

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2022)

7ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία»



Εξετάζοντας την εκπαιδευτική αξία της συσκευής προβολής ψευδο-ολογραμμάτων με τη μορφή πυραμίδας. Αποτελέσματα από πιλοτική εφαρμογή σε μαθητές του δημοτικού σχολείου

Ιωάννα Μπαμπουκλή, Εμμανουήλ Φωκίδης

Βιβλιογραφική αναφορά:

Μπαμπουκλή Ι., & Φωκίδης Ε. (2023). Εξετάζοντας την εκπαιδευτική αξία της συσκευής προβολής ψευδο-ολογραμμάτων με τη μορφή πυραμίδας. Αποτελέσματα από πιλοτική εφαρμογή σε μαθητές του δημοτικού σχολείου. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, 1, 0601–0614. ανακτήθηκε από <https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/5770>

Εξετάζοντας την εκπαιδευτική αξία της συσκευής προβολής ψευδο-ολογραμμάτων με τη μορφή πυραμίδας. Αποτελέσματα από πιλοτική εφαρμογή σε μαθητές του δημοτικού σχολείου

Μπαμπουκλή Ιωάννα, Φωκίδης Εμμανουήλ
ioannamproukli@gmail.com, fokides@aegean.gr
Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Περίληψη

Τα ολογράμματα είναι μια αναδυόμενη τεχνολογία που ενδεχομένως να μπορεί να αξιοποιηθεί στην εκπαίδευση. Μάλιστα, τα ψευδο-ολογράμματα που προβάλλονται με τη χρήση συσκευών στο σχήμα πυραμίδας, αποτελούν μια ελκυστική λύση, καθώς το κόστος τους είναι εξαιρετικά μικρό. Έτσι, για να εξεταστούν τα μαθησιακά αποτελέσματα που μπορούν να επιτύχουν αυτές οι συσκευές, συγκριτικά με αυτά που μπορούν να επιτύχουν τα συμβατικά βίντεο, υλοποιήθηκε ένα πιλοτικό πρόγραμμα, έχοντας ως ομάδα-στόχο εξήντα μαθητές των τελευταίων τάξεων του δημοτικού σχολείου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο μέσων, αναφορικά με την απόκτηση γνώσεων. Από την άλλη, οι μαθητές της ομάδας των ψευδο-ολογραμμάτων, διασκέδασαν περισσότερο, είχαν περισσότερα κίνητρα για να μάθουν και θεώρησαν ότι διευκολύνθηκε η μάθησή τους. Παρότι τα παραπάνω υποδηλώνουν ότι τα ψευδο-ολογράμματα που προβάλλονται με τη χρήση συσκευών στο σχήμα πυραμίδας προσφέρουν θετικές μαθησιακές εμπειρίες, απαιτούνται περισσότερες μελέτες που να εξετάζουν τον αντίκτυπό τους στη μάθηση.

Λέξεις κλειδιά: δημοτικό σχολείο, διασκέδαση, κίνητρα, ολογράμματα πυραμίδας

Εισαγωγή

Οι φωτογραφίες και τα βίντεο, πέρα από την ευρύτατη χρήση τους σε πολλούς τομείς, χρησιμοποιούνται εξίσου ευρέως στην εκπαίδευση. Ενώ η εκπαιδευτική τους αξία είναι αδιαμφισβήτητη, έχουν κάποιους περιορισμούς. Για παράδειγμα, οι θεατές δεν είναι σε θέση να επιλέξουν γωνία θέασης, εκτός και αν παρουσιάζονται πολλές φωτογραφίες του ίδιου αντικειμένου ή αν έχουν χρησιμοποιηθεί πολλές κάμερες για την εγγραφή της ίδιας σκηνής. Μία λύση στο παραπάνω πρόβλημα δίνουν τα ολογράμματα. Παρότι δεν αποτελούν μία ενιαία τεχνολογία, καθώς παράγονται με διαφορετικούς τρόπους, τα ολογράμματα είναι φυσικές δομές που διαθλούν το φως με τέτοιο τρόπο ώστε να σχηματίζονται τρισδιάστατες (ογκομετρικές) εικόνες αντικειμένων (Ramachandiran et al., 2019).

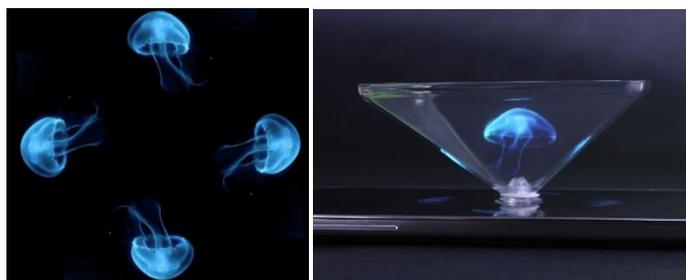
Πρέπει να σημειωθεί ότι η ολογραφία βρίσκεται ακόμα σε πρώιμο στάδιο και το κόστος των διατάξεων που προβάλλουν ολογράμματα είναι υψηλό. Από την άλλη, έχουν εμφανιστεί τεχνικές που παράγουν κάτι που προσομοιάζει με ολογραφικές εικόνες ή και βίντεο, που όμως στηρίζονται σε κάποια οπτική απάτη. Τέτοια ψευδο-ολογράμματα είναι το Reper's ghost, οι συσκευές προβολής ολογραμμάτων με τη μορφή πυραμίδας (που στηρίζονται στην ίδια αρχή λειτουργίας με το Reper's ghost) και οι συσκευές προβολής 3D holographic led fan. Συσκευές/διατάξεις όπως οι παραπάνω, έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται για εκπαιδευτικούς σκοπούς (Collins & Ditzel, 2018), δίνοντας τη δυνατότητα στους μαθητές να βλέπουν και να εξερευνούν αντικείμενα με έναν διαφορετικό τρόπο από αυτόν που έχουν συνηθίσει (Barkhaya & Abd Halim, 2016). Πράγματι, φαίνεται ότι προσελκύουν την προσοχή τους, ιδιαίτερα αυτών της νεότερης γενιάς που δείχνει μειωμένο ενδιαφέρον για τις

παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας (Ramlie et al., 2020), μιας και παρουσιάζουν ακόμα και πολύπλοκα θέματα σε απλούστερη μορφή, βοηθώντας τους να τα κατανοήσουν περισσότερο (Barkhaya & Abd Halim, 2016). Από την άλλη, η βιβλιογραφία πάνω στην εκπαιδευτική χρήση των ολογραμμάτων και των ψευδο-ολογραμμάτων είναι ακόμα σε πολύ φτώχη, κάτι που δίνει περιθώρια για εκτεταμένη έρευνα πάνω στο θέμα.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε ένα πιλοτικό πρόγραμμα, με σκοπό να διερευνήσει κατά πόσο η παρουσίαση εκπαιδευτικού περιεχόμενου με τη χρήση συσκευών προβολής ψευδο-ολογραμμάτων με τη μορφή πυραμίδας (εφεξής, για λόγους συντομίας, στο κείμενο θα χρησιμοποιούνται οι όροι "πυραμίδες", ή "ολογράμματα", ή "ολογράμματα με πυραμίδες"), μπορεί να έχει καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα συγκριτικά με τα συμβατικά βίντεο που προβάλλουν το ίδιο ακριβώς περιεχόμενο. Στοιχεία για την οργάνωση και τα αποτελέσματα του πιλοτικού προγράμματος παρουσιάζονται στις επόμενες ενότητες.

