

Ανοικτή Εκπαίδευση: το περιοδικό για την Ανοικτή και εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση και την Εκπαιδευτική Τεχνολογία

Vol 12, No 2 (2016)

Volume 12
Number 2
2016

ISSN 1791-9312

Open Education

The Journal for Open and Distance Education
and Educational Technology

Αφιέρωμα – Α Μέρος:
*Η εξ αποστάσεως εκπαίδευση και οι ΤΠΕ
στη σχολική εκπαίδευση*



A periodical electronic publication of the
Scientific Association: Hellenic Network
of Open and Distance Education

Παραγωγή και αξιολόγηση εκπαιδευτικού υλικού
με χρήση Επαυξημένης Πραγματικότητας για τη
διδασκαλία της ενότητας «Αναπαράσταση της
πληροφορίας στον υπολογιστή» στο Γυμνάσιο

Στέφανος Γιασιράνης, Αλιβίζος Σοφός

doi: [10.12681/jode.10866](https://doi.org/10.12681/jode.10866)

To cite this article:

**Παραγωγή και αξιολόγηση εκπαιδευτικού υλικού με χρήση Επαυξημένης
Πραγματικότητας για τη διδασκαλία της ενότητας «Αναπαράσταση της
πληροφορίας στον υπολογιστή» στο Γυμνάσιο**

**Production and Evaluation of Educational Material Using Augmented Reality for
Teaching the Module of "Representation of the Information on Computers" in
Junior High School**

Στέφανος Γιασιράνης
Εκπαιδευτικός Πληροφορικής
Πανεπιστήμιο Αιγαίου
giasianisst@gmail.com

Αλιβίζος (Λοΐζος) Σοφός
Καθηγητής
Π.Τ.Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Αιγαίου
www.Lsofos.com – www.Lsofos.com

Abstract

The purpose of this study was the investigation of the added value of technology of Augmented Reality in education and, particularly, whether this contributes to both student performance improvement, as well as the appearance of the psychological condition of Flow, which, according to research, has had a positive effect on their performance when experienced during learning process. The research involved a total of 42 students in their second year of junior high school who were taught the module "representation of the information on computers" using two different technologies, those of Augmented Reality and the Web. Research data showed that both technologies contributed to students' performance improvement and to the appearance of Flow to pupils, with better averages and percentages for the group who utilized the technology of Augmented Reality, though.

Keywords

Augmented Reality, Web, Flow, Computers, Secondary Education

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η διερεύνηση της προστιθέμενης αξίας της τεχνολογίας της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην εκπαίδευση και συγκεκριμένα, κατά πόσο αυτή συμβάλει τόσο στη βελτίωση της επίδοσης των μαθητών, όσο και στην εμφάνιση της ψυχολογικής κατάστασης Ροής, που σύμφωνα με έρευνες έχει θετική επίδραση στην επίδοση τους, όταν τη βιώνουν κατά τη διάρκεια της μαθησιακής διαδικασίας. Στην έρευνα συμμετείχαν συνολικά 42 μαθητές της Β' Γυμνασίου οι οποίοι διδάχθηκαν την «Αναπαράσταση της πληροφορίας στον υπολογιστή» χρησιμοποιώντας δύο διαφορετικές τεχνολογίες, αυτές της Επαυξημένης Πραγματικότητας και του Web. Τα ερευνητικά δεδομένα έδειξαν ότι και οι δύο τεχνολογίες συνέβαλλαν στην βελτίωση της επίδοσης των μαθητών και στην εμφάνιση Ροής στους μαθητές, με καλύτερους όμως

μέσους όρους και ποσοστά για την ομάδα που αξιοποίησε την τεχνολογία της Επαυξημένης Πραγματικότητας.

Λέξεις-κλειδιά

Επαυξημένη πραγματικότητα, Web, Ροή, Υπολογιστές, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Εισαγωγή

Πριν από μερικές δεκαετίες, η εκπαιδευτική τεχνολογία που υπήρχε ήταν περιορισμένη. Στην εποχή μας, η τεχνολογία γενικότερα και η εκπαιδευτική τεχνολογία ειδικότερα, εξελίσσεται με γοργούς ρυθμούς και αξιοποιείται τόσο στην τυπική εκπαίδευση όσο και στην άτυπη μάθηση. Υπολογιστές, κινητά τηλέφωνα, διαδραστικοί πίνακες, βίντεο, εφαρμογές πολυμέσων, εκπαιδευτικά παιχνίδια και πλατφόρμες μάθησης, προσομοιώσεις, εικονική πραγματικότητα, Internet και εφαρμογές Web 2.0 είναι μόνο μερικά παραδείγματα τεχνολογίας που αξιοποιούνται αποτελεσματικά από εκπαιδευτικούς και μαθητές στο χώρο της εκπαίδευσης (Drog, 2008).

Σήμερα, η νέα τεχνολογία της Επαυξημένης Πραγματικότητας (Augmented Reality), έχει κάνει την εμφάνισή της στο χώρο της εκπαίδευσης και οι μέχρι τώρα έρευνες δείχνουν ότι η αξιοποίησή της μπορεί να έχει πολύ θετικά μαθησιακά αποτελέσματα. Μερικά τέτοια παραδείγματα είναι η έρευνα των Kerawalla, Luckin, Seljeflot και Woolard (2006), οι οποίοι διερεύνησαν τις δυνατότητες της Επαυξημένης Πραγματικότητας στη διδασκαλία της αλληλεπίδρασης Γης-Ηλίου και της εναλλαγής ημέρας-νύχτας, το ερευνητικό πρόγραμμα Learning Physics through Play (Enyedy, Danish, Delacruz & Kumar, 2012) που αφορούσε μια σειρά επιστημονικών ερευνών για τη διδασκαλία της Νευτώνειας δύναμης και κίνησης, το πρόγραμμα EcoMobile (Kamarainen, και συν., 2013) που αφορούσε την αξιοποίηση της τεχνολογίας αυτής στην περιβαλλοντική εκπαίδευση και ένα μεγάλο πλήθος παιχνιδιών έρευνας σε εξωτερικό χώρο όπως τα Outbreak at MIT, Environmental Detectives, Gray Anatomy κ.α. (Dunleavy & Dede, 2014).

Στην Ελλάδα η Επαυξημένη Πραγματικότητα έχει αξιοποιηθεί ελάχιστα στην εκπαίδευση. Η πλειονότητα των εφαρμογών της αφορούσε την αξιοποίησή της σε εξωτερικούς χώρους αρχαιολογικού ενδιαφέροντος ή εσωτερικούς χώρους μουσείων και τεχνολογικών πάρκων (Γιαλούρη, 2011; Γρηγοράκη, Πολίτη & Τσολάκος, 2013; Σιαμπανοπούλου, 2014; Σιντόρης, 2014). Σχεδόν ανύπαρκτες είναι όμως οι περιπτώσεις όπου η Επαυξημένη Πραγματικότητα αξιοποιείται μέσα στην τάξη όπως για παράδειγμα η περίπτωση της Δημητρίου (2009) που δημιούργησε μια εφαρμογή Επαυξημένης Πραγματικότητας για τη διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων σε μαθητές Λυκείου.

Προκύπτει λοιπόν μικρή σχετικά έρευνα αξιοποίησης της Επαυξημένης Πραγματικότητας μέσα σε κάποια σχολική τάξη αλλά και παντελής απουσία εφαρμογών της για το μάθημα της Πληροφορικής, τουλάχιστον για τα ελληνικά δεδομένα. Η παρούσα έρευνα, πραγματοποιήθηκε με σκοπό να καλύψει και τα δύο κενά, συμβάλλοντας στην περαιτέρω διερεύνηση της παιδαγωγικής της αξίας. Οι απαντήσεις που θα δοθούν με την ολοκλήρωσή της, μπορούν να φωτίσουν μια διαφορετική πτυχή της αξιοποίησης της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην εκπαιδευτική διαδικασία, να παρακινήσει περισσότερους ερευνητές να διερευνήσουν την εκπαιδευτική της αξία, όχι μόνο στο μάθημα της Πληροφορικής στο Γυμνάσιο αλλά και σε άλλα διδακτικά αντικείμενα και βαθμίδες εκπαίδευσης και τέλος, να ενημερώσει τους εκπαιδευτικούς για την νέα τεχνολογία και να τους παρακινήσει, ώστε να αρχίσουν να την αξιοποιούν περισσότερο στα μαθήματά τους.

Ανασκόπηση συναφών ερευνών

Από μια διευρυμένη βιβλιογραφική ανασκόπηση εντοπίστηκαν 31 σχετικές έρευνες με πεδίο εφαρμογής την Επαυξημένη Πραγματικότητα που έθεταν παιδαγωγικούς στόχους και διεξάγονταν εντός ή και εκτός τάξης, με τη συμμετοχή μαθητών ή φοιτητών. Στις επόμενες παραγράφους διατυπώνονται συνοπτικά τα σημαντικότερα αποτελέσματα αυτών των ερευνών.

Οι μαθητές ερχόμενοι για πρώτη φορά σε επαφή με την τεχνολογία της Επαυξημένης Πραγματικότητας, εντυπωσιάζονται από τον τρόπο που ενσωματώνει τα εικονικά στοιχεία μέσα στο περιβάλλον όπου βρίσκονται, με αποτέλεσμα να **κινητοποιούνται και να συμμετέχουν ενεργά** στις δραστηριότητες του μαθήματος (Klopfer, και συν., 2005; Seo, Kim & Kim, 2006; Freitas & Campos, 2008; Dunleavy, Dede & Mitchell, 2009; Liu & Chu, 2010; Wijers, Jonker & Drijvers, 2010; Cai, Wang, Gao & Yu, 2012; Dünser, Walker, Horner & Bentall, 2012; Salvador-Herranz, και συν., 2013; Cai, Chiang & Wang, 2013; Chen, Liu & Lu, 2013; Di Serio, Ibáñez & Kloos, 2013; Fleck & Simon, 2013; Kamarainen, και συν., 2013; Wojciechowsk & Cellary, 2013; Cai, Wang & Chiang, 2014; Ibáñez, Di Serio, Villarán & Kloos, 2014; Ahn & Choi, 2015; Tarng, Ou, Yu, Liou & Liou, 2015).

Κατά τη διάρκεια του μαθήματος, **εκδηλώνουν τον ενθουσιασμό** τους γι' αυτό που κάνουν (Klopfer, και συν., 2005; Kerawalla, και συν., 2006; Freitas & Campos, 2008; Liarokapis & Anderson, 2010; Wijers, και συν., 2010; Cai, και συν., 2014), **συνεργάζονται σε μεγάλο βαθμό** μεταξύ τους για να πετύχουν τον στόχο τους (Klopfer, και συν., 2005; Dunleavy, και συν., 2009; Liu & Chu, 2010; Fleck & Simon, 2013; Kamarainen, και συν., 2013; Lin, Duh, Li, Wang & Tsai, 2013; Ahn & Choi, 2015) και σε πολλές περιπτώσεις, **απορροφούνται** τόσο πολύ **από αυτό που κάνουν** που έχουν αλλοιωμένη αίσθηση του χρόνου ή μειωμένα αντανακλαστικά (Dunleavy, και συν., 2009; Liu & Chu, 2010; Cai, και συν., 2012; Salvador-Herranz, και συν., 2013; Fleck & Simon, 2013; Ibáñez, και συν., 2014).

