupp et al., 2019), η αυτοπεποίθηση (Pulijala et al., 2018) κι η μειωμένη ζάλη/ναυτία (σε σχέση με HMDs 3-DoF) (Rupp et al., 2019). Αρνητική επίδραση φάνηκε να υπάρχει σε μία περίπτωση που αφορούσε την ευκολία χρήσης των χειριστηρίων (Ritter III et al., 2016). Τέλος, ουδέτερα αποτελέσματα φάνηκε να υπάρχουν σε δύο περιπτώσεις που αφορούσαν την ευκολία χρήσης και την εμβύθιση (Fabola & Miller, 2016).

Ειδικότερα, η αυξημένη παρουσία/εμβύθιση στα HMDs 6-DoF φαίνεται να συνδέεται με θετικά γνωστικά αποτελέσματα, καθώς βοηθά τους χρήστες να ανακαλέσουν, σε μεταγενέστερο χρόνο, γνωστικά στοιχεία τα οποία περιλαμβάνονταν στην εφαρμογή (Rupp et al., 2019). Παράλληλα, πέρα από τη συσχέτιση εμβύθισης (που είναι πιο έντονη στα HMDs 6-DoF σε σύγκριση με τα HMDs 3-DoF) και απόκτησης γνώσεων, επισημάνθηκε η σχέση εμβύθισης και θετικών συναισθημάτων (Rupp et al., 2019), κάτι που έχει φανεί, γενικότερα, στη βιβλιογραφία (Krokos et al., 2019). Αντίθετα, σε ένα άρθρο (Fabola & Miller, 2016), η παρουσία/εμβύθιση στα HMDs 6-DoF φάνηκε να έχει ίδια επίδραση στη μάθηση συγκριτικά με τα HMDs 3-DoF και την επιτραπέζια εικονική πραγματικότητα. Πιθανότατα, κάτι τέτοιο να οφείλεται σε κάποιους επιμέρους παράγοντες. Όπως επισήμαναν οι ερευνητές, στην εφαρμογή που χρησιμοποίησαν με τα HMDs 6-DoF, υπήρχαν προκαθορισμένα σημεία ενδιαφέροντος στην περιήγηση και συγκεκριμένες οπτικές γωνίες, ενώ στα άλλα μέσα όχι. Αυτό, περιόρισε αρκετά τις δυνατότητες πλοήγησης των χρηστών στον εικονικό κόσμο και οι ερευνητές θεώρησαν ότι υπήρξε αρνητική επίδραση στη μάθηση. Κάτι τέτοιο, ίσως, να σημαίνει ότι πρέπει να δίνονται στον χρήστη περισσότερες επιλογές αναφορικά με την περιήγησή του στον εικονικό κόσμο.

Ωστόσο, πρέπει να τονιστεί ότι ακόμη και υψηλά επίπεδα εμβύθισης να υπάρχουν, δεν συνεπάγεται απαραίτητα και βελτίωση της μάθησης, καθώς έχει βρεθεί ότι η εμβύθιση μπορεί να επιδράσει αρνητικά στα μαθησιακά αποτελέσματα (Stevens et al., 2015). Αυτό γιατί η πρωτόγνωρη εμπειρία ενθουσιάζει υπερβολικά τους χρήστες, με αποτέλεσμα να αποσπάται η προσοχή τους και να μην ενδιαφέρονται για το περιεχόμενο (ενδεικτικά, Rupp et al., 2016; Tamaddon et al, 2017). Πράγματι, αυτό επαληθεύτηκε σε ένα άρθρο που περιλήφθηκε στην παρούσα ανασκόπηση (Fabola & Miller, 2016), όπου φάνηκε ότι η αυξημένη ευχαρίστηση είχε αρνητική επίδραση στα μαθησιακά αποτελέσματα.