Τα ψευδο-ολογράμματα που προβάλλονται σε πυραμίδες

Τα ψευδο-ολογράμματα με πυραμίδες δημιουργούνται από στατικές εικόνες ή βίντεο στα οποία η εικόνα έχει περιστραφεί τέσσερις φορές κατά 90° την κάθε φορά. Στη συνέχεια, η εικόνα ή το βίντεο προβάλλεται σε μία οθόνη (κινητού τηλεφώνου, tablet, ή ακόμα και μεγάλων monitor) πάνω στην οποία έχει τοποθετηθεί η πυραμίδα που είναι κατασκευασμένη από διαφανές ακρυλικό πλαστικό. Η πυραμίδα αποτελείται από τέσσερα ισοσκελή τρίγωνα με γωνία διαχωρισμού 45° από την οθόνη. Η εικόνα διαθλάται στο εσωτερικό της πυραμίδας και έτσι δημιουργείται το ψευδο-ολογράμμα, που είναι ορατό από όλες τις πλευρές, δίνοντας την εντύπωση στον θεατή ότι βλέπει ένα τρισδιάστατο αντικείμενο (Εικόνα 1). Στην περίπτωση του βίντεο, καθώς αυτό περιέχει, εκ των πραγμάτων, κίνηση, το αποτέλεσμα είναι ακόμα πιο εντυπωσιακό. Οι διαστάσεις της πυραμίδας και, κατ' επέκταση, το μέγεθος του ολογράμματος, εξαρτάται από τις διαστάσεις της οθόνης προβολής. Για παράδειγμα, για οθόνη κινητών τηλεφώνων ή μικρών tablet, η κάθε πλευρά της βάσης της πυραμίδας είναι περίπου 8 εκ. και το ύψος της περίπου 4 εκ. Το κόστος μιας τέτοιας πυραμίδας είναι εξαιρετικά μικρό (αρκετά λιγότερο από 1€), κάτι που καθιστά αυτό το είδος ψευδο-ολογραφικής προβολής μία ιδιαίτερα προσιτή και ελκυστική τεχνολογία, με ευρύ πεδίο εφαρμογών.



Εικόνα 1. Τρόπος παραγωγής ολογραμμάτων με πυραμίδες

Προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει ότι τα ολογράμματα με πυραμίδες παρέχουν στους μαθητές μια ενδιαφέρουσα μαθησιακή εμπειρία, καθώς η αυθεντικότητα του αντικειμένου που προβάλλεται είναι αυξημένη (Cerezo et al., 2019 · Fan et al., 2020) και, όπως με τα άλλα ολογράμματα, επιτρέπεται η θέασή τους από διαφορετικές πλευρές (Loh & Shaharuddin, 2019a), στοιχεία που τελικά έχουν θετική επίδραση στις ικανότητες οπτικοποίησης των

εκπαιδευομένων (Roslan & Ahmad, 2017). Έτσι, φαίνεται ότι αυτού του είδους τα ολογράμματα είναι και αυτά κατάλληλα για θέματα που σχετίζονται με χωρικές πληροφορίες (Katsioloudis & Jones, 2018). Επίσης, φαίνεται ότι μειώνουν το γνωστικό φορτίο (Loh & Shaharuddin, 2019a) και, παράλληλα, αυξάνουν το ενδιαφέρον των εκπαιδευομένων για αυτό που τους παρουσιάζεται (Lee et al., 2016). Οι μαθητές, ειδικά στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, πολλές φορές δυσκολεύονται να παραμείνουν συγκεντρωμένοι καθ' όλη τη διάρκεια του μαθήματος (Loh & Shaharuddin, 2019b). Η χρήση ολογραμμάτων με πυραμίδες πέρα από το ότι προσελκύει το ενδιαφέρον τους (Roslan & Ahmad, 2017), αυξάνεται, ταυτόχρονα, η περιέργειά τους καθώς παρατηρούν τα ολογράμματα να αιωρούνται στο χώρο και να κινούνται (Loh & Shaharuddin, 2019a). Επιπλέον, ενισχύεται η συγκέντρωσή τους (Orcos et al., 2019), διατηρώντας παράλληλα την εμπλοκή τους στη μαθησιακή διαδικασία (Loh & Shaharuddin, 2019a), οδηγώντας τους στην "επιτυχή μάθηση" (Loh & Shaharuddin, 2019b). Θετική επίδραση υπάρχει και στα κίνητρα για μάθηση (Loh & Shaharuddin, 2019b · Orcos et al., 2019 · Orcos & Magreñán, 2019). Η αύξηση των κινήτρων έχει ως αποτέλεσμα την επιθυμία των εκπαιδευομένων να μάθουν και για αυτό προσέχουν κατά τη διάρκεια του μαθήματος και παραμένουν συγκεντρωμένοι (Loh & Shaharuddin, 2019b). Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι τα ολογράμματα με πυραμίδες διαμορφώνουν ένα ευχάριστο περιβάλλον μέσα στο οποίο οι εκπαιδευόμενοι μαθαίνουν απολαμβάνοντας τη μαθησιακή διαδικασία (Loh & Shaharuddin, 2019b · Orcos et al., 2019). Μάλιστα, τα παραπάνω ενισχύονται όταν υπάρχει κίνηση των ολογραμμάτων. Τέλος, ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα των ολογραμμάτων με πυραμίδα, έναντι άλλων μεθόδων παραγωγής ολογραμμάτων, είναι ότι δεν απαιτείται ιδιαίτερος εξοπλισμός και το κόστος, όπως ήδη αναφέρθηκε, είναι μηδαμινό.

Δυστυχώς, η βιβλιογραφία που αφορά την εκπαιδευτική χρήση ολογραμμάτων με πυραμίδες είναι εξαιρετικά περιορισμένη. Σε κάθε περίπτωση όμως, φαίνεται ότι υπάρχουν ενθαρρυντικά αποτελέσματα. Για παράδειγμα, σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, φάνηκε ότι τα ολογράμματα κέντρισαν το ενδιαφέρον των εκπαιδευομένων και ενίσχυσαν τις ικανότητες οπτικοποίησής τους· επομένως μπορούν να αξιοποιηθούν στην εκπαιδευτική διαδικασία συμπληρωματικά με άλλο διδακτικό και μαθησιακό υλικό (Roslan & Ahmad, 2017). Σε άλλη έρευνα, πάλι στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, φάνηκε ότι οι μαθητές βίωσαν μία απολαυστική μαθησιακή εμπειρία, η οποία κέντρισε το ενδιαφέρον και την προσοχή τους, αύξησε τα κίνητρά τους για μάθηση, ενίσχυσε τις γνώσεις και την κατανόησή τους σχετικά με την ανάπτυξη των φυτών, στοιχεία που οδήγησαν στη βελτίωση των επιδόσεών τους (Loh & Shaharuddin, 2019b).

Στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, στη διδασκαλία της γεωμετρίας, τα ολογράμματα με πυραμίδες αξιοποιήθηκαν για την παρουσίαση εννοιών όπως ο όγκος και το εμβαδό διάφορων γεωμετρικών σωμάτων. Οι ερευνητές κατέληξαν ότι τα ολογράμματα τράβηξαν την προσοχή των μαθητών και τους βοήθησαν να συγκεντρωθούν, να παρατηρήσουν και να μάθουν με διασκεδαστικό τρόπο, ενώ με τη μεταξύ τους συνεργασία αφενός αυξήθηκαν τα μαθησιακά τους κίνητρα και αφετέρου ενισχύθηκε η ενεργητική και η αυτόνομη μάθηση, επιφέροντας έτσι ουσιαστική κατάκτηση γνώσεων (Orcos et al., 2019). Στη διδασκαλία της διαίρεσης του κυττάρου, φάνηκε ότι τα ολογράμματα με πυραμίδες, συγκριτικά με συμβατική μέθοδο διδασκαλίας που περιλάμβανε και την προβολή βίντεο, βοήθησαν τους μαθητές να κατανοήσουν σε μεγαλύτερο βαθμό τις σχετικές έννοιες. Επιπρόσθετα, αυξήθηκαν τα κίνητρα για μάθηση και η προσοχή των μαθητών (Orcos & Magreñán, 2018). Τέλος, σε επίπεδο τριτοβάθμιας εκπαίδευσης και σε έρευνα που αφορούσε τη διδασκαλία του μαθήματος μηχανολογικού σχεδίου, για τη διαπίστωση του ενδεχομένου διαφοροποίησης των ικανοτήτων σχεδίασης των εκπαιδευομένων, συγκρίθηκαν ολογράμματα με πυραμίδες,

εκτοπωμένα μοντέλα και μοντέλα που παρουσιάστηκαν σε υπολογιστή. Οι ερευνητές κατέληξαν ότι δεν υπήρξαν διαφορές μεταξύ των τριών μέσων (Katsioloudis & Jones, 2018).

