ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

**Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση**

Τόμ. 1 (2023)

13ο Πανελλήνιο και Διεθνές Συνέδριο «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»

# Εξέταση των μαθησιακών αποτελεσμάτων και των παραγόντων που τα επηρεάζουν σε περιβάλλον εμβυθιστικής εικονικής πραγματικότητας. Μία προκαταρτική συγκριτική μελέτη

*Παναγιώτης Αντωνόπουλος, Εμμανουήλ Φωκίδης*

**Βιβλιογραφική αναφορά:**

Αντωνόπουλος Π., & Φωκίδης Ε. (2024). Εξέταση των μαθησιακών αποτελεσμάτων και των παραγόντων που τα επηρεάζουν σε περιβάλλον εμβυθιστικής εικονικής πραγματικότητας. Μία προκαταρτική συγκριτική μελέτη. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 281–288. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/7286

# Εξέταση των μαθησιακών αποτελεσμάτων και των παραγόντων που τα επηρεάζουν σε περιβάλλον εμβυθιστικής εικονικής πραγματικότητας. Μία προκαταρτική συγκριτική μελέτη

**Παναγιώτης Αντωνόπουλος, Εμμανουήλ Φωκίδης**
pred19003@rhodes.aegean.gr, fokides@aegean.gr
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

## Περίληψη

Οι εκπαιδευτικές εφαρμογές της εμβυθιστικής εικονικής πραγματικότητας (ΕμΕΠ) αποτελούν ένα σχετικά νέο ερευνητικό πεδίο. Έχοντας αυτό ως δεδομένο, η μελέτη επιχείρησε να εξετάσει τα μαθησιακά αποτελέσματα που επιτυγχάνονται με τη χρήση εφαρμογών ΕμΕΠ. Μάλιστα, έγινε σύγκριση με τα αντίστοιχα αποτελέσματα από τη χρήση επιτραπέζιας ΕΠ. Το δείγμα ήταν 53 φοιτητές οι οποίοι χρησιμοποίησαν ένα σύνολο 6 εφαρμογών με αντικείμενο την αρχαία Ελληνική τεχνολογία. Διαπιστώθηκε ότι, πράγματι, η ΕμΕΠ μπορεί να παράγει καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα σε σύγκριση με την επιτραπέζια ΕΠ. Ο αντίκτυπός της στα θετικά συναισθήματα των χρηστών και στην εμβύθισή τους ήταν επίσης θετικός. Από την άλλη τα συμπτώματα της ασθένειας προσομοιωτή ήταν εντονότερα. Ενώ τα παραπάνω αποτελέσματα παρέχουν στοιχεία για την εκπαιδευτική αξία της ΕμΕΠ, απαιτείται περαιτέρω έρευνα για την εξεύρεση μεθόδων αξιοποίησης του εκπαιδευτικού της δυναμικού.

**Λέξεις κλειδιά:** εμβυθιστική εικονική πραγματικότητα, μάθηση, head-mounted displays

## Εισαγωγή

Το τοπίο της εκπαίδευσης μετασχηματίστηκε λόγω της εμφάνισης διαφόρων καινοτόμων τεχνολογιών. Σε αυτές ανήκει μια παραλλαγή/εξέλιξη της εικονικής πραγματικότητας (ΕΠ), η εμβυθιστική ΕΠ (ΕμΕΠ). Όπως και με την ΕΠ, ο όρος αφορά διαδραστικά τρισδιάστατα εικονικά περιβάλλοντα. Όμως, η ΕμΕΠ, στοχεύει να εμβυθίσει τους χρήστες όσο το δυνατόν περισσότερο στο εικονικό περιβάλλον, δημιουργώντας τους την αίσθηση ότι είναι παρόντες σε αυτό, περιτριγυρίζοντάς τους με ρεαλιστικά γραφικά, ήχο και απτική ανατροφοδότηση (Chessa et al., 2019). Για το λόγο αυτό, σε αντιδιαστολή με την πιο απλή εκδοχή της ΕΠ, την επιτραπέζια, που χρησιμοποιεί Η/Υ και συμβατικές οθόνες, απαιτούνται ειδικές συσκευές όπως, γυαλιά ΕΠ (head-mounted displays, HMDs), συσκευές παρακολούθησης της κίνησης και συσκευές για τον χειρισμό των εικονικών αντικειμένων και για απτική ανατροφοδότηση.

Η ΕμΕΠ βρίσκει εφαρμογή σε πολλούς τομείς. Ειδικότερα, στην εκπαίδευση, οι εφαρμογές της εμπλέκουν και αιχμαλωτίζουν το ενδιαφέρον μαθητών με διαφορετικά υπόβαθρα (Bertrand et al., 2017), ενισχύοντας τη συνολική κατανόηση και διατήρηση της γνώσης (π.χ., Newbutt et al., 2019). Όμως, καθώς το πεδίο είναι ακόμα νέο, η διεξαγωγή ερευνών σχετικά με τις εκπαιδευτικές χρήσεις της ΕμΕΠ είναι ζωτικής σημασίας, ώστε να κατανοηθεί καλύτερα ο αντίκτυπος της στις γνωστικές διαδικασίες (Fokides, 2023). Αυτή ήταν η κινητήρια δύναμη για τη διεξαγωγή της παρούσας μελέτης. Σκοπός της ήταν να εξετάσει τα μαθησιακά αποτελέσματα σε περιβάλλοντα ΕμΕΠ στα οποία χρησιμοποιούνται HMDs. Ταυτόχρονα, εξετάστηκε ένας αριθμός παραγόντων που θεωρήθηκε ότι τα επηρεάζουν Μάλιστα, τα παραπάνω συγκρίθηκαν με τα αντίστοιχα αποτελέσματα από τη χρήση επιτραπέζιας ΕΠ, ώστε να γίνουν πιο κατανοητά τα πιθανά συγκριτικά πλεονεκτήματα της ΕμΕΠ.