Όπως αναφέρθηκε σε τρία άρθρα, τα κίνητρα φάνηκε να επηρεάζονται θετικά από τα HMDs 6-DoF και, σε κάθε περίπτωση, καλύτερα από άλλα μέσα (Fabola & Miller, 2016; Ritter III et al., 2016; Rupp et al., 2019). Έτσι, οι χρήστες παρακινήθηκαν να ασχοληθούν περισσότερο με την εφαρμογή και αυτό, με τη σειρά του, οδήγησε σε θετικά μαθησιακά αποτελέσματα (Ritter III et al., 2016). Επίσης, αναφορικά με την ευκολία χρήσης τους, τα HMDs 6-DoF θεωρήθηκαν πιο δύσχρηστα συγκριτικά με την επιτραπέζια εικονική πραγματικότητα, γιατί οι χρήστες δυσκολεύτηκαν να κατανοήσουν το πώς μπορούν να κινηθούν χρησιμοποιώντας τα χειριστήρια (Ritter III et al., 2016). Αντίθετα με τους παραπάνω ερευνητές, οι Fabola και Miller (2016), δεν εντόπισαν ουσιαστικές διαφορές στην ευχρηστία των συστημάτων.

Αύξηση της αυτοπεποίθησης των χρηστών αναφέρθηκε σε ένα άρθρο. Οι χρήστες νιώθουν υψηλότερα επίπεδα αυτοπεποίθησης με τα HMDs 6-DoF, παρά με άλλες συμβατικές μεθόδους (Pulijala et al., 2018). Ειδικότερα, αυτός ο παράγοντας είναι πολύ σημαντικός για φοιτητές ιατρικής, γιατί τα HMDs 6-DoF τους παρείχαν δυνατότητες, όπως άμεση τρισδιάστατη

αλληλεπίδραση με την ανατομία και κοντινή οπτικοποίηση των οργάνων, κάτι που σε πραγματικές καταστάσεις δεν θα ήταν εφικτό. Τέλος, φάνηκε ότι τα HMDs 6-DoF δεν προκάλεσαν ναυτία/ζάλη, τουλάχιστο όχι τόσο έντονη όσο τα HMDs 3-DoF, κάτι που συνεισέφερε έμμεσα στα μαθησιακά αποτελέσματα (Rupp et al., 2019). Πιθανόν δεν δημιουργήθηκε, γιατί τα HMDs 6-DoF είναι πιο εξελιγμένα από τα HMDs 3-DoF (καλύτερη απεικόνιση, πιο γρήγορη ανταπόκριση στις κινήσεις του χρήστη, ευρύτερο οπτικό πεδίο) (Zhou et al., 2018). Ακόμη, η απουσία έντονης ναυτίας/ζάλης μπορεί να οφειλόταν στον περιορισμένο χρόνο που οι χρήστες βρίσκονταν στο εικονικό περιβάλλον, που, συνιστάται να μην υπερβαίνει τα δεκαπέντε λεπτά (Ropelato et al., 2018).

Περιορισμοί της ανασκόπησης, επιπτώσεις

Παρότι καταβλήθηκε προσπάθεια η αναζήτηση των άρθρων να είναι εξονυχιστική, εντούτοις, υπάρχει η περίπτωση να μην βρέθηκαν όλα εκείνα που ήταν σχετικά, γιατί δεν υπήρχε πρόσβαση σε βάσεις επιστημονικών άρθρων όπου απαιτούνταν συνδρομή. Έτσι, μελλοντικές έρευνες μπορούν να επεκτείνουν το εύρος της ανασκόπησης, περιλαμβάνοντας περισσότερες βάσεις επιστημονικών άρθρων. Ακόμη, οι όροι παρουσία και εμβύθιση αντιμετωπίστηκαν στην ανάλυση ως ενιαίος παράγοντας. Αυτό έγινε γιατί σε πολλές έρευνες φάνηκε να συγχέονται και να χρησιμοποιούνται εναλλακτικά, παρότι αποτελούν διακριτά φαινόμενα (Freina & Ott, 2015; Rupp et al., 2019). Άρα, καλό θα ήταν οι ερευνητές να εξετάζουν ξεχωριστά αυτούς τους δύο παράγοντες. Επιπλέον, δεν βρέθηκαν έρευνες που πληρούσαν τα αυστηρά κριτήρια αξιοπιστίας. Όχι μόνο αυτό, αλλά φάνηκε πως σε αρκετές περιπτώσεις τα συμπεράσματα ήταν αντιφατικά. Αυτά τα δύο στοιχεία αποδεικνύουν ότι η εκπαιδευτική χρήση των HMDs 6-DoF είναι *terra incognita*, ένα πεδίο ακόμα ανεξερεύνητο. Τα άρθρα που, τελικά, θεωρήθηκαν αξιόπιστα θα μπορούσαν να έχουν μεγαλύτερα δείγματα ή/και αριθμό παρεμβάσεων. Ωστόσο, το υψηλό κόστος των HMDs6-DoF, εμποδίζει τη μαζική προμήθειά τους. Αυτό, με τη σειρά του, περιορίζει τη δυνατότητα της δημιουργίας μεγάλων δειγμάτων, αλλά και, συνολικότερα, τη διάδοση αυτής της τεχνολογίας.