Μέθοδος

Με βάση όσα παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες ενότητες και, με δεδομένη την έλλειψη σχετικής βιβλιογραφίας, θεωρήθηκε σκόπιμο να υλοποιηθεί ένα πιλοτικό πρόγραμμα με σκοπό να εξετάσει τα γνωστικά και άλλα αποτελέσματα που μπορεί να έχουν τα ολογράμματα με πυραμίδες. Εφόσον η παιδαγωγική χρήση αυτών των συσκευών αποτελεί ανεξερεύνητο πεδίο και, κατά βάση, είναι σχεδόν άγνωστη η επίδρασή τους στην απόκτηση γνώσεων, κρίθηκε σκόπιμο, σε αυτή τη φάση, να εξεταστούν τα μαθησιακά αποτελέσματα που μπορεί να έχουν, χωρίς όμως να ενταθεί η χρήση τους σε κάποια φάση συστηματικής διδασκαλίας ή χωρίς να αξιοποιηθεί κάποιο διδακτικό πλαίσιο, του οποίου η επίδραση πιθανώς να επηρέαζε τα αποτελέσματα. Επίσης, κρίθηκε σκόπιμο τα ολογράμματα να συγκριθούν με τον πιο συμβατικό συγγενή τους, δηλαδή τα βίντεο, που και αυτά παρέχουν έναν ικανοποιητικό βαθμό οπτικοποίησης ενός αντικειμένου. Έτσι, τέθηκαν προς εξέταση οι εξής ερευνητικές υποθέσεις:

- ΕΥ1. Η παρουσίαση εκπαιδευτικού περιεχομένου με τη χρήση συσκευών προβολής ψευδο-ολογραμμμάτων με τη μορφή πυραμίδας, επιτυγχάνει καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα συγκριτικά με τα συμβατικά βίντεο που προβάλλουν το ίδιο ακριβώς περιεχόμενο.
- ΕΥ2α-δ. Οι μαθητές όταν χρησιμοποιούν συσκευές προβολής ψευδο-ολογραμμμάτων με τη μορφή πυραμίδας (α) διασκεδάζουν περισσότερο, (β) θεωρούν ότι διευκολύνεται η μάθησή τους πιο πολύ, (γ) τις θεωρούν πιο εύκολες στη χρήση και (δ) έχουν περισσότερα κίνητρα για μάθηση, συγκριτικά με τα συμβατικά βίντεο.

Ο ερευνητικός σχεδιασμός που ακολουθήθηκε ήταν αυτός των ανεξάρτητων δειγμάτων με δύο ομάδες (ελέγχου-συμβατικά βίντεο και πειραματική-ολογράμματα με πυραμίδες). Στοιχεία για τον τρόπο που οργανώθηκε το πρόγραμμα παρατίθενται στη συνέχεια.

Δείγμα και διάρκεια

Το πρόγραμμα διήρκεσε έξι διδακτικά μονώρα (τρία για κάθε μέσο). Σε αυτή τη φάση του προγράμματος, αποφασίστηκε να συμμετάσχουν μαθητές της Ε' και Στ' τάξης του δημοτικού σχολείου. Επιλέχθηκαν τέσσερα τμήματα σχολείων στη Λαμία, με συνολικό αριθμό εξήντα έξι μαθητών, οι οποίοι δεν είχαν διδαχθεί θέματα ανάλογα με αυτά που περιλήφθηκαν στην έρευνα (βλ. ενότητα "Υλικό"). Επίσης, η ομάδα που χρησιμοποίησε τις πυραμίδες, δεν είχε έρθει ποτέ σε επαφή με αυτή την τεχνολογία. Πρέπει να σημειωθεί ότι η έρευνα πήρε σχετική έγκριση από την Επιτροπή Δεοντολογίας του Τμήματος. Επιπρόσθετα, ενημερώθηκαν οι γονείς και κηδεμόνες των μαθητών και έδωσαν τη συγκατάθεσή τους για τη συμμετοχή των παιδιών τους. Τέλος, μία εβδομάδα πριν την έναρξη των παρεμβάσεων πραγματοποιήθηκε ενημέρωση των μαθητών για τις διαδικασίες και τον τρόπο διεξαγωγής των παρεμβάσεων.

Υλικό

Η κατασκευή των βίντεο που θα προβάλλονταν και στις δύο ομάδες ήταν μία διαδικασία που περιλάμβανε πολλά στάδια και τη χρήση αρκετών προγραμμάτων. Παρά το γεγονός ότι, με μια πρώτη ματιά, φαντάζει περίπλοκη, εντούτοις, δεν είναι μια διαδικασία που ένας μέσος χρήστης υπολογιστών δεν μπορεί να ανταπεξέλθει με επιτυχία. Σε πρώτη φάση, αναζητήθηκαν σε αποθετήρια τρισδιάστατων μοντέλων (π.χ., sketchfab.com και

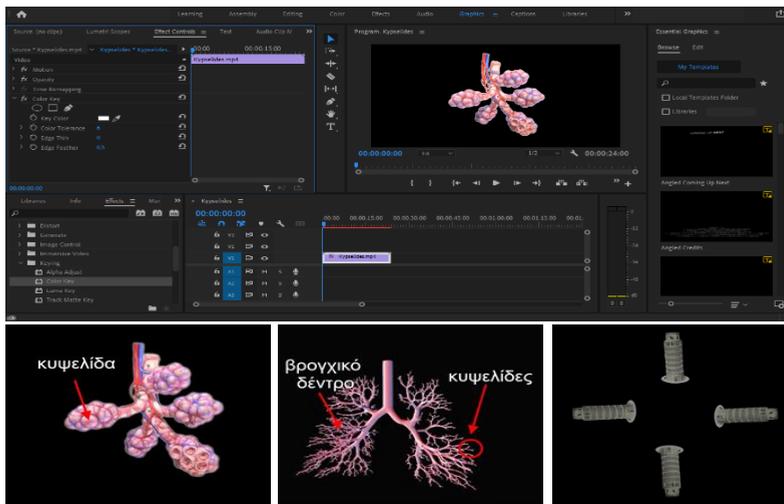
turbosquid.com), μοντέλα τα οποία θα μπορούσαν να αποτελέσουν τη βάση για τη δημιουργία των βίντεο. Ο λόγος ήταν ότι τα αποθετήρια αυτά επιτρέπουν την προεπισκόπηση των μοντέλων, καθώς ο χρήστης κινώντας το ποντίκι, μπορεί να τα μετακινήσει ή να τα περιστρέψει. Τελικά, επιλέχθηκαν τρεις θεματικές κατηγορίες, με τρία μοντέλα η καθεμία (Πίνακας 1). Ο λόγος που επιλέχθηκαν θεματικές ενότητες με διαφορετικό περιεχόμενο ήταν για να δοθεί η δυνατότητα στους μαθητές να δοκιμαστούν σε διαφορετικά γνωστικά αντικείμενα. Έτσι, σε περίπτωση που δυσκολεύονταν σε κάποιον, θα είχαν την ευκαιρία να αποδώσουν καλύτερα στα υπόλοιπα και να προκύψουν περισσότερο αντιπροσωπευτικά ερευνητικά δεδομένα.