Στο τέλος της διδασκαλίας, έχουν θετική στάση απέναντι στην τεχνολογία που χρησιμοποίησαν και δηλώνουν **πρόθυμοι να τη ξαναχρησιμοποιήσουν** (Núñez, Quirós, Núñez, Carda & Camahort, 2008; Juan, Toffetti, Abad & Cano, 2010; Cai, και συν., 2012; Salvador-Herranz, και συν., 2013; Cai, και συν., 2013; Wojciechowsk & Cellary, 2013; Cai, και συν., 2014; Tarng, και συν., 2015). Τη θεωρούν **εύκολη στο χειρισμό** (Shelton & Hedley, 2002; Sin & Zaman, 2010; Liarokapis & Anderson, 2010; Liu & Chu, 2010; Wijers, και συν., 2010; Salvador-Herranz, και συν., 2013; Wojciechowsk & Cellary, 2013; Tarng, και συν., 2015), **αποτελεσματική** γιατί τους βοήθησε να μάθουν (Liu & Chu, 2010; Wojciechowsk & Cellary, 2013; Tarng, και συν., 2015) και **ικανή να τους βοηθήσει να μάθουν περισσότερα** (Sin & Zaman, 2010; Liu & Chu, 2010; Salvador-Herranz, και συν., 2013; Wojciechowsk & Cellary, 2013), ενώ δεν κρύβουν την **ικανοποίησή** τους γι' αυτό που πέτυχαν χρησιμοποιώντας την (Liu & Chu, 2010; Salvador-Herranz, και συν., 2013; Di Serio, και συν., 2013; Wojciechowsk & Cellary, 2013).

Η ορθότητα των απόψεων των μαθητών φαίνεται να αποτυπώνεται στα μαθησιακά τους αποτελέσματα. Μετά τη χρήση της τεχνολογίας, έχουν **υψηλότερη επίδοση** σε σχέση με πριν (Shelton & Hedley, 2002; Seo, και συν., 2006; Nischelwitzer, Lenz, Searle & Holzinger, 2007; Juan, και συν., 2010; Sin & Zaman, 2010; Liu & Chu, 2010; Wijers, και συν., 2010; Pasaréti, και συν., 2011; Cai, και συν., 2012; Dünser, και συν., 2012; Salvador-Herranz, και συν., 2013; Chen, και συν., 2013; Fleck & Simon, 2013; Kamarainen, και συν., 2013; Lin, και συν., 2013; Cai, και συν., 2014; Ibáñez, και συν., 2014; Ahn & Choi, 2015; Tarng, και συν., 2015), όχι όμως και όταν δεν χειρίζονται οι

ίδιοι την εφαρμογή (Cheng & Tsai, 2014), βελτιώνουν τη χωρική τους αντίληψη (Shelton & Hedley, 2002; Núñez, και συν., 2008), μπορούν να παρατηρήσουν αντικείμενα που υπό κανονικές συνθήκες δεν μπορούν να το κάνουν είτε λόγω του μεγέθους τους (πολύ μεγάλα ή πολύ μικρά), είτε γιατί δεν είναι ορατά στο περιβάλλον (Dünser, και συν., 2012; Fleck & Simon, 2013; Kamarainen, και συν., 2013; Ibáñez, και συν., 2014), διατηρούν τις γνώσεις τους για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (Cai, και συν., 2012; Cai, και συν., 2013), ενώ φαίνεται να ωφελούνται περισσότερο μαθητές χαμηλής ή μεσαίας αρχικής επίδοσης, με βάση τα αποτελέσματα τους σε τεστ γνώσεων πριν τη χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας, ενώ αντίθετα, μαθητές με πολύ καλή αρχική επίδοση δεν έδειξαν την αναμενόμενη βελτίωση (Shelton & Hedley, 2002; Freitas & Campos, 2008; Cai, και συν., 2013; Cai, και συν., 2014).

Θεωρητικό πλαίσιο

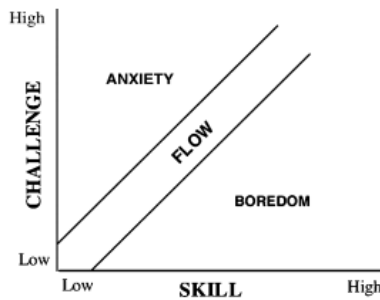
Ως Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality – AR) αναφέρεται η τεχνολογία εκείνη που επαυξάνει την αίσθηση της πραγματικότητας, επιτρέποντας τη συνύπαρξη ψηφιακών και πραγματικών πληροφοριών στο ίδιο περιβάλλον (Azuma, 1997). Αντίθετα με την Εικονική Πραγματικότητα (Virtual Reality – VR) που αντικαθιστά πλήρως τον πραγματικό κόσμο, ο χρήστης είναι σε θέση όχι μόνο να δει απλά τα ψηφιακά στοιχεία αλλά να επικοινωνήσει και να ανταλλάξει δεδομένα, αλληλεπιδρώντας μαζί τους.

Οι εκπαιδευτικοί σήμερα, έχουν στη διάθεσή τους δύο διαφορετικούς τύπους εφαρμογών Επαυξημένης Πραγματικότητας. Αυτές που βασίζονται στη θέση του χρήστη (location-based) και χρησιμοποιούν αποκλειστικά φορητές συσκευές για να προβάλλουν την επαυξημένη πληροφορία στην οθόνη τους και αυτές που βασίζονται στην ύπαρξη ενός αντικειμένου ή μιας εικόνας (image-based) και μπορούν να αξιοποιούν είτε μια φορητή συσκευή (Dunleavy & Dede, 2014), είτε έναν προσωπικό υπολογιστή (PC) που διαθέτει κάμερα (Cheng & Tsai, 2013), είτε ακόμα και μια συσκευή Head Mounted Device (HMD) (Yuen, Yaouuneyong & Johnson, 2011). Ο πρώτος τύπος εφαρμογών είναι κατάλληλος για διερευνητικές δραστηριότητες έξω από την τάξη, όπως παιχνίδια, επισκέψεις σε αρχαιολογικούς χώρους και μουσεία, ενώ ο δεύτερος, σε δραστηριότητες ανάπτυξης δεξιοτήτων και απόκτησης γνώσεων εντός τάξης (Cheng & Tsai, 2013).

Έρευνες σε διαδικτυακά περιβάλλοντα (Webster, Trevino & Ryan, 1996; Liao, 2006; Shin, 2006), σε παιχνίδια και σε περιβάλλοντα εικονικής πραγματικότητας (Papastergiou, 2009; Faiola, Newlon, Pfaff & Smyslova, 2013) έδειξαν ότι τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών μπορούν να ενισχυθούν εάν βιώσουν τη ψυχολογική κατάσταση *Ροής* κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας τους και ήδη αρκετοί ερευνητές αναγνωρίζουν ότι υποστηρίζει θετικά τη μάθησή τους (Pearce, Ainley & Howard, 2005; Kye & Kim, 2008; Choi & Baek, 2011). Η Επαυξημένη Πραγματικότητα, ως μέσο με κοινά χαρακτηριστικά με την εικονική πραγματικότητα, αναμένεται να βοηθήσει τους μαθητές να εμφανίσουν *Ροή*.

Ως κατάσταση «*Ροής*», περιγράφεται η ψυχολογική κατάσταση στην οποία βρίσκεται κάποιος που συμμετέχει σε μια ευχάριστη και απολαυστική, για τον ίδιο, δραστηριότητα κατά τη διάρκεια της οποίας εμφανίζεται να είναι απόλυτα απορροφημένος σ' αυτό που κάνει. Για να βρεθεί σε μια τέτοια ψυχολογική κατάσταση, δύο είναι οι παράγοντες που παίζουν τον βασικότερο ρόλο, (α) η αντιλαμβανόμενη, από τον ίδιο, δυσκολία της πρόκλησης (challenge) που έχει να αντιμετωπίσει και (β) η αντιλαμβανόμενη, από τον ίδιο, ικανότητά του (skill) να την αντιμετωπίσει. Επομένως, ακόμα και μια δραστηριότητα χαμηλής δυσκολίας είναι σε θέση να προκαλέσει κατάσταση *Ροής* όταν υπάρχει ισορροπία μεταξύ τους. Σε περίπτωση ανισορροπίας, το άτομο αισθάνεται Ανησυχία όταν θεωρεί ότι έχει μικρότερου βαθμού δεξιότητες από αυτές που χρειάζεται για να ολοκληρώσει τη δραστηριότητα και Ανία όταν συμβαίνει το αντίθετο. Η σχέση των δύο

αυτών παραγόντων αναπαραστάθηκε σε ένα μοντέλο (εικόνα 1) όπου η ψυχολογική κατάσταση *Ροής* αποτελεί ένα κανάλι (Csikszentmihalyi, 1975).



Εικόνα 1– Αρχικό μοντέλο «Ροής»

Γενικά, με την εμφάνιση της «Ροής» σχετίζονται εννέα παράγοντες (Jackson & Csikszentmihalyi, 1999), χωρίς να αποκλείεται η ύπαρξη και άλλων (Finneran & Zhang, 2005): (1) **ισορροπία προκλήσεων-δεξιοτήτων** (challenge-skill balance), όταν και τα δύο βρίσκονται σε υψηλό επίπεδο και σε ισορροπία μεταξύ τους, (2) **ταύτιση ενέργειας-επίγνωσης** (action-awareness merging), όλα γίνονται αυθόρμητα και αυτόματα, (3) **σαφείς στόχοι** (clear goals), όταν το άτομο γνωρίζει τι πρέπει να κάνει, (4) **σαφής ανατροφοδότηση** (unambiguous feedback), όταν το άτομο γνωρίζει άμεσα αν πέτυχε ή όχι το στόχο του, (5) **συγκέντρωση στη δραστηριότητα** (concentration on task at hand), όταν το άτομο είναι απόλυτα συγκεντρωμένο και απορροφημένο σε αυτό που κάνει, (6) **αίσθηση ελέγχου** (sense of control), όταν το άτομο αισθάνεται ότι έχει τον έλεγχο των ενεργειών του και μπορεί να αντιμετωπίσει οτιδήποτε μπορεί να προκύψει, (7) **απώλεια της αυτοσυνείδησης** (loss of self-consciousness), όταν το άτομο χάνει την αίσθησή του εαυτού του, (8) **αλλοιωμένη αίσθηση του χρόνου** (transformation of time), όταν το άτομο αισθάνεται ότι ο χρόνος πέρασε γρηγορότερα ή διαρκεί αιώνες και (9) **αυτοτελής εμπειρία** (autotelic experience), όταν θεωρεί ότι άξιζε τον κόπο η προσπάθεια για αυτό που έκανε

Αναγκαία προϋπόθεση για να καταστεί αποτελεσματική η χρήση της κάθε τεχνολογίας στην εκπαίδευση, αποτελεί η κατάλληλη διδακτική της αξιοποίηση (Σοφός, 2011). Σημασία δεν έχει η ίδια η τεχνολογία, αλλά ο τρόπος που αξιοποιείται ώστε να υποστηρίζει τη μάθηση (Bronack, 2011).