Ι. Καζανίδης, Α. Τσινάκος (Επιμ.), Πρακτικά Εργασιών 13ου Πανελλήνιου και Διεθνούς Συνεδρίου «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση», Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδας, Καβάλα, 29 Σεπτεμβρίου – 1 Οκτωβρίου 2023. ISSN: 2529-0916, ISBN: 978-618-83186-8-7

## Θεωρητικό πλαίσιο

Όπως αναφέρθηκε, η ΕμΕΠ είναι στενά συνδεδεμένη με τη χρήση HMDs. Συνοπτικά, είναι συσκευές απεικόνισης που φοριούνται στο κεφάλι. Παρά τις όποιες διαφορές τους, όλες διαθέτουν φακούς, μικρές οθόνες για την προβολή εικόνας σε κάθε μάτι και αισθητήρες θέσης και κίνησης. Αποκόπτουν τον χρήστη από το εξωτερικό περιβάλλον, παρουσιάζοντας σε όλο του το οπτικό πεδίο το εικονικό περιβάλλον και, ταυτόχρονα, του επιτρέπουν να κινείται σε αυτό και να αλληλεπιδρά με τα εικονικά αντικείμενα. Τα πεδία των εκπαιδευτικών εφαρμογών της ΕμΕΠ είναι πολλά, όπως οι Φυσικές Επιστήμες, τα Μαθηματικά, η Ιατρική, οι ξένες γλώσσες, το STEM και η Ειδική Αγωγή (Fokides, 2023). Αναφορικά με την επίδρασή της στη μάθηση, η πλειοψηφία των ερευνών αναφέρει θετικά αποτελέσματα τόσο στην απόκτηση γνώσεων (π.χ., Garcia et al., 2019; Newbutt et al., 2019) όσο και στην απόκτηση δεξιοτήτων (π.χ., Shi et al. 2020). Ωστόσο, υπάρχουν περιπτώσεις όπου τα αποτελέσματα ήταν χειρότερα (Ritter III et al. 2018). Αυτό γιατί η καινοτομία των εμπειριών και ο ενθουσιασμός των μαθητών μπορεί να επιδράσει αρνητικά (Jensen & Konradsen, 2018).

Η ελκυστικότητα και ο ρεαλισμός των γραφικών, φαίνεται να επιδρά θετικά στα γνωστικά αποτελέσματα (Kim & Ahn, 2021), καθώς οι χρήστες θεωρούν ότι βρίσκονται σε ένα πραγματικό περιβάλλον και όχι σε τεχνητό (Mystakidis, 2022). Ο βαθμός αλληλεπίδρασης επίσης παίζει ρόλο. Ειδικά στην ΕμΕΠ, τα χειριστήρια και οι ανιχνευτές κίνησης, όχι μόνο επιτρέπουν την αυξημένη αλληλεπίδραση με τα εικονικά αντικείμενα, αλλά και την προσομοίωση των φυσικών κινήσεων του σώματος (Duan et al., 2021). Έτσι, οι χρήστες συμμετέχουν πιο ενεργά στη μαθησιακή διαδικασία, με αποτέλεσμα τη θετική επίδραση στη μάθηση (Potkonjak et al., 2016). Οι χρήστες θεωρούν ότι τα περιβάλλοντα ΕΠ προσφέρουν μια ευχάριστη και διασκεδαστική εμπειρία, κάτι που ισχύει και για τα περιβάλλοντα ΕμΕΠ, έχοντας, έτσι, θετική επίδραση στη μάθηση (π.χ., Newbutt et al. 2019; Rupp et al. 2019). Θα μπορούσε όμως να ειπωθεί ότι δεν είναι μόνο η διασκέδαση που επιδρά, αλλά, γενικότερα, τα θετικά συναισθήματα, όπως η ικανοποίηση και η χαρά (Kim & Ahn, 2021). Επίσης, στο ευρύτερο πλαίσιο της ΕΠ, υποστηρίζεται ότι για να υπάρξει θετικός αντίκτυπος στη μάθηση, το εικονικό περιβάλλον πρέπει να είναι φιλικό στη χρήση του (Lee et al., 2010). Γενικά, οι χρήστες θεωρούν τα περιβάλλοντα ΕμΕΠ εύκολα στη χρήση τους και αυτό επιδρά θετικά, καθώς έτσι ενισχύεται η εμπειρική μάθηση (Asad et al., 2022).