Πίνακας 1. Το εκπαιδευτικό υλικό

Θεματική ενότητα/παρέμβαση	Βίντεο
Ψάρια του γλυκού νερού	το ψάρι Μονομάχος το ψάρι Δίσκος το ψάρι Γκουράμι
Διάσημοι πύργοι	ο πύργος του Αιφελ ο πύργος της Πίζα ο Πύργος της Ελισιάβετ (Μπιγκ Μπεν)
Τα όργανα του ανθρώπου	η καρδιά οι πνεύμονες το λεπτό και το παχύ έντερο

Στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκε το Screencastify, που είναι ένα πρόσθετο του Google Chrome που επιτρέπει την καταγραφή της οθόνης με τη μορφή βίντεο. Έτσι, έχοντας ανοίξει το παράθυρο της προεπισκόπησης των τρισδιάστατων μοντέλων και, ενεργοποιώντας παράλληλα, το Screencastify, έγινε μία πλήρης περιστροφή του μοντέλου με αργό και σταθερό ρυθμό. Χρησιμοποιώντας τις βασικές λειτουργίες επεξεργασίας που παρέχει το Screencastify, αποκόπηκαν τα περιττά τμήματα και έγινε εξαγωγή του βίντεο ως .mp4. Βασικό προαπαιτούμενο για την ευκρινή προβολή των ολογραμμμάτων με πυραμίδα, είναι το φόντο να είναι μαύρο (Gafur, 2019). Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιήθηκε το Adobe Premiere Pro 2021. Το ίδιο λογισμικό χρησιμοποιήθηκε για την προσθήκη παύσης μερικών δευτερολέπτων σε κάποια σημεία των βίντεο, ώστε εκεί ακριβώς να τοποθετηθούν πολύ σύντομες πληροφορίες για το αντικείμενο και που αποτέλεσαν το γνωστικό υλικό. Έτσι, το κείμενο με τις πληροφορίες ήταν ευανάγνωστο και, ταυτόχρονα, οι μαθητές μπορούσαν να παρατηρήσουν τις λεπτομέρειες του αντικειμένου (Εικόνα 2). Σε αυτό το στάδιο, τα παραχθέντα βίντεο αποτέλεσαν το υλικό για την ομάδα ελέγχου. Για το υλικό της πειραματικής ομάδας, υπήρξε ένα ακόμα στάδιο που απαιτήσε τη χρήση του PowerPoint. Σε μία διαφάνεια, αφού τοποθετήθηκε ένα βίντεο, επαναλήφθηκε και περιστράφηκε άλλες τρεις φορές όπως στην Εικόνα 1, και έγινε εξαγωγή σε .mp4.

Χρειάζεται να σημειωθεί ότι δόθηκε έμφαση στη διάρκεια των βίντεο ώστε αυτά να έχουν περίπου ίση διάρκεια η οποία να μην υπερβαίνει το 1,5 λεπτό. Με αυτό τον τρόπο, η παρακολούθηση όλων των βίντεο κάθε θεματικής ενότητας θα ολοκληρωνόταν σε 4,5 λεπτά και συμπεριλαμβανομένου του χρόνου που θα χρειαζόταν να αφιερώσουν οι μαθητές για την εύρεση, επιλογή, έναρξη και τον τερματισμό κάθε βίντεο, η ολοκλήρωση της παρακολούθησης κάθε θεματικής ενότητας δεν θα ξεπερνούσε τα 5-6 λεπτά της ώρας. Έτσι, οι μαθητές θα είχαν τη δυνατότητα να παρακολουθήσουν τα βίντεο μιας θεματικής ενότητας πολλές φορές.



Εικόνα 2. Στιγμιότυπα από την κατασκευή των βίντεο

Για την προβολή των ψευδο-ολογραφικών βίντεο, χρησιμοποιήθηκε η διάταξη που απεικονίζεται στην Εικόνα 3. Αποτελούνταν από έναν φορητό υπολογιστή, ένα tablet και την πυραμίδα προβολής ολογραμμάτων (με διαστάσεις 8 εκ. πλευρά βάσης και 4 εκ. ύψος). Στον φορητό υπολογιστή και στο tablet εγκαταστάθηκε το λογισμικό απομακρυσμένης διαχείρισης TeamViewer. Κατά αυτόν τον τρόπο, οι μαθητές επέλεγαν από τον φορητό υπολογιστή το βίντεο που επιθυμούσαν να δουν, το οποίο προβαλλόταν στο tablet και, στη συνέχεια, στην πυραμίδα. Το tablet και η πυραμίδα τοποθετήθηκαν επάνω σε ένα χαρτόκουτο, ώστε να διευκολύνεται η θέαση του ολογράμματος, καθώς αυτό εμφανιζόταν περίπου στο ύψος των ματιών των παιδιών όταν αυτά κάθονται. Αντίστοιχα, στην ομάδα ελέγχου, για την προβολή των συμβατικών βίντεο, χρησιμοποιήθηκαν φορητοί υπολογιστές με μέγεθος οθόνης 15".



Εικόνα 3. Η διάταξη προβολής των ολογραμμάτων με πυραμίδες

Εργαλεία συλλογής δεδομένων

Για την εξέταση των γνώσεων που αποκτήθηκαν χρησιμοποιήθηκαν τρία φύλλα αξιολόγησης που χορηγούνταν αμέσως με το τέλος της κάθε συνεδρίας. Περιλάμβαναν δεκαπέντε ερωτήσεις κλειστού τύπου διαβαθμισμένης δυσκολίας που εξέταζαν το βαθμό απόκτησης δηλωτικής γνώσης. Η επιλογή των ερωτήσεων πραγματοποιήθηκε έπειτα από συζήτηση με τους δασκάλους των τμημάτων που συμμετείχαν στην έρευνα και τους ερευνητές. Σε κάθε ερώτηση αντιστοιχούσαν τρεις πιθανές απαντήσεις εκ των οποίων μόνο μία ήταν η σωστή, ενώ η γλώσσα που χρησιμοποιήθηκε, τόσο στη διατύπωση των ερωτήσεων όσο και των απαντήσεων, ήταν όσο το δυνατόν πιο απλή και κατανοητή. Ενδεικτικές ερωτήσεις παρουσιάζονται στο Παράρτημα Ι. Για την εξέταση των ΕΥ2α-δ, επιλέχθηκαν 4 παράγοντες από επικυρωμένη κλίμακα αξιολόγησης ψηφιακών εκπαιδευτικών εφαρμογών (Fokides et al., 2019). Συγκεκριμένα, επιλέχθηκαν η παροχή κινήτρων (3 στοιχεία), ευκολία χρήσης (6 στοιχεία), διασκέδαση (5 στοιχεία) και χρησιμότητα (6 στοιχεία). Οι ερωτήσεις παρουσιάστηκαν σε τετραβάθμια κλίμακα τύπου Likert. Το ερωτηματολόγιο, που χορηγήθηκε μετά το τέλος όλων των παρεμβάσεων σε κάθε ομάδα, παρουσιάζεται στο Παράρτημα ΙΙ.

Διαδικασία

Πρέπει να υπενθυμιστεί ότι στόχος της έρευνας ήταν να εξετάσει αυτόν καθαυτό τον αντίκτυπο των ολογραμμάτων με πυραμίδες· οι μαθητές αφέθηκαν να μάθουν μόνοι τους και δεν πραγματοποιήθηκε διδασκαλία. Έτσι, δεν υπήρξε ανάγκη για την ανάπτυξη (ή την τροποποίηση) και την εφαρμογή ενός διδακτικού πλαισίου. Τα ζητήματα χρησιμότητας και τα τεχνικά προβλήματα προκαλούν πάντα ανησυχία όταν χρησιμοποιούνται οι ΤΠΕ, ειδικά από νέους μαθητές. Δεδομένου ότι οι συμμετέχοντες στην ομάδα των ολογραμμάτων με πυραμίδες δεν είχαν προηγούμενη εμπειρία χρήση τους, μια συνεδρία εξοικείωσης θεωρήθηκε σημαντική. Για τον λόγο αυτό, τους επιτράπη να χρησιμοποιήσουν τον εξοπλισμό για να δουν ένα βίντεο, το θέμα του οποίου δεν σχετιζόταν με κανένα από τα θέματα που θα έβλεπαν στη συνέχεια. Κάτι τέτοιο δεν κρίθηκε απαραίτητο για την ομάδα των συμβατικών βίντεο, καθώς οι μαθητές ήταν ήδη εξοικειωμένοι με τη χρήση υπολογιστών.