Μια επιτυχημένη διδασκαλία αξιολογείται από το βαθμό επίτευξης των μαθησιακών αποτελεσμάτων που αναμένει ο εκπαιδευτικός στο τέλος της διδασκαλίας του. Η αντικειμενική δυσκολία που υπάρχει σ' αυτόν τον έλεγχο είναι ο τρόπος με τον οποίο θα ελεγχθεί αξιόπιστα τι έχει μάθει ο μαθητής, καθώς το μεγαλύτερο μέρος της σκέψης του δεν είναι ορατό από τους άλλους. Για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα, ο εκπαιδευτικός καταφεύγει στην αναζήτηση ενδείξεων που θα υποδηλώνουν με σιγουριά την κατάκτηση της γνώσης. Αυτές οι ενδείξεις γίνονται ορατές μέσω μιας αναμενόμενης συμπεριφοράς που καθορίζεται κατά τον σχεδιασμό της διδασκαλίας και περιγράφεται με τους διδακτικούς στόχους και τους στόχους επίδοσης. Οι διδακτικοί στόχοι είναι πιο γενικά διατυπωμένοι σε σχέση με τους στόχους επίδοσης. Ως εκ τούτου, ενδέχεται ένας διδακτικός στόχος να ισοδυναμεί με μια σειρά στόχων επίδοσης. Και οι δύο όμως περιγράφουν μια ενέργεια ή μια συμπεριφορά που μπορεί να παρατηρηθεί, αρά και να ελεγχθεί (Ρέλλος, 2006; Oosterhof, 2010).

Αυτό που πρέπει να εξασφαλιστεί κατά την περιγραφή των στόχων είναι ότι η επίδοση ενός μαθητή αποτελεί αντιπροσωπευτικό δείκτη της δεξιότητας που ελέγχεται. Σ' αυτό μπορεί να βοηθήσει η γνώση των τύπων των δεξιοτήτων όπως προτάθηκαν από τον

Bloom (1956) και αποτέλεσαν τη βάση των δύο από τις τρεις κατηγορίες που χρησιμοποιούν οι σύγχρονοι γνωστικοί ψυχολόγοι, αυτές της δηλωτικής και της διαδικαστικής γνώσης (η τρίτη είναι η *επίλυση προβλήματος*) (Oosterhof, 2010).

Η *δηλωτική γνώση* αντιστοιχεί στην πρώτη βαθμίδα της ταξινομίας στόχων του Bloom, τη *Γνώση* (Oosterhof, 2010). Στόχος της μάθησης που συμβαίνει εδώ είναι η αποθήκευση πληροφοριών στη μνήμη του μαθητή και η μετέπειτα ανάκληση και παρουσίαση τους, σχεδόν στην αρχική τους μορφή. Η *διαδικαστική γνώση* από την άλλη, αντιστοιχεί στις υπόλοιπες βαθμίδες της ταξινομίας στόχων του Bloom, την *Κατανόηση*, την *Εφαρμογή*, την *Ανάλυση*, τη *Σύνθεση* και την *Αξιολόγηση*. Είναι η γνώση που πρέπει να γνωρίζει ο μαθητής για να ολοκληρώσει μια ενέργεια και συχνά περιλαμβάνει κινητικές δεξιότητες και γνωστικές στρατηγικές. Για την αξιολόγηση της διαδικαστικής γνώσης είναι χρήσιμο να υποδιαιρείται σε **διακρίσεις**, **έννοιες** και **κανόνες** και να ακολουθείται διαφορετική τεχνική για την κάθε μια. Οι διακρίσεις αφορούν την αντίδραση των μαθητών σε ερεθίσματα που γίνονται αντιληπτά από τις αισθήσεις τους και η αξιολόγηση τους γίνεται ζητώντας τους να εντοπίσουν το ερέθισμα το οποίο διαφέρει από τα υπόλοιπα. Οι έννοιες αφορούν παραδείγματα με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά τα οποία οι μαθητές καλούνται πάλι να εντοπίσουν. Τέλος, οι κανόνες αφορούν την εφαρμογή αρχών και ζητείται από τους μαθητές να τους εφαρμόσουν σε άγνωστα παραδείγματα (Oosterhof, 2010).

Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα

Σκοπός της εργασίας ήταν η διερεύνηση της συμβολής της τεχνολογίας της Επαυξημένης Πραγματικότητας στη βελτίωση της επίδοσης των μαθητών αλλά και της εμφάνισης της ψυχολογικής κατάστασης Ροής, μέσω μιας διδακτικής παρέμβασης σε μαθητές Β' Γυμνασίου. Οι μαθητές αυτοί θα διδάσκονταν την ενότητα «Αναπαράσταση της πληροφορίας στο εσωτερικό του υπολογιστή» η οποία προβλέπεται από το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (ΑΠΣ) της Β' τάξης χρησιμοποιώντας μια ψηφιακή εφαρμογή Επαυξημένης Πραγματικότητας. Τα αποτελέσματά τους συγκρίνονται με τα αποτελέσματα μιας δεύτερης, ισοδύναμης ως προς την επίδοσή της, ομάδας μαθητών που θα διδάσκονταν την ίδια ενότητα χρησιμοποιώντας μια διαφορετική τεχνολογία και συγκεκριμένα την τεχνολογία Web.

Προκειμένου να επιτευχθεί ο σκοπός της έρευνας, τέθηκαν τα παρακάτω ερευνητικά ερωτήματα:

1. συνέβαλε η χρήση του Web στη βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων της ομάδας ελέγχου, σε ποιο βαθμό και σε ποιες κατηγορίες γνώσης;
2. συνέβαλε η χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στη βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων της πειραματικής ομάδας, σε ποιο βαθμό και σε ποιες κατηγορίες γνώσης;
3. ποιες διαφορές εμφανίζουν μεταξύ τους οι δύο ομάδες μετά τη διδακτική παρέμβαση, ως προς το συνολικό μαθησιακό τους επίπεδο και ως προς τις επιμέρους κατηγορίες γνώσης;
4. οι μαθητές κάθε ομάδας εμφάνισαν τη ψυχολογική κατάσταση Ροής χρησιμοποιώντας τις ψηφιακές εφαρμογές τους και σε ποια ομάδα ήταν ισχυρότερη;
5. εμφάνισαν οι δύο ομάδες διαφορές σε καθέναν από τους 9 παράγοντες που σχετίζονται με τη ψυχολογική κατάσταση Ροής και πόσο μεγάλες ήταν αυτές;

Μέθοδος

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στο Γυμνάσιο Μασάρων, ένα περιφερειακό σχολείο στο νησί της Ρόδου. Το σχολείο επιλέχθηκε για διάφορους λόγους όπως η ύπαρξη

κατάλληλου τεχνολογικού εξοπλισμού, η προθυμία και ο ενθουσιασμός που εξέφρασαν οι μαθητές να διδαχθούν χρησιμοποιώντας τα tablets τους και η καλή συνεργασία με τη διεύθυνση του σχολείου.

Η Β' τάξη αριθμούσε συνολικά 42 μαθητές που ήταν χωρισμένοι σε δύο τμήματα, αρχικά ισοδύναμα μεταξύ τους όπως φάνηκε από την επίδοσή τους στα θετικά μαθήματα της προηγούμενης τάξης (Α' Γυμνασίου). Οι μαθητές του πρώτου τμήματος (B₁), ήταν 20 και υπήρχε ισοδυναμία όσον αφορά το φύλο τους. Η σχολική τους επίδοση στα θετικά μαθήματα του προγράμματος σπουδών της Α' Γυμνασίου (Μαθηματικά, Φυσική, Πληροφορική) ήταν κατά μέσο όρο 14,7. Στο δεύτερο τμήμα (B₂), φοιτούσαν 22 μαθητές εκ των οποίων 10 αγόρια και 12 κορίτσια. Ο αντίστοιχος μέσος όρος της σχολικής τους επίδοσης στα θετικά μαθήματα του προγράμματος σπουδών της προηγούμενης τάξης ήταν 15,0.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι χρησιμοποιήθηκαν οι βαθμοί της προηγούμενης τάξης ως κριτήριο εκτίμησης της αρχικής σχολικής επίδοσης των μαθητών επειδή η έρευνα πραγματοποιήθηκε στις αρχές της σχολικής χρονιάς (Οκτώβριος), περίοδος κατά την οποία δεν είχαν λάβει ακόμα τη βαθμολογία τους για τα μαθήματα της Β' τάξης.

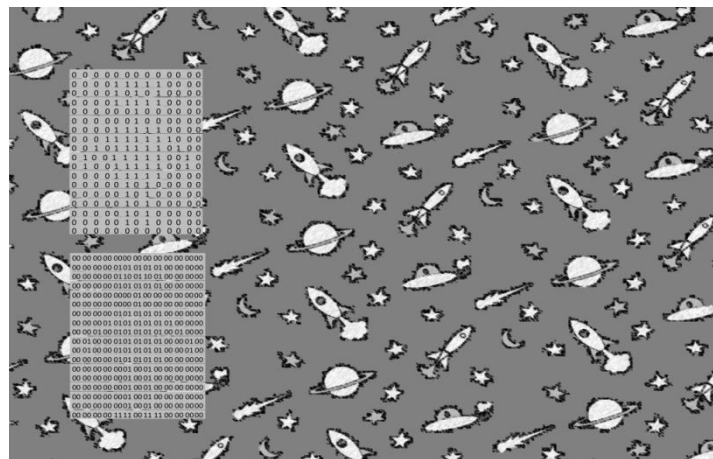
Το πρώτο τμήμα αποτέλεσε την ομάδα ελέγχου, ενώ το δεύτερο, την πειραματική ομάδα. Η επιλογή του τμήματος B₂ ως πειραματική ομάδα, έγινε με μοναδικό κριτήριο των αριθμών των μαθητών που διέθεταν tablets και ήταν πρόθυμοι να τα φέρουν στο σχολείο για να γίνει το μάθημα. Οι μαθητές και των δύο ομάδων διδάχθηκαν το «Κεφάλαιο 1 – Ψηφιακός κόσμος» του σχολικού εγχειριδίου της Πληροφορικής Γυμνασίου, ακολουθώντας μια εποικοδομητική προσέγγιση και συγκεκριμένα ένα διδακτικό σενάριο Αγκυροβολημένης διδασκαλίας. Η Αγκυροβολημένη διδασκαλία βασίζεται στην ύπαρξη μιας άγκυρας που έχει συνήθως τη μορφή ενός βίντεο. Το βίντεο-άγκυρα, θέτει ένα πρόβλημα και δίνει τις αρχικές πληροφορίες στους μαθητές ώστε να ξεκινήσουν την επίλυσή του. Η διαφορά στη διδακτική προσέγγιση, εντοπίζεται στο ψηφιακό εργαλείο συλλογής επιπλέον πληροφοριών που χρησιμοποίησε η κάθε ομάδα. Η ομάδα ελέγχου χρησιμοποίησε τους υπολογιστές του εργαστηρίου πληροφορικής για να συλλέξει πληροφορίες από την ιστοσελίδα <http://diadiko.weebly.com> προκειμένου να επιλύσει το πρόβλημα που τέθηκε από την άγκυρα, ενώ η πειραματική ομάδα χρησιμοποίησε tablets για να συλλέξει πληροφορίες από μια εφαρμογή Επαυξημένης Πραγματικότητας. Τόσο η ιστοσελίδα όσο και η εφαρμογή Επαυξημένης Πραγματικότητας δημιουργήθηκαν για τους σκοπούς της έρευνας με τα εργαλεία Weebly και Layar (βασική έκδοση) αντίστοιχα και τα περιεχόμενά τους δεν διέφεραν.