Συμπεράσματα

Η ανασκόπηση συνεισφέρει, στο μέτρο του δυνατού, στη σχετική βιβλιογραφία, διότι συνόψισε τα αποτελέσματα των ερευνών που αφορούσαν την εκπαιδευτική χρήση των HMDs 6-DoF. Από έξι έρευνες που θεωρήθηκαν αξιόπιστες, με βάση τη στατιστική ισχύ των αποτελεσμάτων τους, παρουσιάστηκαν η επίδραση των HMDs 6-DoF στη μάθηση, καθώς και σε άλλους παράγοντες που επηρεάστηκαν από τη χρήση τους. Φάνηκε αυτά να έχουν κάποια πλεονεκτήματα συγκριτικά με άλλα μέσα. Εντοπίστηκαν θετικές επιδράσεις στη μάθηση και στην ευχαρίστηση, ενώ μικτές στην ευκολία χρήσης και στην παρουσία/εμβύθιση. Επίσης, φάνηκε πως αυξάνουν την αυτοπεποίθηση των χρηστών, αλλά και τα κίνητρά τους για μάθηση. Ωστόσο, η υπερβολική ευχαρίστηση που προκαλείται από τη χρήση των HMDs 6-DoF, ωθεί τους χρήστες να δίνουν προσοχή στην εμπειρία και όχι στο περιεχόμενο. Συμπερασματικά, και με βάση τα ευρήματα που παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες ενότητες, υπάρχουν ενδείξεις πως τα HMDs 6-DoF μπορούν να παίξουν ρόλο στη μαθησιακή διαδικασία. Ωστόσο, απαιτούνται περισσότερες έρευνες γύρω από αυτό το θέμα.

Αναφορές

Ahn, S. J. G., Bailenson, J. N., & Park, D. (2014). Short- and long-term effects of embodied experiences in immersive virtual environments on environmental locus of control and behavior. *Computers in Human Behavior, 39*, 235-245.

Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). Scoping studies: towards a methodological framework. *International journal of social research methodology, 8*(1), 19-32.

Bradley, R., & Newbutt, N. (2018). Autism and virtual reality head-mounted displays: A state of the art systematic review. *Journal of Enabling Technologies, 12*(3), 101-113.

Daudt, H. M., van Mossel, C., & Scott, S. J. (2013). Enhancing the scoping study methodology: a large, inter-professional team's experience with Arksey and O'Malley's framework. *BMC medical research methodology, 13*(1), 48.

Fabola, A., & Miller, A. (2016, June). Virtual Reality for early education: A study. *Proceedings of the International Conference on Immersive Learning* (pp. 59-72). Springer, Cham.

Falah, J., Khan, S., Alfalah, T., Alfalah, S. F. M., Chan, W., Harrison, D. K., & Charissis, V. (2014). Virtual reality medical training system for anatomy education. *Proceedings of the 2014 Science and Information Conference*, 752-758. IEEE.

Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. (2007). G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods, 39*(2), 175-191.

Fowler, C. (2015). Virtual reality and learning: Where is the pedagogy? *British journal of educational technology, 46*(2), 412-422.

Freina, L., & Ott, M. (2015). A literature review on immersive virtual reality in education: state of the art and perspectives. *Proceedings of the International Scientific Conference eLearning and Software for Education, 133*. "Carol I" National Defence University.

Gutierrez-Maldonado, J., Andres-Pueyo, A. & Talarn-Caparros, A. (2015). Virtual Reality to train teachers in ADHD detection. In D. Rutledge & D. Slykhuis (Eds.). *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2015* (pp. 769-772). Chesapeake, VA: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).

Jensen, L., & Konradsen, F. (2018). A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies, 23*(4), 1515-1529.