Οι παρεμβάσεις πραγματοποιήθηκαν στα σχολικά εργαστήρια Πληροφορικής. Οι μαθητές και των δύο ομάδων, χωρισμένοι σε ζευγάρια, είχαν στη διάθεσή τους μισή ώρα να μελετήσουν τα βίντεο, επαναλαμβάνοντάς τα όσες φορές ήθελαν. Στη συνέχεια, συμπλήρωναν το φύλλο αξιολόγησης, έχοντας στη διάθεσή τους περίπου δεκαπέντε λεπτά. Οι εκπαιδευτικοί, παρότι παρόντες, δεν παρείχαν εξηγήσεις για το περιεχόμενο των βίντεο ούτε έδωσαν άλλης μορφής βοήθεια, πέρα από την επίλυση τυχόν τεχνικών προβλημάτων.

Ανάλυση δεδομένων

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη ενότητα, συνολικά εξήντα έξι μαθητές συμμετείχαν στη μελέτη. Έξι μαθητές χρειάστηκε να εξαιρεθούν καθώς απουσίαζαν σε μία ή περισσότερες παρεμβάσεις. Έτσι, το τελικό δείγμα ήταν εξήντα μαθητές, χωρισμένοι σε δύο ομάδες με τριάντα άτομα η καθεμία. Η κατανομή αγοριών-κοριτσιών και στις δύο ομάδες ήταν περίπου ίση. Για την ανάλυση των αποτελεσμάτων στα φύλλα αξιολόγησης, αυτά βαθμολογήθηκαν με βάση με τις σωστές απαντήσεις και έγινε αναγωγή σε εκατοντάθμια κλίμακα. Στην συνέχεια, υπολογίστηκε ο μέσος όρος της επίδοσης των μαθητών. Όσον αφορά τα ερωτηματολόγια, ελέγχθηκε η εσωτερική συνοχή τους, τόσο ως σύνολο όσο και των επιμέρους παραγόντων που περιλάμβαναν, χρησιμοποιώντας το α του Cronbach. Σε όλες τις περιπτώσεις, αυτό βρέθηκε να είναι πάνω από το όριο του 0,70 (0,76 έως 0,91 για τους

επιμέρους παράγοντες και στα δύο ερωτηματολόγια), κάτι που υποδηλώνει παραπάνω από ικανοποιητική εσωτερική συνοχή (Taber, 2018). Στη συνέχεια, υπολογίστηκαν τέσσερις νέες μεταβλητές που αντιπροσώπευαν τον μέσο όρο των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις του κάθε παράγοντα. Τα δεδομένα εισήχθησαν στο SPSS 28 για περαιτέρω ανάλυση. Στοιχεία για το μέσο και για την τοπική απόκλιση, για όλες τις μεταβλητές της μελέτης, ανά ομάδα συμμετεχόντων, παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2. Περιγραφικά στοιχεία για τις μεταβλητές της μελέτης

	Ομάδα υπολογιστές (n = 30)				Ομάδα ολογράμματα (n = 30)			
	min	max	M	SD	min	max	M	SD
Φύλλα αξιολόγησης	38,33	96,67	65,89	14,79	35,00	90,00	72,61	12,07
Διασκέδαση	1,20	4,00	2,93	0,67	2,60	4,00	3,38	0,36
Χρησιμότητα	1,60	4,00	2,93	0,71	2,40	3,80	3,33	0,31
Ευκολία χρήσης	1,00	4,00	3,26	0,74	2,17	4,00	3,44	0,42
Κίνητρα	1,33	4,00	2,69	0,80	2,00	4,00	3,23	0,42

Αναλύσεις διασποράς μίας κατεύθυνσης (One-way ANOVA) επρόκειτο να διεξαχθούν για να συγκριθούν οι δύο ομάδες αναφορικά με τη βαθμολογία τους στα φύλλα αξιολόγησης, καθώς και για να συγκριθούν οι απαντήσεις στους στα ερωτηματολόγια. Πριν γίνουν οι αναλύσεις, ελέγχθηκε το κατά πόσο τα δεδομένα πληρούν τις προϋποθέσεις για τη διεξαγωγή αυτού του είδους της ανάλυσης. Διαπιστώθηκε ότι (α) τα δεδομένα σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις δεν είχαν κανονική κατανομή, όπως αυτό εκτιμήθηκε από Q-Q γραφήματα και το Shapiro-Wilk test ($p < 0,05$) και (β) η ομοιογένεια της διακύμανσης παραβιάστηκε επίσης σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις, όπως εκτιμήθηκε από το test Levene ($p > 0,05$).

Καθώς υπήρχε σοβαρή παραβίαση τόσο της κανονικότητας της κατανομής των δεδομένων όσο και της ομοιογένειας της διακύμανσης και καθώς υπήρχαν δύο ομάδες, αποφασίστηκε η διεξαγωγή του Mann-Whitney U test, που είναι μη-παραμετρικό τεστ. Παρόλο που το τεστ αυτό δεν προϋποθέτει κανονική κατανομή δεδομένων, εντούτοις προϋποθέτει ότι τα δεδομένα στις ομάδες ακολουθούν παρόμοιου σχήματος κατανομές (Corder & Foreman, 2009· Siegel & Castellan, 1988), όπως και στην προκειμένη περίπτωση. Χρησιμοποιήθηκε η προσέγγιση Bonferroni, ελέγχοντας, δηλαδή, για λάθη Τύπου I (Dunn, 1964). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3. Αποτελέσματα Mann-Whitney U test

Μεταβλητή	Mean rank	Mean rank	U	Z	p	Μέγεθος επίδρασης (d_{Cohen})
	Ομάδα υπολογιστές	Ομάδα ολογράμματα				
Φύλλα αξιολόγησης	26,25	34,75	577,50	-1,89	0,059	0,50 (μεσαίο)
Διασκέδαση	24,03	36,97	256,00	-2,88	0,004	0,80 (μεγάλο)
Χρησιμότητα	25,37	35,63	296,00	-2,32	0,020	0,62 (μεσαίο)
Ευκολία χρήσης	28,60	32,40	393,00	-0,85	0,394	0,22 (μικρό)
Κίνητρα	24,52	36,48	270,50	-2,71	0,007	0,73 (μεσαίο-μεγάλο)

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα των αναλύσεων, συμπεραίνεται ότι:

- Στα φύλλα αξιολόγησης δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων (αν και το αποτέλεσμα ήταν οριακά μη στατιστικά σημαντικό, $p = 0,059$). Συνεπώς, τα διαφορετικά μέσα δεν είχαν (οριακά) επίδραση στα γνωστικά αποτελέσματα. Παρόλα αυτά, το μέγεθος της επίδρασης ήταν μεσαίο ($d_{Cohen} = 0,50$), υπέρ των ολογραμμάτων με πυραμίδες. Έτσι, η ΕΥ1 απορρίπτεται.
- Στη διασκέδαση παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων ($p = 0,004$), με την ομάδα μαθητών που χρησιμοποίησε ολογράμματα (Mean rank = 36,97) να έχει διασκεδάσει περισσότερο από την ομάδα των μαθητών που χρησιμοποίησε με συμβατικά βίντεο (Mean rank = 24,03). Το μέγεθος της επίδρασης ήταν μεγάλο ($d_{Cohen} = 0,80$). Έτσι, η ΕΥ2α επιβεβαιώνεται.
- Στην υποκειμενική χρησιμότητα παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων ($p = 0,020$), με την ομάδα μαθητών που χρησιμοποίησε ολογράμματα (Mean rank = 35,63) να τα θεωρεί ότι διευκόλυναν τη μάθησή τους περισσότερο από την ομάδα των μαθητών που χρησιμοποίησε συμβατικά βίντεο (Mean rank = 25,37). Το μέγεθος της επίδρασης ήταν μεσαίο ($d_{Cohen} = 0,62$). Έτσι, η ΕΥ2β επιβεβαιώνεται.
- Στην ευκολία χρήσης δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων ($p = 0,394$). Συνεπώς, και τα δύο μέσα θεωρήθηκαν εξίσου εύχρηστα. Έτσι, η ΕΥ2γ απορρίπτεται.
- Στα κίνητρα για μάθηση παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων ($p = 0,007$), με την ομάδα μαθητών που χρησιμοποίησε ολογράμματα (Mean rank = 36,48) να θεωρεί ότι είχε περισσότερα κίνητρα για μάθηση από την ομάδα των μαθητών που χρησιμοποίησε συμβατικά βίντεο (Mean rank = 24,52). Το μέγεθος της επίδρασης ήταν μεσαίο προς μεγάλο ($d_{Cohen} = 0,73$). Έτσι, η ΕΥ2δ επιβεβαιώνεται.