Η βασική έκδοση της online πλατφόρμας Layar (<https://www.layar.com/>) δίνει τη δυνατότητα ανάπτυξης μιας εφαρμογής Επαυξημένης Πραγματικότητας, θέτοντας όμως περιορισμούς τόσο στα εργαλεία που παρέχει, όσο και στο χρονικό διάστημα που παραμένει ενεργή η τελική εφαρμογή και προσβάσιμη παγκοσμίως. Συγκεκριμένα, μετά την καταβολή ενός χρηματικού αντίτιμου για κάθε σελίδα που θα αναγνωρίζει η εφαρμογή, παραμένει ενεργή για 30 ημέρες. Η εφαρμογή που αναπτύχθηκε, αναγνώριζε συνολικά 5 σελίδες. Η πρώτη αφορούσε γενικές πληροφορίες του δυαδικού συστήματος, οι επόμενες τρεις, την αποκωδικοποίηση κειμένου, αριθμών και εικόνας αντίστοιχα και η τελευταία, τη διαδικασία κωδικοποίησης κειμένου, αριθμών και εικόνων. Προκειμένου να αναγνωριστεί μια σελίδα και να εμφανιστούν στην οθόνη του tablet που χρησιμοποιούσε ο μαθητής οι επαυξημένες πληροφορίες που χρειαζόταν για να επιλύσει το πρόβλημα που τέθηκε από το βίντεο-άγκυρα, έπρεπε να ενεργοποιήσει στο tablet του το Wifi και την εφαρμογή Layar browser (παρέχεται δωρεάν για συσκευές Android και iOS) και έπειτα να εστιάσει με την κάμερα του tablet στη σελίδα που του είχε δοθεί κατά τη διάρκεια του μαθήματος (εικόνα 2). Μετά την αναγνώριση της σελίδας (εικόνα 3), μπορούσε να

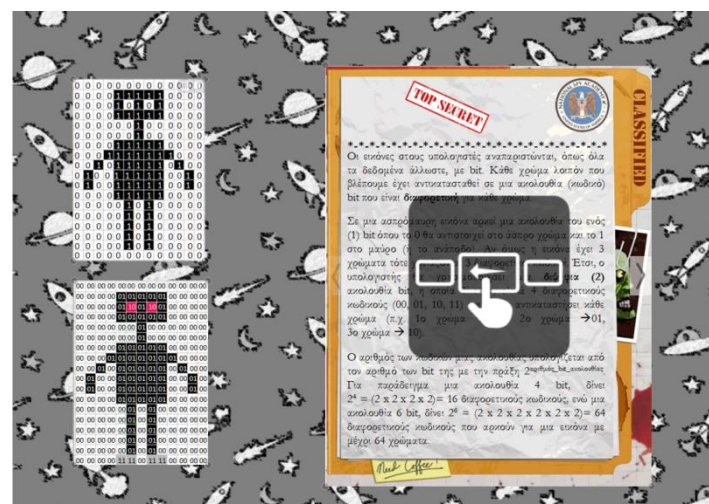
αλληλεπιδράσει με την εφαρμογή αγγίζοντας με το δάχτυλό του τα στοιχεία που τον ενδιέφεραν ώστε να συλλέξει τις πληροφορίες που χρειαζόταν.

Τα τρία πρώτα ερευνητικά ερωτήματα αφορούσαν τη διερεύνηση της παιδαγωγικής αξίας της τεχνολογίας της Επαυξημένης Πραγματικότητας σε σύγκριση με την τεχνολογία Web και τα ερευνητικά δεδομένα συλλέχτηκαν μέσω ενός τεστ γνώσεων που δόθηκε στους μαθητές πριν και μια εβδομάδα μετά τη διδακτική παρέμβαση. Αναπτύχθηκε από τον ερευνητή για τις ανάγκες της έρευνας και αριθμούσε συνολικά 21 ερωτήσεις, 9 Δηλωτικής και 12 Διαδικαστικής γνώσης εκ των οποίων 4 ερωτήσεις αφορούσαν Έννοιες και 8 Κανόνες. Κάθε σωστή ερώτηση βαθμολογήθηκε με 1 και κάθε λάθος με 0.

Τα υπόλοιπα δύο ερευνητικά ερωτήματα, διερευνούσαν την εμφάνιση της ψυχολογικής κατάστασης Ροής και της εκτίμησης του βαθμού (έντασης) της. Τα ερευνητικά δεδομένα, συλλέχτηκαν χρησιμοποιώντας δύο διαφορετικά ερωτηματολόγια που αναπτύχθηκαν από άλλους ερευνητές. Και τα δύο μεταφράστηκαν και προσαρμόστηκαν στο γνωστικό επίπεδο των μαθητών.



Εικόνα 2 - Φύλλο 4-Αποκωδικοποίησης εικόνας



Εικόνα 3 –Οι επαυξημένες πληροφορίες μετά την αναγνώριση του φύλλου 4

Το πρώτο (ενδιάμεσο ερωτηματολόγιο Ροής) αναπτύχθηκε από τους Pearce, και συν. (2005) με στόχο να εκτιμηθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια η διακύμανση της Ροής, η οποία είναι δυσκολότερο να εκτιμηθεί με ένα μόνο ερωτηματολόγιο που δίνεται στους μαθητές στο τέλος της έρευνας, ειδικά σε έρευνες μικρής κλίμακας, όπως η συγκεκριμένη. Το ερωτηματολόγιο αυτό δόθηκε στους μαθητές σε δύο διαφορετικές φάσεις της

διδασκαλίας. Περιείχε δύο ερωτήσεις 5βαθμης κλίμακας Likert και διερευνούσε την ύπαρξη ισορροπίας μεταξύ της δυσκολίας της δραστηριότητας που ολοκλήρωναν οι μαθητές χρησιμοποιώντας τις ψηφιακές εφαρμογές τους και των ικανοτήτων τους.

Το δεύτερο (τελικό ερωτηματολόγιο Ροής) που δόθηκε στους μαθητές στο τέλος της έρευνας, αναπτύχθηκε από τους Jackson & Marsh και είχε δείκτη αξιοπιστίας Cronbach's $\alpha = 0.83$ (Jackson & Marsh, 1996). Περιλάμβανε 36 συνολικά ερωτήσεις 5βαθμης κλίμακας τύπου Likert (1=Διαφωνώ απόλυτα, 2=Διαφωνώ, 3=Ούτε διαφωνώ, ούτε συμφωνώ, 4=Συμφωνώ, 5=Συμφωνώ απόλυτα). Οι ερωτήσεις αυτές διερευνούσαν τους εννέα παράγοντες με τους οποίους σχετίζεται η εμφάνιση Ροής και σε κάθε παράγοντα αντιστοιχούσαν τέσσερις ερωτήσεις οι οποίες επαναλαμβάνονταν, διαφορετικά διατυπωμένες, κάθε εννέα ερωτήσεις.

Κάθε ερώτηση του τελικού ερωτηματολογίου Ροής, βαθμολογήθηκε από 1-5. Το συνολικό σκορ κάθε μαθητή μπορούσε να κυμανθεί από 36 (πλήρης απουσία Ροής) έως 180 (Ροή σε υψηλό βαθμό). Επίσης, ο μέσος όρος κάθε παράγοντα μπορούσε να κυμανθεί από 4 (πλήρης απουσία Ροής) έως 20 (Ροής σε υψηλό βαθμό).

Αποτελέσματα

Ερευνητικό ερώτημα 1 – Επίδοση των μαθητών της ομάδας ελέγχου

Αρχικά, έγινε έλεγχος κανονικότητας κάθε μεταβλητής χρησιμοποιώντας το τεστ των Shapiro-Wilk, καθώς το δείγμα της ομάδας ελέγχου ($N=20$) ήταν μικρότερο από 50 άτομα. Διαπιστώθηκε ότι κανονικότητα παρουσίαζαν πέντε μεταβλητές, η μεταβλητή *Διαδικαστική γνώση – κανόνες*, τόσο πριν όσο και μετά τη διδακτική παρέμβαση, με επίπεδο σημαντικότητας $p=0,054$ και $0,070$ αντίστοιχα, η μεταβλητή *Άθροισμα διαδικαστικής γνώσης μετά* με επίπεδο σημαντικότητας $p=0,290$ και η μεταβλητή *Συνολικό σκορ*, τόσο πριν όσο και μετά τη διδακτική παρέμβαση, με επίπεδο σημαντικότητας $p=0,193$ και $0,142$ αντίστοιχα.

Στα ζεύγη μεταβλητών πριν-μετά που εμφάνιζαν κανονικότητα, έγινε παραμετρικό t-test εξαρτημένων δειγμάτων. Τα αποτελέσματα έδειξαν υψηλή συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών *Συνολικό σκορ πριν* και *Συνολικό σκορ μετά* ($r = 0,654$, $p < 0,05$) και οριακή συσχέτιση ανάμεσα στις μεταβλητές *Διαδικαστική γνώση-κανόνες πριν* και *Διαδικαστική γνώση-κανόνες μετά* ($r = 0,244$, $p > 0,05$). Επίσης, προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά στις μέσες τιμές και των δύο αυτών ζευγών μεταβλητών, σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,05$ (*Διαδικαστική γνώση – κανόνες* [$t(19)=-10,782$, $p = 0,00$], *Συνολικό σκορ* [$t(19)=-10,357$, $p = 0,00$]).

Όλα τα υπόλοιπα ζεύγη μεταβλητών (πριν, μετά) αλλά και η μεταβλητή *Άθροισμα διαδικαστικής γνώσης μετά*, της οποίας η αντίστοιχη μεταβλητή (*Άθροισμα διαδικαστικής γνώσης πριν*) δεν εμφάνισε κανονικότητα, αναλύθηκαν με το μη παραμετρικό τεστ Wilcoxon. Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής φάνηκε ότι και τα τρία ζεύγη μεταβλητών εμφάνισαν στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,05$

(*Δηλωτική γνώση* [$Z(20) = -3,741$, $p = 0,00$], *Διαδικαστική γνώση-έννοιες* [$Z(20) = -3,926$, $p = 0,00$], *Σύνολο Διαδικαστικής γνώσης* [$Z(20) = -3,947$, $p = 0,05$]). Επίσης, η συνολική επίδοση των μαθητών αυξήθηκε από τις 3,50 μονάδες ($SD=1,573$) στις 11,95 ($SD=4,478$) δηλαδή, 8,45 μονάδες κατά μέσο όρο.