Ίσως το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό της ΕμΕΠ, είναι η εμβύθιση των χρηστών. Η εμβύθιση αναφέρεται στις τεχνικές δυνατότητες ενός συστήματος να παρέχει ένα περιβάλλον που δίνει την αίσθηση του "πραγματικού" (Rasimah et al., 2015). Διάφοροι παράγοντες μπορούν να περιορίσουν την εμβύθιση, που σχετίζονται με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των HMDs, όπως το περιορισμένο οπτικό πεδίο και η αδυναμία τους να παρουσιάσουν υψηλής ποιότητας γραφικά. Η εμβύθιση επιδρά θετικά στα μαθησιακά αποτελέσματα (Kim & Ahn, 2021). Αυτό γιατί οι χρήστες εμπλέκονται διανοητικά και συναισθηματικά με το εικονικό περιβάλλον (Lindgren et al., 2016), κάτι που τους επιτρέπει να έχουν αυτο-κατευθυνόμενες μαθησιακές εμπειρίες (Jeon & Jung, 2021). Από την άλλη, η συχνότερη παρενέργεια της χρήσης των HMDs είναι η ασθένεια προσομοιωτή (simulator sickness). Οφείλεται στο ότι οι χρήστες βλέπουν ότι κινούνται στο εικονικό περιβάλλον; όμως, το κέντρο ισορροπίας τους πληροφορεί ότι είναι ακίνητοι (Gallagher & Ferrè, 2018). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχουν συγκρουόμενες αισθητηριακές πληροφορίες, που οδηγούν στην ασθένεια προσομοιωτή, με συμπτώματα όπως ωχρότητα, ναυτία, αποπροσανατολισμό και, μερικές φορές, έμετος. Αυτό που είναι σημαντικό να αναφερθεί είναι ότι η ασθένεια του προσομοιωτή επηρεάζει αρνητικά τη μάθηση (Maraj et al., 2017), ακόμα και όταν τα συμπτώματα είναι ήπια (Hsin et al., 2022).

## Μέθοδος

Επιδιώκοντας να εξεταστεί το εάν και σε τι βαθμό η ΕμΕΠ επιδρά στη μάθηση, οργανώθηκε και υλοποιήθηκε ένα ερευνητικό πρόγραμμα. Μάλιστα, κρίθηκε σκόπιμο να συγκριθούν τα αποτελέσματα με αυτά που επιτυγχάνει η επιτραπέζια ΕΠ, έτσι ώστε να κατανοηθούν καλύτερα τα πιθανά πλεονεκτήματα της ΕμΕΠ. Έτσι, η κύρια ερευνητική υπόθεση της παρούσας μελέτης ήταν: *ΕΥ1*. Οι συμμετέχοντες χρησιμοποιώντας εφαρμογές ΕμΕΠ θα έχουν καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα, συγκριτικά με εφαρμογές επιτραπέζιας ΕΠ. Επίσης, αναφορικά με τους παράγοντες που μπορεί να επηρεάζουν τα μαθησιακά αποτελέσματα, εξετάστηκαν οι παρακάτω υποθέσεις. *ΕΥ2α-στ*. Οι χρήστες θα θεωρήσουν ότι οι εφαρμογές ΕμΕΠ, συγκριτικά με εφαρμογές επιτραπέζιας ΕΠ έχουν/είναι/προκαλούν: (α) ρεαλιστικότερα γραφικά, (β) πιο εύχρηστες, (γ) πιο εμβυθιστικές, (δ) πιο αλληλεπιδραστικές, (ε) περισσότερα συμπτώματα ασθένειας προσομοιωτή και (στ) περισσότερα θετικά συναισθήματα.

Ο ερευνητικός σχεδιασμός που ακολουθήθηκε ήταν εντός υποκειμένων (within subjects) με δύο συνθήκες/μέσά· οι ίδιοι συμμετέχοντες χρησιμοποίησαν τόσο εφαρμογές ΕμΕΠ όσο και επιτραπέζιας ΕΠ. Αυτός ο σχεδιασμός επιτρέπει μικρότερο μέγεθος δείγματος, χωρίς να διακυβεύεται η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων (Keren, 2014). Για να αντιμετωπιστούν τα μειονεκτήματα του σχεδιασμού, ελήφθησαν 2 μέτρα. Για να αποφευχθούν οι επιπτώσεις μεταφοράς και πλαισίου (carryover and context effects), η σειρά χρήσης των μέσων τυχαιοποιήθηκε. Το πιο σημαντικό μειονέκτημα είναι η επίπτωση της πρακτικής (practice effect). Εάν το εκπαιδευτικό υλικό είναι το ίδιο και στις δύο συνθήκες, η συμμετοχή στην πρώτη επιδρά στα μαθησιακά αποτελέσματα της δεύτερης (καθώς οι συμμετέχοντες έχουν ήδη μάθει κάτι). Για να αποφευχθεί αυτό, το γνωστικό υλικό δεν ήταν το ίδιο στα δύο μέσα, αλλά ήταν ισοδύναμο. Το θέμα αναπτύσσεται περαιτέρω στην ενότητα "Υλικό και συσκευές". Επιπλέον, έγιναν 3 συνεδρίες με κάθε μέσο, ώστε να αυξηθεί η αξιοπιστία των δεδομένων.

Στην παρούσα φάση, η ομάδα στόχος ήταν νεαροί ενήλικες, συγκεκριμένα, φοιτητές. Για τον προσδιορισμό του απαιτούμενου μεγέθους δείγματος, πραγματοποιήθηκε a priori ανάλυση ισχύος χρησιμοποιώντας το G*power, που πρότεινε ένα δείγμα μεταξύ 28 και 52 ατόμων. Μετά από σχετική ανακοίνωση/πρόσκληση, 53 φοιτητές εκδήλωσαν ενδιαφέρον να συμμετάσχουν και παρείχαν τη συγκατάθεσή τους στις διαδικασίες του πειράματος.