Juliano, J. M., Saldana, D., Schmiesing, A., & Liew, S. L. (2019, July). Experience with head-mounted virtual reality (HMD-VR) predicts transfer of HMD-VR motor skills. *Proceedings of the International Conference on Virtual Rehabilitation* (ICVR) (pp. 1-2). IEEE.

Krokos, E., Plaisant, C., & Varshney, A. (2019). Virtual memory palaces: Immersion aids recall. *Virtual Reality, 23*(1).

Levac, D., Colquhoun, H., & O'Brien, K. K. (2010). Scoping studies: advancing the methodology. *Implementation science, 5*(1), 69.

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., The PRISMA Group (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med 6*(7): e1000097.

Nilsson, N. C., Nordahl, R., & Serafin, S. (2016). Immersion revisited: A review of existing definitions of immersion and their relation to different theories of presence. *Human Technology, 12*.

Olmos, E., Cavalcanti, J. F., Soler, J. L., Contero, M., & Alcañiz, M. (2018). Mobile virtual reality: A promising technology to change the way we learn and teach. *Mobile and Ubiquitous Learning*, 95-106. Springer, Singapore.

Pagé, C., Bernier, P. M., & Trempe, M. (2019). Using video simulations and virtual reality to improve decision-making skills in basketball. *Journal of Sports Sciences, 37*(21), 2403-2410.

Papadakis, G., Mania, K., & Koutroulis, E. (2011). A system to measure, control and minimize end-to-end head tracking latency in immersive simulations. *Proceedings of the 10th International Conference on Virtual Reality Continuum and Its Applications in Industry*, 581-584. ACM.

Pulijala, Y., Ma, M., Pears, M., Peebles, D., & Ayoub, A. (2018). Effectiveness of immersive virtual reality in surgical training-A randomized control trial. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 76*(5), 1065-1072.

Ritter III, K. A., Chambers, T. L., & Borst, C. W. (2016, June). Work in progress: networked virtual reality environment for teaching concentrating solar power technology. *Proceedings of the 2016 ASEE Annual Conference,* New Orleans, LA. ASEE.

Rupp, M. A., Odette, K. L., Kozachuk, J., Michaelis, J. R., Smither, J. A., & McConnell, D. S. (2019). Investigating learning outcomes and subjective experiences in 360-degree videos. *Computers & Education, 128,* 256-268.

Queiroz, A. C. M., Nascimento, A. M., Tori, R., & da Silva Leme, M. I. (2018, June). Using HMD-based immersive virtual environments in primary/K-12 education. *Proceedings of the International Conference on Immersive Learning* (pp. 160-173). Springer, Cham.

Singer, L. M., & Alexander, P. A. (2017). Reading on paper and digitally: What the past decades of empirical research reveal. *Review of Educational Research, 87*(6), 1007-1041. https://doi.org/10.3102/0034654317722961

Schneps, M. H., Ruel, J., Sonnert, G., Dussault, M., Griffin, M., & Sadler, P. M. (2014). Conceptualizing astronomical scale: Virtual simulations on handheld tablet computers reverse misconceptions. *Computers & Education, 70*, 269-280.

Smutny, P., Babiuch, M., & Foltynek, P. (2019). A review of the virtual reality applications in education and training. Proceedings of the 2019 20th International Carpathian Control Conference, ICCC 2019.

Snelson, C., & Hsu, Y. C. (2019). Educational 360-Degree Videos in Virtual Reality: a Scoping Review of the Emerging Research. *TechTrends,* 1-9.

Stevens, J., Kincaid, P., & Sottilare, R. (2015). Visual modality research in virtual and mixed reality simulation. *The Journal of Defense Modeling and Simulation, 12*(4), 519-537.

Stranger-Johannessen, E. (2018, September). Exploring Math Achievement through Gamified Virtual Reality. *Proceedings of the European Conference on Technology Enhanced Learning* (pp. 613-616). Springer, Cham.

Tamaddon, K., & Stiefs, D. (2017, March). Embodied experiment of levitation in microgravity in a simulated virtual reality environment for science learning. *Proceedings of the EEE Virtual Reality Workshop on K-12 Embodied Learning through Virtual & Augmented Reality* (KELVAR) (pp. 1-5). IEEE

Zhou, Y., Ji, S., Xu, T., & Wang, Z. (2018). Promoting knowledge construction: A model for using virtual reality interaction to enhance learning. *Procedia Computer Science, 130*, 239-246.