Τέλος, υπολογίστηκαν οι μεταβολές στις απαντήσεις των μαθητών καθώς και ο ελάχιστος και ο μέγιστος αριθμός ορθών απαντήσεων κάθε κατηγορίας με στόχο να φανεί ο βαθμός της βελτίωσης της επίδοσής τους μετά τη διδακτική παρέμβαση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση υπήρχαν μαθητές που δεν είχαν απαντήσει

σωστά σε καμία ερώτηση κάθε επιμέρους κατηγορίας (Min=0), μετά τη διδακτική παρέμβαση όλοι οι μαθητές απάντησαν τουλάχιστον σε μία (Min=1). Υπήρχαν μάλιστα μαθητές που είχαν απαντήσει σωστά σε όλες τις ερωτήσεις *Διαδικαστικής γνώσης* (Έννοιες Max=4, Κανόνες Max=8) ή είχαν φτάσει πολύ κοντά στο βέλτιστο αποτέλεσμα (*Δηλωτική γνώση*, Max=8).

Επιπλέον, δεν υπήρξε κανένας μαθητής που να είχε δώσει λάθος απάντηση σε κάποια ερώτηση του τελικού τεστ, ενώ στο αρχικό τεστ να την είχε απαντήσει σωστά (Μεταβολή σε Λάθος=0). Η πλειοψηφία των μαθητών άλλαξε τις απαντήσεις της προς το καλύτερο, δίνοντας σωστές απαντήσεις στο τελικό τεστ. Αναλυτικότερα, τις απαντήσεις τους στις ερωτήσεις *Δηλωτικής γνώσης* βελτίωσαν 18 μαθητές, στις ερωτήσεις *Διαδικαστικής γνώσης - έννοιες* και στις ερωτήσεις *Διαδικαστικής γνώσης - κανόνες*, 19 μαθητές, ενώ στο σύνολο των ερωτήσεων *Διαδικαστικής γνώσης* και στο σύνολο των ερωτήσεων του τεστ (*Συνολικό σκορ*), όλοι οι μαθητές (100%) παρουσίασαν βελτίωση. Μόνο δύο μαθητές (10,0%) σε κάποια ερώτηση *Δηλωτικής γνώσης* και από ένας μαθητής (5,0%) σε κάποια ερώτηση *Διαδικαστικής γνώσης - έννοιες* και *Διαδικαστικής γνώσης - κανόνες*, διατήρησαν την αρχική τους απάντηση, είτε ήταν σωστή είτε λάθος.

Ερευνητικό ερώτημα 2 – Επίδοση των μαθητών της πειραματικής ομάδας

Ακολουθώντας παρόμοια διαδικασία ανάλυσης με αυτήν που ακολουθήθηκε στο ερευνητικό ερώτημα 1, έγινε αρχικά έλεγχος κανονικότητας κάθε μεταβλητής χρησιμοποιώντας το τεστ των Shapiro-Wilk, καθώς το δείγμα (N=22) ήταν μικρότερο από 50 άτομα. Από τον συγκεκριμένο έλεγχο διαπιστώθηκε ότι κανονικότητα παρουσίαζαν δύο μεταβλητές, η μεταβλητή *Άθροισμα διαδικαστικής γνώσης πριν* και η μεταβλητή *Συνολικό σκορ πριν* με επίπεδο σημαντικότητας $p=0,182$ και $0,461$ αντίστοιχα. Παρά την κανονικότητα τους όμως, οι δύο αυτές μεταβλητές αναλύθηκαν ακολουθώντας το μη παραμετρικό τεστ Wilcoxon αφού οι αντίστοιχες μεταβλητές τους (μετά τη διδακτική παρέμβαση), δεν εμφάνισαν κανονικότητα.

Από τα αποτελέσματα του τεστ προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,05$ για όλα τα ζεύγη μεταβλητών πριν-μετά (*Συνολικό σκορ* [$Z(22) = -4,110$, $p = 0,00$], *Δηλωτική γνώση* [$Z(22) = -4,121$, $p=0,00$], *Διαδικαστική γνώση-έννοιες* [$Z(22) = -4,146$, $p = 0,00$], *Διαδικαστική γνώση-κανόνες* [$Z(22) = -4,041$, $p = 0,00$], *Σύνολο Διαδικαστικής γνώσης* [$Z(22) = -4,128$, $p = 0,00$]). Επίσης, κατά μέσο όρο το συνολικό μαθησιακό επίπεδο των μαθητών αυξήθηκε κατά 10,64 μονάδες [πριν ($M= 3,36$ $SD=1,989$), μετά ($M=14,00$ $SD=4,461$)].

Στη συνέχεια, υπολογίστηκαν οι μεταβολές στις απαντήσεις των μαθητών και ο ελάχιστος και ο μέγιστος αριθμός ορθών απαντήσεων κάθε κατηγορίας γνώσης. Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση υπήρχαν μαθητές που δεν είχαν απαντήσει σωστά σε καμία ερώτηση κάθε επιμέρους κατηγορίας (Min=0), μετά τη διδακτική παρέμβαση όλοι οι μαθητές απάντησαν σωστά τουλάχιστον σε μία (Min=1). Υπήρχαν μάλιστα μαθητές που απάντησαν σωστά σε όλες τις ερωτήσεις *Διαδικαστικής γνώσης* (Έννοιες Max=4, Κανόνες Max=8) ή είχαν φτάσει πολύ κοντά στο βέλτιστο αποτέλεσμα (*Δηλωτική γνώση*, Max=7).

Τέλος, δεν υπήρξε κανένας μαθητής που να είχε δώσει λάθος απάντηση σε μια ερώτηση στο τελικό τεστ, ενώ στο αρχικό να την είχε απαντήσει σωστά (Μεταβολή σε Λάθος=0). Όλοι οι μαθητές, εκτός από έναν (4,5%) που δεν άλλαξε την απάντησή του σε μια ερώτηση *Διαδικαστικής γνώσης-κανόνες*, άλλαξαν τις απαντήσεις τους δίνοντας στο τελικό τεστ σωστές απαντήσεις σε όλες τις κατηγορίες γνώσεων.

Ερευνητικό ερώτημα 3 – Διαφορές ως προς την επίδοση των δύο ομάδων

Για να διαπιστωθεί η διαφορά στο μαθησιακό επίπεδο των δύο ομάδων, χρησιμοποιήθηκαν τα ερευνητικά τους δεδομένα στο τεστ γνώσεων μετά τη διδακτική παρέμβαση. Αρχικά έγινε έλεγχος κανονικότητας των μεταβλητών με το τεστ Shapiro-Wilk, αφού το δείγμα ($N=42$) ήταν μικρότερο από το όριο των 50 ατόμων και προέκυψε ότι καμία μεταβλητή δεν εμφάνιζε κανονικότητα.

Ακολούθησε έλεγχος των μεταβλητών με το μη παραμετρικό τεστ Mann-Whitney που έδειξαν ότι μεταξύ των ομάδων υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,05$ άρα και ανομοιογένεια μεταξύ των δύο ομάδων, μόνο στη μεταβλητή *Διαδικαστική γνώση - έννοιες* [$U(42)=104,00$, $p = 0,02$]. Στις υπόλοιπες κατηγορίες ερωτήσεων αλλά και στη συνολική επίδοση στο τεστ, παρά το γεγονός ότι η πειραματική ομάδα έχει καλύτερα αποτελέσματα, δεν εμφάνισαν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους.

Τη μικρότερη τους διαφορά την εμφάνισαν στην κατηγορία *Διαδικαστική γνώση – κανόνες*, με μόλις 0,06 μονάδες υπέρ της πειραματικής ομάδας, ενώ αντίθετα στην κατηγορία *Διαδικαστική γνώση – έννοιες* αλλά και στη μεταβλητή *Σύνολο Διαδικαστικής γνώσης*, παρουσίασαν τη μεγαλύτερη τους διαφορά με 1,07 και 1,13 μονάδες αντίστοιχα, υπέρ πάλι της πειραματικής ομάδας. Επιπλέον, εμφάνισαν 0,92 μονάδες διαφορά υπέρ της πειραματικής ομάδας στην *Δηλωτική γνώση* και 2,05 μονάδες διαφορά στο *Συνολικό σκορ*, πάλι υπέρ της πειραματικής ομάδας.

Αξίζει να σημειωθεί ότι, ενώ αρχικά η ομάδα ελέγχου παρουσίασε στο αρχικό τεστ γνώσεων καλύτερες επιδόσεις στις κατηγορίες *Διαδικαστική γνώση – κανόνες*, *Σύνολο Διαδικαστικής γνώσης* και *Συνολικό σκορ*, μετά τη διδακτική παρέμβαση, η πειραματική ομάδα υπερκάλυψε τη διαφορά.

Ερευνητικό ερώτημα 4 – Εμφάνιση Ροής στους μαθητές κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων

Οι απαντήσεις των μαθητών κάθε ομάδας στο ενδιάμεσο ερωτηματολόγιο Ροής χρησιμοποιήθηκαν για να προσομοιωθεί, με χρήση πίνακα, το αρχικό μοντέλο Ροής του Csikszentmihalyi (1975). Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, οι τιμές που βρίσκονται στη διαγώνιο του πίνακα φανερώνουν κατάσταση Ροής, οι τιμές που βρίσκονται πάνω από τη διαγώνιο φανερώνουν Ανησυχία (Anxiety), ενώ οι υπόλοιπες τιμές που βρίσκονται κάτω από τη διαγώνιο φανερώνουν Ανία (Boredom). Επίσης, προκειμένου να εκτιμηθεί ο βαθμός (ένταση) κάθε κατάστασης, θεωρήθηκε ότι όσο πιο κοντά σε κατάσταση Ροής (διαγώνιο) βρίσκεται ένας μαθητής τόσο πιο μικρός είναι ο βαθμός Ανησυχίας ή Ανίας τον οποίο βιώνει και αντίστοιχα, όσο πιο μακριά βρίσκεται από την κατάσταση Ροής, τόσο πιο μεγάλος είναι.

Συνολικά δημιουργήθηκαν δύο διαφορετικοί πίνακες για κάθε ομάδα. Ο πρώτος αφορούσε τη ψυχολογική κατάσταση των μαθητών μετά το τέλος της 1ης δραστηριότητας κατά την οποία χρησιμοποίησαν τις ψηφιακές εφαρμογές τους και ο δεύτερος, τη ψυχολογική κατάσταση Ροής, μετά το τέλος της δεύτερης ανάλογης δραστηριότητας.