Συζήτηση

Τόσο η στατιστική ανάλυση των δεδομένων από τα φύλλα αξιολόγησης όσο και των ερωτηματολογίων, έφερε στο φως ενδιαφέροντα αποτελέσματα, άξια περαιτέρω συζήτησης. Με μια πρώτη ματιά, από τον Πίνακα 2, προκύπτει ότι τα ολογράμματα με πυραμίδες είχαν θετικότερη επίδραση στη μάθηση σε σχέση με τα συμβατικά βίντεο. Παρότι κάτι τέτοιο θα επιβεβαίωνε μελέτες που αναφέρουν θετικά μαθησιακά αποτελέσματα (π.χ., Loh & Shaharuddin, 2019b · Roslan & Ahmad, 2017), η περαιτέρω ανάλυση έδειξε ότι -έστω και οριακά- δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές, σε επίπεδο απόκτησης γνώσεων, μεταξύ των ολογραμμάτων και των συμβατικών βίντεο. Δυστυχώς, η σχετική βιβλιογραφία είναι εξαιρετικά περιορισμένη και οι περισσότερες έρευνες που αξιοποίησαν ολογράμματα με πυραμίδες, είτε αξιολόγησαν τα μαθησιακά αποτελέσματα με pre- post-tests (π.χ., Loh & Shaharuddin, 2019b) είτε σύγκριναν τα αποτελέσματα με συμβατικά μέσα (για παράδειγμα, έντυπο υλικό, π.χ., Cerezo et al., 2019 · Roslan & Ahmad, 2017). Μία έρευνα η οποία σύγκρινε ολογράμματα με πυραμίδες και συμβατικά βίντεο κατέληξε στο ότι τα ολογράμματα είχαν θετικότερα αποτελέσματα, αναφορικά με την απόκτηση γνώσεων (Orcos & Magreñán, 2018) ενώ μία άλλη δεν βρήκε διαφορές, αλλά αφορούσε την ανάπτυξη των σχεδιαστικών ικανοτήτων (Katsioloudis & Jones, 2018).

Συνεπώς, και λόγω της φτωχής βιβλιογραφίας και λόγω των αντιφατικών αποτελεσμάτων που έχουν οι προηγούμενες έρευνες, δεν είναι εύκολο να ερμηνευτεί το αποτέλεσμα της παρούσας έρευνας, παρά μόνο κάνοντας υποθέσεις. Ένα πρώτο στοιχείο που πρέπει να ληφθεί υπόψη, είναι το γεγονός ότι η χρήση των ολογραμμάτων, αλλά και των συμβατικών βίντεο, δεν πλαισιώθηκε από κάποια μορφή διδασκαλίας. Ίσως, η διδασκαλία ταυτόχρονα με

τη χρήση των δύο μέσων να έδινε πιο ξεκάθαρα αποτελέσματα. Κάτι τέτοιο άλλωστε υπονοούν οι Roslan και Ahmad (2017), αναφέροντας ότι τα ολογράμματα με πυραμίδες μπορούν να αξιοποιηθούν συμπληρωματικά με άλλο διδακτικό και μαθησιακό υλικό. Ένα δεύτερο στοιχείο που ίσως έπαιξε τον πιο καθοριστικό ρόλο, ήταν το μέγεθος των ολογραμμάτων. Πράγματι, οι πυραμίδες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν πολύ μικρές, καθώς τα tablets δεν είχαν μεγάλο μέγεθος οθόνης. Παρότι τόσο τα αντικείμενα όσο και το ενσωματωμένο γνωστικό ήταν ευκρινή και παρά τη μέριμνα που λήφθηκε ώστε να προβάλλονται στο ύψος των ματιών των μαθητών, εντούτοις, η όλη εμπειρία ήταν μάλλον "φτωχή" σε σχέση με αυτή που θα πρόσφεραν μεγαλύτερου μεγέθους ολογράμματα. Επιπρόσθετα, ακόμα περισσότερες λεπτομέρειες των αντικειμένων θα ήταν ευδιάκριτες αν το μέγεθος των ολογραμμάτων ήταν μεγαλύτερο. Συνεπώς, θα μπορούσε να υποστηριχθεί, με σχετική βεβαιότητα, ότι τα παραπάνω είχαν αρνητική επίδραση στα μαθησιακά αποτελέσματα.

Αναφορικά με τα αποτελέσματα στα ερωτηματολόγια, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι ήταν ενθαρρυντικά και ότι προσφέρουν εξηγήσεις για τα μαθησιακά αποτελέσματα. Ένα πρώτο στοιχείο είναι ότι δεν παρατηρήθηκαν διαφορές αναφορικά με την ευχρηστία: τόσο η προβολή των συμβατικών βίντεο όσο και η διάταξη που χρησιμοποιήθηκε για την προβολή των ολογραμμάτων, θεωρήθηκαν εξίσου εύκολα στη χρήση ($M = 3,26$ και $M = 3,44$ αντίστοιχα, $\max = 4$). Καθώς η ευκολία χρήσης αποτελεί μια από τις παραμέτρους που καθορίζουν τη μαθησιακή εμπειρία και, κατ' επέκταση, τα μαθησιακά αποτελέσματα (Stepan et al., 2017), μπορεί να ειπωθεί ότι αυτή επέδρασε θετικά και τα δύο μέσα. Η διασκέδαση είναι μια ακόμα παράμετρος που διαμορφώνει τη μαθησιακή εμπειρία. Η σχετική βιβλιογραφία αναφέρει ότι τα ολογράμματα με πυραμίδες προσφέρουν μια ευχάριστη και διασκεδαστική εμπειρία (π.χ. Loh & Shaharuddin, 2019b · Orcos et al., 2019). Με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, φαίνεται ότι επιβεβαιώνεται αυτό, τουλάχιστο σε σύγκριση με τα συμβατικά βίντεο. Το ίδιο ισχύει και για την υποκειμενική χρησιμότητα, που αποτυπώνει το κατά πόσο οι μαθητές θεώρησαν τα ολογράμματα ως ένα μέσο που διευκολύνει τη μάθησή τους. Τέλος, η παρούσα έρευνα έρχεται να επιβεβαιώσει τα συμπεράσματα προηγούμενων μελετών που κατέληξαν ότι τα ολογράμματα με πυραμίδες κεντρίζουν το ενδιαφέρον των μαθητών και προσφέρουν αυξημένα κίνητρα για μάθηση (π.χ., Lee et al., 2016 · Loh & Shaharuddin, 2019a · Loh & Shaharuddin, 2019b · Orcos et al., 2019 · Orcos & Magreñán, 2019).