### *Υλικό και συσκευές*

Λίγες εκπαιδευτικές εφαρμογές για περιβάλλοντα ΕμΕΠ είναι στα Ελληνικά και ακόμη λιγότερες δεν είναι πολύ εξειδικευμένες ή δεν χρειάζονται πολύ χρόνο για να ολοκληρωθούν. Έτσι, αναπτύχθηκαν εφαρμογές ειδικά κατασκευασμένες για τις ανάγκες τόσο της παρούσας όσο και επόμενων μελετών, χρησιμοποιώντας το Unity. Το γενικό θέμα ήταν εφευρέσεις των αρχαίων Ελλήνων. Καθώς λίγοι γνωρίζουν για τα τεχνολογικά επιτεύγματα των αρχαίων Ελλήνων, θεωρήθηκε ότι το θέμα θα κεντρίσει το ενδιαφέρον των χρηστών. Επιλέχθηκαν 6 εφευρέσεις: η αιολόσφαιρα και το αυτόματο άνοιγμα των θυρών του ναού του Ήρωνα, το φλογοβόλο των Βοιωτών, το ατμοτηλεβόλο του Αρχιμήδη, η αιωρούμενη σφαίρα και το αυτόματο σπονδείο με κερματοδέκτη του Ήρωνα. Οι 3 πρώτες παρουσιάστηκαν μέσω ΕμΕΠ και οι άλλες 3 μέσω επιτραπέζιας ΕΠ. Δεδομένου ότι δεν υπάρχουν διαθέσιμα 3D μοντέλα των εφευρέσεων, καταβλήθηκε προσπάθεια να κατασκευαστούν με ακρίβεια, με βάση δημοσιεύσεις και μουσειακά εκθέματα. Τα μοντέλα ήταν πλήρως λειτουργικά· οι χρήστες μπορούσαν να αλληλεπιδράσουν με αυτά και να δουν πώς λειτουργούν. Για παράδειγμα, στο αυτόματο άνοιγμα των θυρών του ναού, οι χρήστες άναβαν τη φωτιά στο βωμό, οι θύρες άνοιγαν και, ταυτόχρονα, ο μηχανισμός γινόταν ορατός, ώστε να μπορούν να δουν πώς

λειτουργούσε (Εικόνα 1). Επίσης, προστέθηκαν κουμπιά για την παρουσίαση κειμένων, εικόνων και ηχητικής αφήγησης που εξηγούσαν το πώς λειτουργούσε μια δεδομένη εφεύρεση, μαζί με πληροφορίες για τον εφευρέτη της και το ιστορικό πλαίσιο. Πρέπει να τονιστεί ότι, καθώς ο ερευνητικός σχεδιασμός ήταν μεταξύ υποκειμένων, καταβλήθηκε συστηματική και επίπονη προσπάθεια, το γνωστικό υλικό των 2 μέσων αν και όχι ίδιο να είναι παρόμοιο, να έχει το ίδιο γνωστικό φορτίο (π.χ., από πλευράς όρων, ονομάτων, χρονολογιών και ποσότητας κειμένου) και να παρουσιάζεται με ίδιο τρόπο. Επίσης, κάθε εφεύρεση που παρουσιάστηκε με το ένα μέσο, είχε την αντίστοιχή της στο άλλο (για παράδειγμα, φλογοβόλο-ατμοτηλεβόλο).

Για την ΕμΕΠ χρησιμοποιήθηκαν οι συσκευές Meta Quest 2. Για την επιτραπέζια ΕΠ χρησιμοποιήθηκαν υπολογιστές με οθόνες 23'. Οι συνεδρίες της ΕμΕΠ πραγματοποιήθηκαν σε ένα ευρύχωρο γραφείο ώστε οι συμμετέχοντες (α) να μπορούν να περπατήσουν αντί να χρησιμοποιήσουν τα χειριστήρια, έτσι ώστε να έχουν μια πιο εμβυθιστική εμπειρία και (β) να αποφευχθούν μικροτραυματισμοί από την πρόσκρουση σε έπιπλα ή τοίχους.

**Εικόνα 1. Ενδεικτικά στιγμιότυπα από τις εφαρμογές**

## *Εργαλεία συλλογής δεδομένων και διαδικασία*

Για τη συλλογή δεδομένων σχετικά με τα μαθησιακά αποτελέσματα, σχεδιάστηκαν 6 σύντομα τεστ αξιολόγησης (όσα και οι εφευρέσεις). Κάθε τεστ είχε δέκα ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, κλιμακούμενης δυσκολίας που σχετίζονταν με τις πληροφορίες που παρουσιάζονταν άμεσα (μέσω των εικόνων, των κειμένων και της ηχητικής αφήγησης) ή έμμεσα (πληροφορίες που αντλούνταν αλληλεπιδρώντας με τις εφευρέσεις). Για παράδειγμα, στην τελευταία περίπτωση, οι συμμετέχοντες έπρεπε να ονομάσουν τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ή/και τα μέρη μιας εφεύρεσης ή/και να εκτιμήσουν τις διαστάσεις της. Για την εξέταση των ΕΥ 2α-στ χρησιμοποιήθηκε η Metaverse Learning Experience Scale (Fokides, 2023). Πρόκειται για αρθρωτή επικυρωμένη κλίμακα που έχει κατασκευαστεί ακριβώς για να εξετάζει τη μαθησιακή εμπειρία των χρηστών σε περιβάλλοντα ΕΠ. Αξιοποιήθηκαν 6 παράγοντες (ίδιοι με αυτούς στις ΕΥ): ελκυστικότητα/ρεαλισμός γραφικών (5 στοιχεία), ευκολία χρήσης/ελέγχου (3 στοιχεία), εμβύθιση (4 στοιχεία), αλληλεπίδραση (3 στοιχεία), ασθένεια προσομοιωτή (6 στοιχεία) και θετικά συναισθήματα (4 στοιχεία).