Στο τέλος της 1ης δραστηριότητας οι περισσότεροι μαθητές της ομάδας ελέγχου βρίσκονται σε κατάσταση Ανησυχίας ($N=9$, $f=45,0\%$), έπειτα σε κατάσταση Ανίας ($N=8$, $f=40,0\%$) και λιγότερο σε κατάσταση Ροής ($N=3$, $f=15,0\%$). Από τους μαθητές που βρίσκονται σε κατάσταση Ανησυχίας, 2 φαίνεται να ανησυχούν λιγότερο από τους άλλους και να βρίσκονται πολύ κοντά σε κατάσταση Ροής, 6 ανησυχούν σε μεσαίο βαθμό και ένας (1) σε μεγάλο. Από τους μαθητές που βρίσκονται σε κατάσταση Ροής, 2 εκτιμούν ότι βρίσκονται σε μεσαίο βαθμό και ένας σε μικρό. Τέλος, από τους μαθητές που βρίσκονται

σε κατάσταση Ανίας, 4 εκτιμούν ότι βρίσκονται σε μικρό βαθμό και πολύ κοντά στο να μεταβούν σε κατάσταση Ροής, 2 σε μεσαίο και οι άλλοι 2 σε μεγάλο.

Στο τέλος της 2ης δραστηριότητας υπάρχει μια αύξηση των ικανοτήτων των μαθητών που βρίσκονταν σε κατάσταση Ανησυχίας, χωρίς παρ' όλα αυτά ο συνολικός τους αριθμός να αλλάξει ($N=9$, $f=45,0\%$). Από αυτούς, 6 βρίσκονται σε μικρό βαθμό Ανησυχίας και πολύ κοντά σε κατάσταση Ροής, 2 σε μεσαίο βαθμό και ένας (1) σε μεγάλο. Οι μαθητές που βρίσκονται σε κατάσταση Ροής έχουν αυξηθεί ($N=4$, $f=20,0\%$) και όλοι βρίσκονται σε μεσαίο βαθμό. Τέλος, σε κατάσταση Ανίας βρίσκεται ένας μαθητής λιγότερος ($N=7$, $f=35,0\%$). Από αυτούς, σε κατάσταση μικρού βαθμού Ανίας και πολύ κοντά σε κατάσταση Ροής βρίσκονται 6 μαθητές, ενώ μόνο ένας (1) βρίσκεται σε μεσαίο βαθμό Ανίας.

Για την πειραματική ομάδα, στο τέλος της 1ης δραστηριότητας, φαίνεται να υπάρχει ισορροπία μεταξύ του αριθμού των μαθητών που βρίσκονται σε κατάσταση Ανησυχίας και Ανίας ($N=9$, $f=40,91\%$), ενώ οι λιγότεροι μαθητές βρίσκονται κι εδώ σε κατάσταση Ροής ($N=4$, $f=18,18\%$). Από τους μαθητές που βρίσκονται σε κατάσταση Ανησυχίας, 5 ανησυχούν σε μικρότερο βαθμό από τους υπόλοιπους και βρίσκονται πολύ κοντά σε κατάσταση Ροής, 2 ανησυχούν λίγο περισσότερο και βρίσκονται σε κατάσταση μεσαίας Ανησυχίας, ενώ οι υπόλοιποι 2 ανησυχούν ακόμα περισσότερο και βρίσκονται σε κατάσταση μεγάλης Ανησυχίας. Από τους 9 μαθητές που βρίσκονται σε κατάσταση Ανίας, 6 τη βιώνουν σε μικρότερο βαθμό και βρίσκονται πολύ κοντά σε κατάσταση Ροής, ένας (1) βρίσκεται σε μεσαίο βαθμό Ανίας και οι υπόλοιποι 2 σε μεγάλο. Τέλος, από τους 4 μαθητές που βρίσκονται, κατά την εκτίμησή τους, σε κατάσταση Ροής, 3 βρίσκονται σε μεσαίο βαθμό και ένας (1) σε μικρό.

Στο τέλος της 2ης δραστηριότητας, υπάρχει μια μεταβολή στην εκτίμηση των μαθητών, όμως εξακολουθεί να διατηρείται η ισορροπία μεταξύ Ανησυχίας και Ανίας αν και σε μικρότερο βαθμό απ' ότι πριν ($N=8$, $f=36,36\%$). Οι μαθητές που εκτιμούν ότι βρίσκονται σε κατάσταση ισορροπίας μεταξύ της δυσκολίας της δραστηριότητας και της ικανότητάς τους (Ροή) έχουν αυξηθεί σε 6 ($N=6$, $f=27,27\%$) αλλά εξακολουθούν να είναι λιγότεροι από τους άλλους. Οι μαθητές που βρίσκονται σε κατάσταση μικρού βαθμού Ανίας και πολύ κοντά σε κατάσταση Ροής, έχουν αυξηθεί κατά έναν (1). Επίσης, έχει αυξηθεί ο αριθμός των μαθητών που εκτιμούν ότι οι ικανότητές τους έχουν βελτιωθεί αλλά βρίσκονται σε κατάσταση Ανίας. Τέλος, μόνο ένας (1) μαθητής παραμένει σε μεσαία κατάσταση Ανίας, ενώ οι 2 μαθητές που βρισκόταν στο τέλος της 1ης δραστηριότητας σε κατάσταση μεγάλου βαθμού Ανίας, έχουν αλλάξει εκτίμηση. Παρόμοια, έχει αυξηθεί κατά έναν (1) ο αριθμός των μαθητών που βρίσκονται σε μικρό βαθμό Ανησυχίας και πολύ κοντά σε κατάσταση Ροής, ένας (1) μαθητής λιγότερος βρίσκεται σε κατάσταση μεσαίας Ανησυχίας, ενώ ένας (1) εξακολουθεί να βρίσκεται σε κατάσταση μεγάλης ανησυχίας. Τέλος, από τους μαθητές που βρίσκονται σε κατάσταση Ροής, 4 εκτιμούν ότι βρίσκονται σε μεσαίο βαθμό Ροής και άλλοι 2 σε μεγάλο.

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι της εκτίμησης κάθε ομάδας για κάθε δραστηριότητα από τους οποίους φάνηκε ότι οι μαθητές της ομάδας ελέγχου θεωρούσαν ευκολότερες και τις δύο δραστηριότητες ($1\eta:2,65$, $2\eta:2,85$) απ' ότι τις θεωρούσαν οι μαθητές της πειραματικής ομάδας ($1\eta:2,68$, $2\eta:2,95$). Από την άλλη όμως, εκτιμούσαν ότι οι ικανότητές τους ήταν λίγο χαμηλότερες ($1\eta:2,50$, $2\eta:2,60$) απ' ότι τις εκτιμούσε η άλλη ομάδα ($1\eta:2,64$, $2\eta:2,86$). Μάλιστα, η διαφορά της εκτιμώμενης δυσκολίας και της εκτιμώμενης ικανότητας ήταν μικρότερη στην πειραματική ομάδα, γεγονός που σε ένα βαθμό ερμηνεύει την καλύτερη ψυχολογική κατάσταση την οποία βίωσαν οι μαθητές της. Τέλος, υπολογίστηκε το συνολικό σκορ κάθε ομάδας από τα ερευνητικά δεδομένα του τελικού ερωτηματολογίου Ροής. Το σκορ των μαθητών της ομάδας ελέγχου κυμαινόταν

από 83 έως 140 ($M=111,95$ $SD=15,76$) και αυτών της πειραματικής ομάδας από 78 έως 146 ($M=123,27$ $SD=16,84$). Αναλυτικότερα, στην ομάδα ελέγχου 9 μαθητές (45,0%) είχαν συνολικό σκορ μικρότερο από 108 (ουδέτερη κατάσταση), κανένας μαθητής δεν είχε συνολικό σκορ 108, ενώ οι υπόλοιποι 11 μαθητές (55,0%) είχαν συνολικό σκορ πάνω από 108, δηλαδή βίωσαν κάποιου βαθμού Ροή.

Στην πειραματική ομάδα τα πράγματα ήταν διαφορετικά. Συγκεκριμένα, 2 μαθητές (9,09%) είχαν συνολικό σκορ κάτω από 108, κανένας μαθητής δεν βρισκόταν σε ουδέτερη κατάσταση, ενώ οι υπόλοιποι 20 μαθητές (90,91%) βρίσκονταν σε κατάσταση Ροής διαφορετικού βαθμού ο καθένας.

Ερευνητικό ερώτημα 5 – Διαφορές των δύο ομάδων ως προς τους 9 παράγοντες Ροής

Για κάθε μαθητή αθροίστηκαν οι απαντήσεις του στις ερωτήσεις κάθε παράγοντα και υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι τους. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι σε όλους τους παράγοντες η πειραματική ομάδα είχε μεγαλύτερους μέσους όρους που όλοι κυμαίνονταν πάνω από το όριο του 3,0 δηλαδή, το όριο της ουδετερότητας σύμφωνα με την κλίμακα Likert του ερωτηματολογίου.

Αναλυτικά οι μέσοι όροι της σε κάθε παράγοντα ήταν: *Ισορροπία προκλήσεων-δεξιοτήτων* ($M:3,44$ $SD:0,63$), *Ταύτιση ενέργειας-επίγνωσης* ($M:3,02$ $SD:0,70$), *Σαφείς στόχοι* ($M:3,57$ $SD:0,63$), *Σαφής ανατροφοδότηση* ($M:3,43$ $SD:0,56$), *Συγκέντρωση στη δραστηριότητα* ($M:3,40$ $SD:1,01$), *Αίσθηση ελέγχου* ($M:3,28$ $SD:0,72$), *Απώλεια της αυτοσυνείδησης* ($M:3,67$ $SD:0,75$), *Αλλοιωμένη αίσθηση του χρόνου* ($M:3,03$ $SD:0,61$), *Αυτοτελής εμπειρία* ($M:3,97$ $SD:0,72$). Επομένως, προέκυψε ότι βίωσε κάποιου βαθμού Ροή σε όλους τους παράγοντες.

Από την άλλη, η ομάδα ελέγχου δεν ξεπέρασε σε όλους τους παράγοντες το όριο της ουδετερότητας (3,0) και επομένως δεν βίωσε Ροή σ' αυτούς τους παράγοντες (*Ισορροπία προκλήσεων-δεξιοτήτων* ($M:2,95$ $SD:0,81$), *Ταύτιση ενέργειας-επίγνωσης* ($M:2,81$ $SD:0,82$), *Σαφής ανατροφοδότηση* ($M:3,00$ $SD:0,62$), *Αλλοιωμένη αίσθηση του χρόνου* ($M:2,63$ $SD:0,67$)). Στους υπόλοιπους παράγοντες εμφάνισε κάποιου βαθμού Ροή, μικρότερη όμως από αυτή της Πειραματικής ομάδας (*Σαφείς στόχοι* ($M:3,05$ $SD:0,81$), *Συγκέντρωση στη δραστηριότητα* ($M:3,39$ $SD:0,75$), *Αίσθηση ελέγχου* ($M:3,14$ $SD:0,49$), *Απώλεια της αυτοσυνείδησης* ($M:3,55$ $SD:0,80$), *Αυτοτελής εμπειρία* ($M:3,48$ $SD:0,71$)).