Επιπτώσεις στην έρευνα και την εκπαίδευση

Η παρούσα έρευνα επεκτείνει την υπάρχουσα βιβλιογραφία, καθώς: (α) εξέτασε τη χρήση ολογραμμάτων με πυραμίδα, που δεν χρησιμοποιούνται συχνά στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση (αλλά ούτε και στις άλλες βαθμίδες), (β) ποσοτικοποίησε και σύγκρινε τα μαθησιακά τους αποτελέσματα με αυτά των συμβατικών βίντεο και (γ) ποσοτικοποίησε και σύγκρινε τον αντίκτυπο ορισμένων παραγόντων, όπως της διασκέδασης και των κινήτρων για μάθηση. Λόγω των παραπάνω, υπάρχει μία σειρά από επιπτώσεις για όλους εμπλέκονται στην εκπαιδευτική χρήση των ολογραμμάτων. Για παράδειγμα, όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, το μικρό μέγεθος των ολογραμμάτων ίσως να ήταν η βασικότερη αιτία για την οποία τα μαθησιακά αποτελέσματα δεν ήταν με σαφήνεια υπέρ των ολογραμμάτων. Από την άλλη, μεγαλύτερου μεγέθους ολογράμματα, αν και θα πρόσφεραν πιθανότατα μια πιο κανονποιητική μαθησιακή εμπειρία, θα αύξαναν το κόστος, αφού θα απαιτούνταν μεγαλύτερο μέγεθος οθόνες. Ως εκ τούτου, οι ερευνητές θα πρέπει να εξετάσουν διαφορετικά μεγέθη ολογραμμάτων, έτσι ώστε να καταλήξουν στη βέλτιστη ισορροπία κόστους-μεγέθους. Παρότι η διάταξη προβολής ολογραμμάτων με πυραμίδα που χρησιμοποιήθηκε, καθώς και η διαδικασία προβολής τους, δεν θεωρήθηκε δύσχρηστη,

εντούτοις, μπορούν να επινοηθούν και άλλες διατάξεις, για παράδειγμα, με τη χρήση κινητών τηλεφώνων και apps και να εξεταστεί το κατά πόσο καθιστούν την όλη διαδικασία πιο απλή ή ευχάριστη. Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι δεν υπήρχε κάποια μορφή διάδρασης/ αλληλεπίδρασης με τα ολογράμματα, καθώς κάτι τέτοιο θα απαιτούσε τη χρήση επιπρόσθετων συσκευών (όπως, το Ultraleap που είναι μία συσκευή που αντιλαμβάνεται τις κινήσεις των χεριών του χρήστη και μέσω λογισμικού, τις μετατρέπει σε εντολές). Παρόλα αυτά, κάτι τέτοιο ίσως να είχε θετική επίδραση στα κίνητρα για μάθηση και τη διασκέδαση των μαθητών. Συνεπώς, και αυτό είναι ένα πεδίο που πρέπει να εξετάσουν οι ερευνητές.

Όσο για την εκπαίδευση, η έλλειψη εκπαιδευτικού περιεχομένου είναι σημαντικός περιορισμός. Παρότι στο Διαδίκτυο υπάρχουν βίντεο για ολογραφική προβολή, αυτά είναι εξαιρετικά απλά και η χρήση τους είναι μόνο για λόγους επίδειξης της συγκεκριμένης τεχνολογίας. Επιπλέον, είναι αμφίβολο εάν οι εκπαιδευτικοί είναι πρόθυμοι να αφιερώσουν τον χρόνο που απαιτείται για να κατασκευάσουν τέτοια βίντεο. Τέλος, η υποδομή που απαιτείται, ακόμη και αν πρόκειται για tablets ή κινητά τηλέφωνα, δεν υπάρχει πάντα, παρότι το κόστος δεν είναι σημαντικό. Έτσι, καλό θα ήταν οι υπεύθυνοι χάραξης εκπαιδευτικής πολιτικής να αναλάβουν πρωτοβουλίες προς αυτή την κατεύθυνση.

Περιορισμοί και μελλοντικές έρευνες

Υπάρχουν περιορισμοί στη μελέτη οι οποίοι πρέπει να αναφερθούν. Αν και το δείγμα ήταν ικανοποιητικό για στατιστική ανάλυση, θα μπορούσε να είναι μεγαλύτερο. Ο αριθμός των παρεμβάσεων και η διάρκεια τους ήταν περιορισμένη, εγείροντας επιφυλάξεις για τη γενικευσιμότητα των αποτελεσμάτων. Σημαντικός περιορισμός είναι και το γεγονός ότι η χρήση των ολογραμμάτων δεν εντάχθηκε μέσα σε ένα διδακτικό πλαίσιο. Όμως, όπως κατ' επανάληψη αναφέρθηκε, η βιβλιογραφία είναι περιορισμένη. Έτσι, βασικός στόχος της έρευνας ήταν να σχηματιστεί μια γενική ιδέα για τα πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα αυτού του είδους των ολογραμμάτων σε σχέση με άλλα μέσα. Από αυτήν την άποψη, μελλοντικές έρευνες μπορούν να περιλάβουν και άλλες ηλικιακές ομάδες και μεγαλύτερα δείγματα. Ήδη σχεδιάζεται η επόμενη φάση του προγράμματος, στο οποίο θα συμμετάσχει περίπου ο διπλάσιος αριθμός μαθητών, ώστε να αυξηθεί η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων. Η ένταξη των ολογραμμάτων με πυραμίδες σε ένα διδακτικό σχήμα, σίγουρα αξίζει να διερευνηθεί. Τέλος, η χρήση ποιοτικών ερευνητικών εργαλείων (όπως συνεντεύξεις) θα βοηθούσαν πολύ στην κατανόηση των εκπαιδευτικών δυνατοτήτων τους.

Συμπεράσματα

Στην παρούσα μελέτη, αναπτύχθηκε ένα ψευδο-ολογραφικό σύστημα προβολής με σκοπό να εξεταστεί η επίδρασή του στη μάθηση. Αξίζει να σημειωθεί ότι το μεγαλύτερο πλεονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι ότι δεν απαιτείται οι χρήστες να διαθέτουν κάποιον περιπλοκό ή ακριβό εξοπλισμό. Τα αποτελέσματα της σύγκρισης των ψευδο-ολογραμμάτων με συμβατικά βίντεο που παρουσίαζαν το ίδιο ακριβώς θέμα, έδειξε ότι παρά τα καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα που είχαν τα ψευδο-ολογράμματα, δεν σημειώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μέσων. Από την άλλη, οι μαθητές διασκέδασαν περισσότερο και είχαν περισσότερα κίνητρα να μάθουν. Καθώς τα αποτελέσματα δεν ήταν ξεκάθαρα, τουλάχιστον όσον αφορά την απόκτηση γνώσεων, και καθώς επρόκειτο για προκαταρκτική μελέτη, δεν μπορεί να υποστηριχθεί με βεβαιότητα ότι τα ψευδο-ολογράμματα σαφώς και υπερτερούν έναντι άλλων μέσων. Το μικρό μέγεθος του ολογράμματος πιθανότατα επέδρασε αρνητικά. Από την άλλη, η θετική ανταπόκριση των μαθητών, υποδηλώνει ότι, ως ένα βαθμό, αποτελούν μια ελκυστική εναλλακτική προσέγγιση παρουσίασης συγκεκριμένων γνωστικών