Για την ΕμΕΠ, οι συμμετέχοντες έλαβαν αρχικά προφορικές οδηγίες για το πώς να πλοηγηθούν και πώς να αλληλεπιδράσουν με τις εφαρμογές. Στη συνέχεια, αλληλεπίδρασαν για δέκα έως δεκαπέντε λεπτά με τον αρχικό χώρο και τα μενού που είναι διαθέσιμα μετά την εκκίνηση των HMDs, ώστε να εξοικειωθούν με τα χειριστήρια. Κατόπιν, αλληλεπιδρούσαν με μία εφαρμογή-εφεύρεση για περίπου είκοσι με είκοσι πέντε λεπτά, χρόνος που θεωρήθηκε αρκετός για να μελετήσουν το σχετικό υλικό. Ακολούθως, οι συμμετέχοντες συμπλήρωναν το τεστ. Η διαδικασία επαναλήφθηκε άλλες δύο φορές σε επόμενες συνεδρίες. Παρόμοια διαδικασία ακολουθήθηκε και στις συνεδρίες επιτραπέζιας ΕΠ, αλλά είχαν μικρότερη διάρκεια, καθώς δεν ήταν απαραίτητη η εξοικείωση με το εμβυθιστικό εικονικό περιβάλλον και τη συσκευή. Η κλίμακα χορηγήθηκε μετά το τέλος της 3ης συνεδρίας και για τα 2 μέσα.

## Αποτελέσματα

Όπως αναφέρθηκε, 53 άτομα συμμετείχαν στη μελέτη. Οι περισσότεροι, όπως αναμενόταν, ήταν γυναίκες (79%), ενώ η συντριπτική πλειοψηφία (81,5%) ήταν μεταξύ 19 και 21 ετών. Τα αξιολογικά τεστ βαθμολογήθηκαν σε 10-βάθμια κλίμακα με βάση τις σωστές απαντήσεις και το βαθμό δυσκολίας τους. Στη συνέχεια, υπολογίστηκαν 2 μεταβλητές, που αντιπροσώπευαν τον μέσο όρο της βαθμολογίας των συμμετεχόντων στα τεστ ανά μέσο. Αναφορικά με τα ερωτηματολόγια, η εσωτερική τους συνοχή ελέγχθηκε χρησιμοποιώντας το *a* του Cronbach. Το *a* σε όλες τις περιπτώσεις βρέθηκε να είναι πάνω από το όριο του 0,70 (κυμάνθηκε από 0,77 έως 0,94), υποδηλώνοντας παραπάνω από ικανοποιητική εσωτερική συνοχή. Υπολογίστηκαν 12 νέες μεταβλητές (6 για κάθε μέσο), που αντιπροσώπευαν τον μέσο όρο των απαντήσεων των συμμετεχόντων στις ερωτήσεις του κάθε παράγοντα. Τα δεδομένα εισήχθησαν στο SPSS 29 για περαιτέρω ανάλυση. Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για τις μεταβλητές της μελέτης παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

**Πίνακας 1. Περιγραφικά στοιχεία για τις μεταβλητές της μελέτης**

| *N* = 53 | Εμβυθιστική ΕΠ | | | | Επιτραπέζια ΕΠ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | min | max | *M* | *SD* | min | max | *M* | *SD* |
| Ρεαλισμός γραφικών | 3,00 | 5,00 | 4,57 | 0,62 | 1,67 | 5,00 | 4,16 | 0,85 |
| Ευκολία χρήσης | 1,33 | 5,00 | 3,71 | 0,96 | 2,00 | 5,00 | 4,01 | 0,86 |
| Εμβύθιση | 1,60 | 5,00 | 3,91 | 0,90 | 1,00 | 5,00 | 2,57 | 1,03 |
| Αλληλεπίδραση | 3,00 | 5,00 | 4,37 | 0,66 | 1,00 | 5,00 | 3,56 | 0,98 |
| Ασθένεια προσομοιωτή | 1,00 | 3,80 | 1,31 | 0,44 | 1,00 | 2,00 | 1,04 | 0,46 |
| Θετικά συναισθ. | 1,00 | 5,00 | 4,10 | 0,91 | 1,00 | 5,00 | 3,27 | 1,26 |
| Τεστ | 2,00 | 10,00 | 6,53 | 1,50 | 1,00 | 10,00 | 5,64 | 1,92 |

Για τον έλεγχο της ύπαρξης στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των 2 μέσων, διεξήχθη μη-παραμετρική ανάλυση 2 εξαρτημένων δειγμάτων (Wilcoxon Signed Ranks Test), καθώς διαπιστώθηκε ότι στο σύνολο των δεδομένων υπήρχε σοβαρή παραβίαση της κανονικότητας της κατανομής. Ο Πίνακας 2 παρουσιάζει τα αποτελέσματα της ανάλυσης.

**Πίνακας 2. Αποτελέσματα του Wilcoxon Signed Ranks Test**

| Μεταβλητή | *Z* | *p* | *Effect size* $d_{Cohen}$ | Μεταβλητή | *Z* | *p* | *Effect size* $d_{Cohen}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ρεαλισμός γραφικών | -3,84 | < 0,001 | 0,80 | Αλληλεπίδραση | -4,56 | < 0,001 | 0,99 |
| Ευκολία χρήσης | -2,39 | 0,017 | 0,48 | Θετικά συναισθ. | -3,89 | < 0,001 | 0,82 |
| Ασθένεια προσομοιωτή | -3,92 | < 0,001 | 0,97 | Τεστ | -2,49 | 0,013 | 0,50 |
| Εμβύθιση | -5,66 | < 0,001 | 1,32 | | | | |

Από τον παραπάνω πίνακα και σε σχέση με τις ερευνητικές υποθέσεις, συμπεραίνεται ότι:

- ΕΥ1. Η υπόθεση επαληθεύεται. Η ΕμΕΠ (*M* = 6,53, *SD* = 1,50) παρήγαγε καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα σε σύγκριση με την επιτραπέζια ΕΠ (*M* = 5,64, *SD* = 1,92, *p* = 0,013). Το μέγεθος της επίδρασης ήταν μέτριο (*dCohen* = 0,50).
- ΕΥ2α. Η υπόθεση επαληθεύεται. Τα γραφικά στις εφαρμογές ΕμΕΠ (*M* = 4,57, *SD* = 0,62) θεωρήθηκαν πιο ελκυστικά σε σύγκριση με τις εφαρμογές επιτραπέζιας ΕΠ (*M* = 4,16, *SD* = 0,85, *p* < 0,001). Το μέγεθος της επίδρασης ήταν μεγάλο (*dCohen* = 0,80).
- ΕΥ2β. Η υπόθεση απορρίπτεται. Οι εφαρμογές ΕμΕΠ (*M* = 3,71, *SD* = 0,96) *θεωρήθηκαν* πιο δύσχρηστες σε σχέση με τις εφαρμογές επιτραπέζιας ΕΠ (*M* = 4,01, *SD* = 0,86, *p* = 0,017). Το μέγεθος της επίδρασης ήταν μέτριο (*dCohen* = 0,48).

- ΕΥ2γ. Η υπόθεση επαληθεύεται. Η εμβύθιση των συμμετεχόντων ήταν μεγαλύτερη στις εφαρμογές ΕμΕΠ (*M* = 3,91, *SD* = 0,90) σε σχέση με τις εφαρμογές επιτραπέζιας ΕΠ (*M* = 2,57, *SD* = 1,03, *p* < 0,001). Το μέγεθος της επίδρασης ήταν πολύ μεγάλο (*dCohen* = 1,32).
- ΕΥ2δ. Η υπόθεση επαληθεύεται. Η αλληλεπίδραση θεωρήθηκε καλύτερη στις εφαρμογές ΕμΕΠ (*M* = 4,37, *SD* = 0,66) σε σχέση με τις εφαρμογές επιτραπέζιας ΕΠ (*M* = 3,56, *SD* = 0,98, *p* < 0,001). Το μέγεθος της επίδρασης ήταν μεγάλο (*dCohen* = 0,99).
- ΕΥ2ε. Η υπόθεση επαληθεύεται. Οι συμμετέχοντες είχαν περισσότερα συμπτώματα ασθένειας προσομοιωτή στην ΕμΕΠ (*M* = 1,31, *SD* = 0,44) από ότι στην επιτραπέζια ΕΠ (*M* = 1,04, *SD* = 0,46, *p* < 0,001). Το μέγεθος της επίδρασης ήταν μεγάλο (*dCohen* = 0,97).
- ΕΥ2στ. Η υπόθεση επαληθεύεται. Οι συμμετέχοντες είχαν περισσότερα θετικά συναισθήματα όταν χρησιμοποίησαν εφαρμογές ΕμΕΠ (*M* = 4,10, *SD* = 0,91) σε σχέση με όταν χρησιμοποίησαν εφαρμογές επιτραπέζιας ΕΠ (*M* = 3,27, *SD* = 1,26, *p* = 0,013). Το μέγεθος της επίδρασης ήταν μεγάλο (*dCohen* = 0,82).

## Συζήτηση

Μια σειρά από ενδιαφέρουσες παρατηρήσεις ήρθαν στο φως μέσω της ανάλυσης των αποτελεσμάτων, άξιες περαιτέρω συζήτησης. Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά υπέρ της ΕμΕΠ σχετικά με τον αντίκτυπο που είχαν τα δύο μέσα στη μάθηση των συμμετεχόντων. Το εύρημα αυτό παρέχει περαιτέρω υποστήριξη σε μελέτες με παρόμοια αποτελέσματα, (π.χ., Garcia et al., 2019· Newbutt et al., 2019· Shi et al. 2020). Ωστόσο, θα μπορούσε κανείς να πει ότι αυτή η διαφορά δεν ήταν τόσο σημαντική. Πράγματι, αυτή ήταν μικρότερη από 14% (M = 6,53 6, SD = 1,50 για την ΕμΕΠ και M = 5,64, SD = 1,92 για την επιτραπέζια ΕΠ, με μέτριο μέγεθος επίδρασης, *dCohen* = 0,50). Σε γενικές γραμμές, οι συμμετέχοντες ήταν σε θέση να απαντήσουν σωστά περίπου στο 60% των ερωτήσεων, ανεξάρτητα από το μέσο που χρησιμοποίησαν. Αυτό σημαίνει ότι και τα δύο μέσα τους βοήθησαν να μάθουν αρκετά. Από αυτή την άποψη, ένας σκεπτικιστής μπορεί να αμφισβητήσει την αξία της ΕμΕΠ και να υποστηρίξει ότι δεν αξίζει τον κόπο να εισαχθεί στην εκπαίδευση, δεδομένου του αυξημένου κόστους για την απόκτηση HMDs. Άλλοι μπορεί να αντιτείνουν ότι, στην εκπαίδευση, ακόμη και οι μικρές διαφορές είναι σημαντικές, είτε επειδή έχουν σωρευτικό αποτέλεσμα είτε επειδή είναι άγνωστο τι αντίκτυπο θα μπορούσαν να έχουν σε μεταγενέστερο στάδιο. Τα παραπάνω μπορούν να θεωρηθούν ως μέρος της συνεχιζόμενης συζήτησης σχετικά με την εκπαιδευτική αξία των εργαλείων των ΤΠΕ.