Για να διαπιστωθεί αν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά για κάθε παράγοντα ανάμεσα στις δύο ομάδες, οι μέσοι όροι κάθε παράγοντα ελέχθησαν αρχικά για το αν πληρούν το κριτήριο κανονικότητας με το τεστ Shapiro-Wilk, αφού το δείγμα ήταν κάτω από 50 ($N=20/22$). Το τεστ έδειξε ότι όλοι οι παράγοντες εμφάνιζαν κανονικότητα και στις δύο ομάδες ($p > 0,05$), γι' αυτό επιλέχθηκε το παραμετρικό t-test ανεξάρτητων δειγμάτων από το οποίο προέκυψε ότι στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων εμφανίζεται στους παράγοντες *Ισορροπία προκλήσεων-δεξιοτήτων* [$t(40) = -2,226$, $p = 0,032$], *Σαφείς στόχοι* [$t(40) = -2,330$, $p = 0,025$], *Σαφής ανατροφοδότηση* [$t(40) = -2,361$, $p = 0,023$], *Αλλοιωμένη αίσθηση του χρόνου* [$t(40) = -2,071$, $p = 0,045$] και *Αυτοτελής εμπειρία* [$t(40) = -2,218$, $p = 0,032$].

Τέλος, για να διαπιστωθεί αν οι στατιστικά σημαντικές διαφορές που εμφανίστηκαν ανάμεσα στις δύο ομάδες ήταν ισχυρές, υπολογίστηκε γι' αυτούς μόνο τους παράγοντες, ο δείκτης μεγέθους επίδρασης d του Cohen (1988). Ο δείκτης αυτός έδειξε ότι η διαφορά ανάμεσα στις δύο ομάδες ήταν μεγάλη, αφού σε όλους τους παράγοντες η τιμή του βρίσκονται στην κλίμακα μεταξύ του 0,5 και του 0,8 (*Ισορροπία προκλήσεων-δεξιοτήτων:0,70*, *Σαφείς στόχοι:0,74*, *Σαφής ανατροφοδότηση:0,75*, *Αλλοιωμένη αίσθηση του χρόνου:0,65*, *Αυτοτελής εμπειρία:0,70*).

Συζήτηση

Ερευνητικό ερώτημα 1

Η ανάλυση των ερευνητικών δεδομένων που αφορούσαν την ομάδα ελέγχου έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά στα μαθησιακά της αποτελέσματα, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Κατά συνέπεια, η ψηφιακή εφαρμογή Web που χρησιμοποίησαν οι μαθητές της ομάδας αυτής, ως εργαλείο συλλογής πληροφοριών, συνέβαλλε στη θετική μεταβολή της επίδοσής τους. Οι μαθητές έμαθαν νέες έννοιες και σημαντικές πληροφορίες βελτιώνοντας τη *Δηλωτική τους γνώση* 3,15 μονάδες κατά μέσο όρο σε σχέση με τις γνώσεις που είχαν πριν τη διδακτική παρέμβαση. Χρησιμοποιώντας αυτές τις γνώσεις μπόρεσαν να αναγνωρίσουν καταστάσεις και αντικείμενα που σχετίζονταν μ' αυτές, βελτιώνοντας τη *Διαδικαστική τους γνώση-έννοιες* 1,5 μονάδες κατά μέσο όρο και εφάρμοσαν τις γνώσεις που απέκτησαν για να αποκωδικοποιήσουν και να κωδικοποιήσουν κείμενα, εικόνες και αριθμούς, βελτιώνοντας τη *Διαδικαστική τους γνώση-κανόνες* 3,8 μονάδες κατά μέσο όρο. Συνολικά, οι μαθητές της ομάδας ελέγχου βελτίωσαν τη *Διαδικαστική τους γνώση* 5,3 μονάδες κατά μέσο όρο, ενώ η γενική τους βελτίωση, έφτασε τις 8,45 μονάδες κατά μέσο όρο.

Όσον αφορά τη μεταβολή μεταξύ ορθών και λανθασμένων απαντήσεων, όλοι οι μαθητές βελτίωσαν τον αριθμό των ορθών απαντήσεών τους, ενώ δεν υπήρξαν μαθητές που να μετέβαλλαν προς το χειρότερο τις γνώσεις τους, σε κάποια κατηγορία ερωτήσεων, μετά τη διδασκαλία. Τέλος, τη μεγαλύτερη βελτίωση παρουσίασαν στις ερωτήσεις *Διαδικαστικής γνώσης* όπου υπήρξαν μαθητές που απάντησαν σωστά σε όλες τις ερωτήσεις αυτής της κατηγορίας, ενώ στις ερωτήσεις *Δηλωτικής γνώσης* πλησίασαν το βέλτιστο αποτέλεσμα (8 σωστές στις 9 ερωτήσεις).

Ερευνητικό ερώτημα 2

Παρόμοια αποτελέσματα με αυτά της ομάδας ελέγχου προέκυψαν για την πειραματική ομάδα. Αναλυτικότερα, οι μαθητές της έμαθαν νέες έννοιες και σημαντικές πληροφορίες βελτιώνοντας τη *Δηλωτική τους γνώση* 3,77 μονάδες κατά μέσο όρο σε σχέση με τις γνώσεις που είχαν πριν τη διδακτική παρέμβαση. Χρησιμοποιώντας αυτές τις γνώσεις μπόρεσαν να αναγνωρίσουν καταστάσεις και αντικείμενα που σχετίζονταν μ' αυτές, βελτιώνοντας τη *Διαδικαστική τους γνώση-έννοιες* 2,46 μονάδες κατά μέσο όρο και εφάρμοσαν τις γνώσεις που απέκτησαν για να αποκωδικοποιήσουν και να κωδικοποιήσουν κείμενα, εικόνες και αριθμούς, βελτιώνοντας τη *Διαδικαστική τους γνώση-κανόνες* 4,41 μονάδες κατά μέσο όρο. Συνολικά, η *Διαδικαστική τους γνώση* βελτιώθηκε κατά μέσο όρο κατά 6,87 μονάδες, ενώ η γενική τους βελτίωση έφτασε τις 10,64 μονάδες κατά μέσο όρο.

Όλοι οι μαθητές βελτίωσαν τον αριθμό των ορθών απαντήσεών τους και κανένας τους δεν χειροτέρεψε τις γνώσεις του δίνοντας, μετά τη διδασκαλία, λάθος απάντηση σε ερώτηση που αρχικά την είχε απαντήσει σωστά. Υπήρξαν μάλιστα μαθητές που απάντησαν σωστά σε όλες τις ερωτήσεις *Διαδικαστικής γνώσης*, ενώ στις ερωτήσεις *Δηλωτικής γνώσης* βελτίωσαν το σκορ των ορθών απαντήσεων τους (7 σωστές στις 9 ερωτήσεις).

Τα αποτελέσματα αυτά ως προς τη βελτίωση των γνώσεων των μαθητών συνάδουν με τα αποτελέσματα άλλων σχετικών ερευνών (Shelton & Hedley, 2002; Seo, και συν., 2006; Nischelwitzer, και συν., 2007; Juan, και συν., 2010; Sin & Zaman, 2010; Liu & Chu, 2010; Wijers, και συν., 2010; Pasaréti, και συν., 2011; Cai, και συν., 2012; Dünser, και συν., 2012; Salvador-Herranz, και συν., 2013; Chen, και συν., 2013; Fleck & Simon, 2013; Kamarainen, και συν., 2013; Lin, και συν., 2013; Cai, και συν., 2014; Ibáñez, και συν., 2014; Ahn & Choi, 2015; Tarnag, και συν., 2015).

Ερευνητικό ερώτημα 3

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των δύο ομάδων φαίνεται ότι αν και οι δύο ομάδες βελτίωσαν τα αποτελέσματά τους, η πειραματική ομάδα είχε καλύτερες επιδόσεις σε όλες τις κατηγορίες γνώσης.

Αναλυτικότερα, η ομάδα ελέγχου βελτίωσε το μέσο όρο της στις ερωτήσεις *Δηλωτικής γνώσης* κατά 3,15 μονάδες, στις ερωτήσεις *Διαδικαστικής γνώσης-έννοιες* κατά 1,5 μονάδες, στις ερωτήσεις *Διαδικαστικής γνώσης-κανόνες* κατά 3,8 μονάδες, στο σύνολο *Διαδικαστικής γνώσης* κατά 5,3 μονάδες και στο *Συνολικό σκορ* κατά 8,45 μονάδες. Αντίστοιχα, η πειραματική ομάδα βελτίωσε το μέσο όρο της στις ερωτήσεις *Δηλωτικής γνώσης* κατά 3,77 μονάδες, στις ερωτήσεις *Διαδικαστικής γνώσης-έννοιες* κατά 2,46 μονάδες, στις ερωτήσεις *Διαδικαστικής γνώσης-κανόνες* κατά 4,41 μονάδες, στο σύνολο *Διαδικαστικής γνώσης* κατά 6,87 μονάδες και στο *Συνολικό σκορ* κατά 10,64 μονάδες.

Μάλιστα, αν και αρχικά η πειραματική ομάδα εμφάνιζε χειρότερα μαθησιακά αποτελέσματα στο αρχικό τεστ γνώσεων, στις ερωτήσεις που αφορούσαν τη *Διαδικαστική γνώση - κανόνες*, το *Σύνολο της διαδικαστικής γνώσης* και το *Συνολικό σκορ* σε σύγκριση με την πειραματική ομάδα, στο τελικό τεστ όχι μόνο κάλυψε τη διαφορά αλλά και την ξεπέρασε.

Ερευνητικό ερώτημα 4

Στο τέλος της 1ης δραστηριότητας κατά την οποία οι μαθητές της ομάδας ελέγχου έκαναν χρήση της ψηφιακής εφαρμογής τους (Web) φαίνεται να κυριαρχούνται από Ανησυχία, έπειτα από Ανία και σε μικρότερο βαθμό να βρίσκονται σε κατάσταση Ροής. Οι περισσότεροι βιώνουν Ανησυχία σε μεσαίο βαθμό και Ανία σε μικρό.

Στο τέλος της 2ης δραστηριότητας, παρατηρούνται κάποιες μεταβολές στη ψυχολογική κατάσταση των μαθητών. Αν και το ποσοστό που βιώνουν Ανησυχία παραμένει το ίδιο, το ποσοστό της Ροής αυξάνεται και ταυτόχρονα μειώνεται το ποσοστό της Ανίας. Εξετάζοντας όμως το βαθμό έντασης κάθε κατάστασης, προκύπτει τόσο μια μετατόπιση προς την κατάσταση Ροής (μικρός βαθμός Ανησυχίας ή Ανίας) όσο και αύξηση του αριθμού και του βαθμού των μαθητών που βιώνουν καθαρά Ροή.