αντικειμένων. Με δεδομένο ότι ο τομέας των ολογραμμάτων αποτελεί μια αναδύομενη τεχνολογία που συνεχώς εξελίσσεται και βελτιώνεται, προφανώς και οδηγεί στην ανάγκη περαιτέρω διερεύνησης του θέματος.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Barkhaya, N. M. M., & Abd Halim, N. D. (2016). A review of application of 3D hologram in education: A meta-analysis. *Proceedings of the 2016 IEEE 8th International Conference on Engineering Education (ICEED)*, 257-260. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICEED.2016.7856083>
- Cerezo, R., Calderón, V., & Romero, C. (2019). A holographic mobile-based application for practicing pronunciation of basic English vocabulary for Spanish speaking children. *International Journal of Human-Computer Studies*, 124, 13-25. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2018.11.009>
- Collins, E., & Ditzel, L. (2018). Holograms enhance student learning. *Kai Tiaki: Nursing New Zealand*, 24(10), 26-26.
- Corder, G. W., & Foreman, D. I. (2009). *Nonparametric statistics for non-statisticians: A step-by-step approach*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118165881>
- Dunn, O. J. (1964). Multiple comparisons using rank sums. *Technometrics*, 6, 241-252. <https://doi.org/10.1080/00401706.1964.10490181>
- Fan, Y. H., Huang, C. F., & Chen, Z. H. (2020). Using a situated speech-based holographic projection system to learn the analects of Confucius. *Proceedings of the 28th International Conference on Computers in Education, ICCE 2020*, 472-473. Asia-Pacific Society for Computers in Education.
- Fokides, E., Atsikpasi, P., Kaimara, P., & Deliyannis, I. (2019). Let players evaluate serious games. Design and validation of the Serious Games Evaluation Scale. *International Computer Games Association Journal*, 41(3), 116-137. <https://doi.org/10.3233/ICG-190111>
- Gafur, I. A. (2019). Mixed reality application as a learning system of motion systems using pyramid hologram technology. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1351, No. 1, p. 012077). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1351/1/012077>
- Katsioloudis, P. J., & Jones, M. V. (2018). A comparative analysis of holographic, 3D-printed, and computer-generated models: Implications for engineering technology students' spatial visualization ability. *Journal of Technology Education*, 29(2), 36-53. <https://doi.org/10.21061/jte.v29i2.a.3>
- Lee, I.-J., Chen, C.-H., & Chang, K.-P. (2016). Augmented reality technology combined with three-dimensional holography to train the mental rotation ability of older adults. *Computers in Human Behavior*, 65, 488-500. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.09.014>
- Loh, N. H., & Shaharuddin, S. S. B (2019a). Corporate social responsibility (Csr) towards education: The application and possibility of 3d hologram to enhance cognitive skills of primary school learners. *International Journal of Business and Society*, 20(3), 1036-1047.
- Loh, N. H., & Shaharuddin, S. S. B (2019b). Learning effectiveness of 3D hologram animation on primary school learners. *Journal of Visual Art and Design*, 11(2), 93-104. <https://doi.org/10.5614/j.vad.2019.11.2.2>
- Orcos, L., Jordán, C., & Magreñán, A. (2019). 3D visualization through the hologram for the learning of area and volume concepts. *Mathematics*, 7(3), 247. <https://doi.org/10.3390/math7030247>
- Orcos, L., & Magreñán, A. (2018). The hologram as a teaching medium for the acquisition of STEM contents. *International Journal of Learning Technology*, 13(2), 163-177. <https://doi.org/10.1504/IJLT.2018.092097>
- Ramachandiran, C. R., Chong, M. M., & Subramanian, P. (2019). 3D hologram in futuristic classroom: A review. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences (PEN)*, 7(2), 580-586. <https://doi.org/10.21533/pen.v7i2.441>
- Ramlie, M. K., Ali, A. Z. M., & Rokeman, M. I. (2020). Design approach of hologram tutor: A conceptual framework. *International Journal of Information and Education Technology*, 10(1), 37-41. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2020.10.1.1336>
- Roslan, R. K., & Ahmad, A. (2017). 3D spatial visualisation skills training application for school students using hologram pyramid. *JOIV: International Journal on Informatics Visualization*, 1(4), 170-174. <https://doi.org/10.30630/joiv.1.4.61>

- Siegel, S., & Castellan Jr, N. J. (1988). *Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences*. New York: McGraw-Hill.
- Stepan, K., Zeiger, J., Hanchuk, S., Del Signore, A., Shrivastava, R., Govindaraj, S., & Illoreta, A. (2017). Immersive virtual reality as a teaching tool for neuroanatomy. *Proceedings of the International Forum of Allergy & Rhinology* (vol. 7, no. 10, pp. 1006-1013). Wiley. <https://doi.org/10.1002/alr.21986>
- Taber, K. S. (2018). The use of Cronbach's alpha when developing and reporting research instruments in science education. *Research in Science Education*, 48(6), 1273-1296. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9602-2>

Παράρτημα I

Ενδεικτικές ερωτήσεις από φύλλο αξιολόγησης

11. Σε τι διαφέρει ο πύργος του Άιφελ από τον πύργο της Πίζας;

- α) ο πύργος του Άιφελ έχει αψίδες ενώ ο πύργος της Πίζας έχει καμάρες
- β) ο πύργος του Άιφελ έχει καμάρες ενώ ο πύργος της Πίζας έχει αψίδες
- γ) ο πύργος του Άιφελ έχει ρολόγια ενώ ο πύργος της Πίζας έχει καμπάνες

12. Σε τι διαφέρει ο πύργος του Άιφελ από τον πύργο της Ελισάβετ;

- α) ο πύργος του Άιφελ έχει κατασκευαστεί από τούβλα ενώ ο πύργος της Ελισάβετ από μέταλλο
- β) ο πύργος του Άιφελ έχει κατασκευαστεί από μέταλλο ενώ ο πύργος της Ελισάβετ από τούβλα
- γ) ο πύργος του Άιφελ έχει ένα ρολόι ενώ ο πύργος της Ελισάβετ πολλά

13. Επίλεξε τη σωστή πρόταση.

- α) ο πύργος του Άιφελ και ο πύργος της Ελισάβετ έχουν τριγωνική κορυφή
- β) ο πύργος της Πίζας και ο πύργος του Άιφελ γέρνουν προς την αριστερή πλευρά
- γ) ο πύργος του Άιφελ και ο πύργος της Ελισάβετ έχουν αψίδες

Παράρτημα II

Το ερωτηματολόγιο. Τα στοιχεία παρουσιάστηκαν με τυχαία σειρά.

Παράγοντας	Ερώτηση
Διασκέδαση	Πιστεύω ότι η χρήση της συσκευής ήταν διασκεδαστική Βαρέθηκα ενώ χρησιμοποιούσα τη συσκευή** Απόλαυσα τη χρήση της συσκευής Πραγματικά απόλαυσα τη διαδικασία του μαθήματος με αυτή τη συσκευή Ένιωσα χαρούμενος που ασχολήθηκα με αυτή τη συσκευή
Χρησιμότητα	Ένιωσα ότι αυτή η συσκευή διευκολύνει τον τρόπο που μαθαίνω Με αυτή τη συσκευή ήταν πολύ πιο εύκολο να μάθω σε σχέση με τη συνηθισμένο τρόπο διδασκαλίας

	<p>Αυτή η συσκευή έκανε τη μάθηση πιο ενδιαφέρουσα Ένωσα ότι η χρήση αυτής της συσκευής αύξησε τις γνώσεις μου Ένωσα ότι κατάλαβα τα βασικά στοιχεία αυτών που διδάχθηκα μέσω αυτής της συσκευής Σίγουρα θα προσπαθήσω να εφαρμόσω την γνώση που έμαθα με αυτή τη συσκευή</p>
Ευκολία χρήσης	<p>Πιστεύω ότι ήταν εύκολο να μάθω πως να χρησιμοποιώ αυτή τη συσκευή Η συσκευή δεν ήταν καθόλου περίπλοκη Φαντάζομαι ότι οι περισσότεροι θα μάθουν να χρησιμοποιούν αυτή τη συσκευή γρήγορα Δεν χρειάστηκε να μάθω και πολλά πράγματα για να μπορέσω να χρησιμοποιήσω αυτή τη συσκευή Δεν χρειάζομαι βοήθεια από κάποιον/α ώστε να χρησιμοποιήσω αυτή τη συσκευή γιατί ήταν εύκολο να καταλάβω πως να την ελέγχω Ήταν εύκολο για εμένα να γίνω επιδέξιος στη χρήση αυτής της συσκευής Η χρήση της συσκευής κράτησε την προσοχή μου σε αυτά που έβλεπα μέχρι το τέλος</p>
Κίνητρα για μάθηση	<p>Όταν χρησιμοποιούσα τη συσκευή ένιωσα πως ήθελα να μάθω ακόμα περισσότερα Η συσκευή με ώθησε να θέλω να μάθω και άλλα</p>

Σημειώσεις. * = η λέξη συσκευή αντικαταστάθηκε με τις λέξεις υπολογιστής και πυραμίδα, ανάλογα με την ομάδα, ** = στοιχείο για το οποίο αντιστράφηκε η βαθμολογία του