Τα αποτελέσματα στα ερωτηματολόγια μπορούν να εξηγήσουν τις διαφορές στα μαθησιακά αποτελέσματα. Σε γενικές γραμμές, η ικανοποίηση των συμμετεχόντων θεωρείται προγνωστικός παράγοντας των μαθησιακών αποτελεσμάτων (Kim & Ahn, 2021· Newbutt et al. 2019· Rupp et al. 2019). Αυτό επαληθεύτηκε στην παρούσα μελέτη, καθώς οι συμμετέχοντες είχαν περισσότερα θετικά συναισθήματα στην ΕμΕΠ παρά στην επιτραπέζια ΕΠ. Με βάση τα αποτελέσματα, κάτι αντίστοιχο φαίνεται να ισχύει και για τα αυξημένα επίπεδα αλληλεπίδρασης, όπου και αυτή θεωρείται ότι έχει θετική επίδραση στη μάθηση (Potkonjak et al., 2016). Αξίζει να σημειωθεί ότι πέρα από τα χειριστήρια, που προσέφεραν έναν πιο "φυσικό" τρόπο αλληλεπίδρασης με τα εικονικά αντικείμενα, το γεγονός ότι οι συμμετέχοντες μπορούσαν να κινούνται στον εικονικό χώρο περπατώντας και όχι με τα χειριστήρια, προσέφερε ακόμα πιο αυξημένα επίπεδα ρεαλισμού. Επίσης, τα γραφικά στην ΕμΕΠ θεωρήθηκαν πιο ικανοποιητικά, παρά το γεγονός ότι, σε τεχνικό επίπεδο, ήταν τα ίδια ακριβώς με αυτά της επιτραπέζιας ΕΠ. Ίσως η χρήση HMDs, να βοήθησε σε αυτό. Σε κάθε περίπτωση, η αυξημένη αληθοφάνεια και η ελκυστικότητα των γραφικών επηρεάζουν τα μαθησιακά αποτελέσματα (Kim & Ahn, 2021· Mystakidis, 2022). Ερχόμενοι στην εμβύθιση,

ήταν αναμενόμενο να είναι πιο αυξημένη στην ΕμΕΠ. Θα μπορούσε να υποστηριχθεί ότι η χρήση HMDs, ο ρεαλισμός και η αυξημένη αλληλεπίδραση, συγκριτικά με την επιτραπέζια ΕΠ, οδήγησαν σε αυξημένα επίπεδα εμβύθισης, ενέπλεξαν σε μεγαλύτερο βαθμό διανοητικά τους συμμετέχοντες στο εικονικό περιβάλλον (Lindgren et al., 2016), επηρεάζοντας με αυτόν τον τρόπο θετικά τη μάθησή τους (Jeon & Jung, 2021· Kim & Ahn, 2021). Από την άλλη πλευρά, 2 παράγοντες πρέπει να επέδρασαν αρνητικά. Ήταν αναμενόμενο να παρουσιαστούν συμπτώματα ασθένειας προσομοιωτή. Παρότι δεν φαίνεται να ήταν ιδιαίτερα έντονα ($M$ = 1,31, $SD$ = 0,44) έχουν αρνητικό αντίκτυπο στη μάθηση (Maraj et al., 2017), ακόμα και όταν είναι ήπια (Hsin et al., 2022). Επίσης, οι συμμετέχοντες θεώρησαν τις εφαρμογές ΕμΕΠ πιο δύσχρηστες. Και αυτό ήταν, ως ένα βαθμό, αναμενόμενο, καθώς δεν είχαν προηγούμενες εμπειρίες χρήσης HMDs και, γενικά, δεν είχαν επαφή με εφαρμογές ΕμΕΠ. Καθώς υποστηρίζεται ότι η φιλικότητα χρήσης επιδρά θετικά στη μάθηση (Asad et al., 2022), είναι λογικό να υποστηριχθεί και το αντίθετο. Μπορεί επίσης να υποτεθεί ότι εάν βρεθούν τρόποι να αυξηθεί η ευχρηστία και να μειωθούν τα συμπτώματα ασθένειας προσομοιωτή, τα μαθησιακά αποτελέσματα μπορεί να είναι ακόμα καλύτερα.

Η μελέτη υπόκειται σε περιορισμούς, ο πρώτος από τους οποίους είναι το μέγεθος του δείγματος. Αν και επαρκές (από στατιστική άποψη), θα μπορούσε να είναι μεγαλύτερη, επιτρέποντας μεγαλύτερη εμπιστοσύνη στα αποτελέσματα. Το ίδιο μπορεί να ειπωθεί και για τον αριθμό των συνεδριών. Δοκιμάστηκε μόνο ένας περιορισμένος αριθμός εφαρμογών. Έτσι, είναι άγνωστη η επίδοση και οι απόψεις των συμμετεχόντων σε άλλου είδους εφαρμογές. Επιπλέον, δόθηκε έμφαση σε μια συγκεκριμένη ηλικιακή ομάδα. Επομένως, υπάρχουν επιφυλάξεις για τη γενίκευση των αποτελεσμάτων. Τα παραπάνω μπορούν να χρησιμεύσουν ως κατευθυντήριες γραμμές για μελλοντικές έρευνες. Διαφορετικές ηλικιακές ομάδες και θέματα, καθώς και μεγαλύτερα μεγέθη δειγμάτων και αυξημένος αριθμός συνεδριών, θα παράσχουν πιο συγκεκριμένα στοιχεία για την εκπαιδευτική αξία της ΕμΕΠ. Συγκριτικές μελέτες που αντιπαραβάλλουν τα αποτελέσματα της ΕμΕΠ και άλλων τεχνολογικών εργαλείων θα είναι επίσης ενδιαφέρουσες.

## Συμπεράσματα

Στη μελέτη, εξετάστηκε η επίδραση στη μάθηση της ΕμΕΠ με τη χρήση HMDs. Τα αποτελέσματα της σύγκρισης εφαρμογών ΕμΕΠ και επιτραπέζιας ΕΠ, έδειξαν ότι η πρώτη είχε θετικότερη επίδραση. Επιπλέον, οι χρήστες απόλαυσαν τη διαδικασία, εμβυθίστηκαν περισσότερο, θεώρησαν τα γραφικά πιο ικανοποιητικά και έκριναν ότι οι εφαρμογές ΕμΕΠ είναι πιο αλληλεπιδραστικές. Από την άλλη, τα συμπτώματα της ασθένειας προσομοιωτή ήταν αυξημένα και οι εφαρμογές ΕμΕΠ αξιολογήθηκαν ως πιο δύσχρηστες. Συμπερασματικά, παρά τους περιορισμούς της, η μελέτη συμβάλλει στο περιορισμένο ακόμα σώμα έρευνας σχετικά με τον αντίκτυπο της ΕμΕπ, επιβεβαιώνοντας ότι έχει ενδιαφέρον εκπαιδευτικό δυναμικό. Προφανώς, υπάρχει περιθώριο για περαιτέρω έρευνα προκειμένου να διερευνηθούν οι δυνατότητές της και τρόποι ενσωμάτωσής της στην καθημερινή διδασκαλία.

## Αναφορές

Bertrand, J., Bhargava, A., Madathil, K. C., Gramopadhye, A., & Babu, S. V. (2017). The effects of presentation method and simulation fidelity on psychomotor education in a bimanual metrology training simulation. *Proceedings of the 2017 IEEE Symposium on 3D User Interfaces*, *3DUI 2017*, 59-68.

Chessa, M., Maiello, G., Borsari, A., & Bex, P. J. (2019). The perceptual quality of the oculus rift for immersive virtual reality. *Human–computer Interaction, 34*(1), 51-82.

Duan, H., Li, J., Fan, S., Lin, Z., Wu, X., & Cai, W. (2021). Metaverse for social good: A university campus prototype. *Proceedings of the 29th ACM International Conference on Multimedia*, 153-161. ACM.

Fokides, E. (2023). Development and testing of a scale for examining factors affecting the learning experience in the Metaverse. Computers & Education: X Reality, 2023(2), 100025. https://doi.org/10.1016/j.cexr.2023.100025

Gallagher, M., & Ferrè, E. R. (2018). Cybersickness: a multisensory integration perspective. *Multisensory Research, 31*(7), 645-674. https://doi.org/10.1163/22134808-20181293

Garcia, S., Laesker, D., Andujar, M., Kauer, R., & Nguyen, J. (2019). A virtual reality experience for learning languages. *Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems, 2019*. ACM. https://doi.org/10.1145/3290607.3313253

Hsin, LJ., Chao, Y. P., Chuang, H. H., Kyo, T. B. J., Yang, C. C. H., Huang, C. G., Kang, C. J., Lin, W. N., Fang, T. J., Li, H. Y., & Lee, L. A. (2022). Mild simulator sickness can alter heart rate variability, mental workload, and learning outcomes in a 360° virtual reality application for medical education: a post hoc analysis of a randomized controlled trial. *Virtual Reality, 2022*, 1-17. https://doi.org/10.1007/s10055-022-00688-6

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.

Jeon, J., & Jung, S. K. (2021). Exploring the educational applicability of Metaverse-based platforms. *한국정보교육학회: 학술대회논문집* [Korean Society for Information Education: Conference Proceedings], 361-368. https://koreascience.kr/article/CFKO202130548299122.page

Keren, G. (2014). Between-or within-subjects design: A methodological dilemma. In G. Keren & C. Lewis (Eds.), *A handbook for data analysis in the behaviorial sciences* (pp. 257-272). Psychology Press.

Kim, Y. J., & Ahn, S. Y. (2021). Factors influencing nursing students' immersive virtual reality media technology-based learning. *Sensors, 21*(23), 8088. https://doi.org/10.3390/s21238088

Lee, E. A. L., Wong, K. W., & Fung, C. C. (2010). How does desktop virtual reality enhance learning outcomes? A structural equation modeling approach. *Computers & Education, 55*(4), 1424-1442. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.06.006

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

Maraj, C. S., Badillo-Urquiola, K. A., Martinez, S. G., Stevens, J. A., & Maxwell, D. B. (2017). Exploring the impact of simulator sickness on the virtual world experience. In *Advances in human factors, business management, training and education*, 635-643. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-42070-7_59

Mystakidis, S. (2022). Metaverse. *Encyclopedia, 2*(1), 486-497. MDPI. https://doi.org/10.3390/encyclopedia2010031

Newbutt, N., Bradley, R., & Conley, I. (2019). Using virtual reality head-mounted displays in schools with autistic children: Views, experiences, and future directions. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking, 2019*. https://10.1089/cyber.2019.0206

Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M., & Jovanović, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers & Education, 95*, 309-327. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.002

Rasimah, C. M. Y., Nurazean, M., Salwani, M. D., Norziha, M. Z., & Roslina, I. (2015). A systematic literature review of factors influencing acceptance on Mixed Reality technology. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 10*(23), 18239-18246.

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. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.09.015

Ritter III, K. A., Borst, C. W., & Chambers, T. L. (2018). Virtual solar energy center case studies. *Computers in Education Journal, 9*(3), 1-7.

Shi, Y., Du, J., & Worthy, D. A. (2020). The impact of engineering information formats on learning and execution of construction operations: A virtual reality pipe maintenance experiment. *Automation in Construction, 119*, 1-18. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103367