Επίσης, από την ανάλυση του τελικού ερωτηματολογίου Ροής φαίνεται ότι αρκετοί μαθητές της ομάδας ελέγχου βίωσαν Ροή, όχι μόνο κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων αλλά και συνολικά, φέρνοντας σκορ που έφτανε μέχρι τους 140 βαθμούς. Ο γενικός μέσος όρος των 11 μαθητών που εμφάνισαν Ροή έστω και οριακά, κυμαινόταν από 3,08 έως 3,89, ενώ μόνο ένας (1) μαθητής έφτασε πολύ κοντά στο 4 (Συμφωνώ απόλυτα), με μέσο όρο 3,89.

Παρόμοια ευρήματα προέκυψαν και για την πειραματική ομάδα η οποία βιώνει, κατά το τέλος της 1ης δραστηριότητας, σε ίδιο ποσοστό Ανησυχία και Ανία και κατά πολύ λιγότερο Ροή. Όσον αφορά την ένταση των μαθητών που βιώνουν Ανησυχία ή Ανία, αυτή είναι περισσότερο μικρού βαθμού, ενώ η Ροή εμφανίζεται κυρίως σε μεσαία ένταση.

Στο τέλος της 2ης δραστηριότητας η Ανησυχία και η Ανία εξακολουθούν να κυριαρχούν μέσα στην ομάδα, αν και ελαφρά μειωμένες, και ακολουθεί με αυξημένο ποσοστό η ψυχολογική κατάσταση Ροής. Ως προς την ένταση κάθε κατάστασης, κυριαρχεί ο μικρός βαθμός Ανησυχίας και Ανίας και ο μεσαίος βαθμός Ροής. Όμως τώρα, δύο μαθητές εμφανίζονται σε μεγάλου βαθμού Ροή, εύρημα που δεν εμφανίστηκε στην ομάδα ελέγχου. Συμπερασματικά λοιπόν, αυξάνονται οι μαθητές που βρίσκονται πολύ κοντά ή βιώνουν καθαρά Ροή, ενώ ταυτόχρονα μειώνονται οι μαθητές που καθαρά βιώνουν Ανησυχία ή Ανία (μεσαίος και μικρός βαθμός).

Από το σκορ των μαθητών της πειραματικής ομάδας στο τελικό ερωτηματολόγιο Ροής, προκύπτει επίσης ότι βίωσαν την κατάσταση Ροής, όχι μόνο κατά τη διάρκεια των

δραστηριοτήτων τους αλλά και συνολικά, φέρνοντας σκορ που έφτανε έως τους 146 βαθμούς. Όσοι εμφάνισαν Ροή, έστω και οριακή, ο γενικός μέσος όρος των απαντήσεών τους στις 36 ερωτήσεις του ερωτηματολογίου κυμαινόταν από 3,06 έως 4,06, με 7 μαθητές να βρίσκονται πολύ κοντά ή να ξεπερνούν το 4 (Συμφωνώ απόλυτα).

Ερευνητικό ερώτημα 5

Η ανάλυση του τελικού ερωτηματολογίου Ροής, έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο ομάδες μόνο σε 5 από τους 9 παράγοντες που σχετίζονται με τη ψυχολογική κατάσταση Ροής. Οι παράγοντες αυτοί ήταν η *Ισορροπία προκλήσεων-δεξιοτήτων*, *Σαφείς στόχοι*, *Σαφής ανατροφοδότηση*, *Αλλοιωμένη αίσθηση του χρόνου* και *Αυτοτελής εμπειρία*. Επιπλέον, ο δείκτης d του Cohen (1988) έδειξε ότι η διαφορά ανάμεσα στις δύο ομάδες ήταν μεγάλη.

Οι μέσοι όροι των 5 παραγόντων στους οποίους οι δύο ομάδες εμφάνισαν στατιστικά σημαντική διαφορά, ήταν όλοι μεγαλύτεροι στην πειραματική ομάδα. Από τις τιμές τους παρατηρήθηκε ότι στην ομάδα ελέγχου, οι μαθητές βίωσαν τον παράγοντα *Σαφείς στόχοι* οριακά πάνω από το όριο του *Ούτε συμφωνώ-ούτε διαφωνώ* και έφτασαν περισσότερο κοντά στο *Συμφωνώ* για τον παράγοντα *Αυτοτελής εμπειρία*. Από την άλλη, οι μαθητές της πειραματικής ομάδας, βρέθηκαν οριακά πάνω από το όριο του *Ούτε συμφωνώ-ούτε διαφωνώ* στον παράγοντα *Αλλοιωμένη αίσθηση του χρόνου*, σχεδόν στο *Συμφωνώ* για τον παράγοντα *Αυτοτελής εμπειρία* και γύρω στο μέσο, μεταξύ ουδετερότητας και συμφωνίας, στους υπόλοιπους τρεις παράγοντες.

Συνοψίζοντας, μπορούμε να εξάγουμε το συμπέρασμα ότι η εφαρμογή Επαυξημένης Πραγματικότητας βοήθησε περισσότερο τους μαθητές να γνωρίζουν τι έπρεπε να κάνουν και τότε είχαν πετύχει το σκοπό τους, απορροφήθηκαν περισσότερο κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων τους βιώνοντας ισορροπία μεταξύ πρόκλησης και δεξιοτήτων και στο τέλος ένιωσαν ότι άξιζε περισσότερο τον κόπο η προσπάθεια που έκαναν, μένοντας περισσότερο ικανοποιημένοι. Τα ευρήματα αυτά συμφωνούν με μεμονωμένα ευρήματα άλλων ερευνών (Dunleavy, και συν., 2009; Liu & Chu, 2010; Cai, και συν., 2012; Salvador-Herranz, και συν., 2013; Fleck & Simon, 2013; Di Serio, και συν., 2013; Wojciechowski & Cellary, 2013), καθώς δεν υπάρχουν πολλές έρευνες που να ελέγχουν την εμφάνιση Ροής με τον τρόπο που ελέγχθηκε στην παρούσα έρευνα εκτός από την έρευνα των Ibáñez, και συν., (2014) με τα ευρήματα της οποίας συμφωνούν σε μεγάλο βαθμό.

Περιορισμοί της έρευνας

Οι βασικοί περιορισμοί της έρευνας, μπορούν να εντοπιστούν αρχικά τόσο στο μικρό δείγμα της, όσο και στην έλλειψη ικανοποιητικού αριθμού φορητών συσκευών. Σίγουρα θα μπορούσαν να εξαχθούν ασφαλέστερα συμπεράσματα αν η εφαρμογή της γινόταν σε μεγαλύτερο αριθμό μαθητών ή και σχολείων ακόμα, τα οποία θα διέθεταν εξοπλισμό που θα μπορούσαν να καλύψουν τις ανάγκες της, ώστε να αντιστοιχεί μια ψηφιακή συσκευή ανά ένα ή το πολύ ανά δύο μαθητές. Αυτή η επάρκεια σε φορητές συσκευές, θα μπορούσε ενδεχομένως να επιτρέψει στους μαθητές να συγκεντρωθούν περισσότερο σε αυτό που κάνουν, φτάνοντας πιο εύκολα σε ψυχολογική κατάσταση Ροής.

Άλλοι περιορισμοί της έρευνας εντοπίζονται στη χρονική της διάρκεια, στον τρόπο χρήσης των ψηφιακών εφαρμογών και στα εργαλεία συλλογής των ερευνητικών δεδομένων. Σχετικά με τον πρώτο περιορισμό, η εφαρμογή της έρευνας μέσα στην τάξη διήρκεσε συνολικά 4 διδακτικές ώρες, κατά τη διάρκεια των οποίων οι μαθητές χρησιμοποίησαν τις ψηφιακές τους εφαρμογές σε δύο μόνο από τις έξι φάσεις του διδακτικού σεναρίου. Μια πιο μεγάλη χρονικά έρευνα κατά την οποία οι μαθητές θα

μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν πολύ περισσότερο χρόνο τις ψηφιακές εφαρμογές θα μπορούσε να οδηγήσει σε πιο ασφαλή συμπεράσματα. Σχετικά με τον δεύτερο περιορισμό, οι ψηφιακές εφαρμογές χρησιμοποιήθηκαν ως εργαλεία συλλογής πληροφοριών, ενώ δεν χρησιμοποιήθηκαν καθόλου ως εργαλεία πειραματισμού ή και διερεύνησης. Μια άλλη διδακτική προσέγγιση με χρήση ενδεχομένως άλλων εργαλείων ανάπτυξης ή ακόμα και της πλήρους έκδοσης της πλατφόρμας Layaγ που δίνει πολύ περισσότερες δυνατότητες, θα μπορούσε να διερευνήσει και αυτές τις πτυχές της τεχνολογίας της Επαυξημένης Πραγματικότητας. Τέλος, όσον αφορά τον τρίτο περιορισμό, στην έρευνα χρησιμοποιήθηκαν μόνο ερωτηματολόγια και ένα τεστ γνώσεων για τη συλλογή των ερευνητικών δεδομένων. Θα μπορούσαν τα εργαλεία αυτά να συνδυαστούν και με συνεντεύξεις των μαθητών που θα μπορούσαν να δια φωτίσουν καλύτερα διάφορες πτυχές της έρευνας και να εξηγήσουν τις απαντήσεις των μαθητών.

Συμπεράσματα

Ολοκληρώνοντας την έρευνα μπορούμε να πούμε ότι έχει πετύχει τον αρχικό της σκοπό, αφού έδωσε απαντήσεις στα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν.

Συγκεκριμένα, στα τρία πρώτα ερευνητικά ερωτήματα που σχετίζονται με την επίδοση των μαθητών προκύπτει ότι και οι δύο εφαρμογές (Web, Επαυξημένης Πραγματικότητας) που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων μέσα στην τάξη, συνέβαλαν αποτελεσματικά στη βελτίωση της επίδοσης όλων των μαθητών σε όλες τις κατηγορίες γνώσης. Μάλιστα, οι δύο ομάδες εμφανίζουν παρόμοια αποτελέσματα ως προς το ποιες κατηγορίες γνώσης βελτίωσαν περισσότερο. Εμφανίζουν όμως διαφορές ως προς το βαθμό βελτίωσης των επιμέρους κατηγοριών γνώσης αλλά και συνολικά, με εμφανώς καλύτερα αποτελέσματα για την πειραματική ομάδα.

Στα υπόλοιπα δύο ερευνητικά ερωτήματα που αφορούν την εμφάνιση της ψυχολογικής κατάστασης Ροής, οι μαθητές και των δύο ομάδων εμφανίζουν σε μεγάλο βαθμό παρόμοια αποτελέσματα ως προς την κατανομή τους στις τρεις ψυχολογικές καταστάσεις (Ανησυχία, Ανία, Ροή) κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων τους, αφού η Ανησυχία και η Ανία κυριαρχούν. Όμως, ως προς την ένταση και το πλήθος των ατόμων που βιώνουν κάθε επιμέρους ψυχολογική κατάσταση, αλλά και ως προς την ένταση που βιώνουν Ροή, τόσο συνολικά όσο και στους επιμέρους παράγοντες που σχετίζονται μ' αυτήν, καλύτερα αποτελέσματα εμφανίζει και πάλι η πειραματική ομάδα.

Τα παραπάνω αναδεικνύουν δύο διαφορετικές δυνατότητες της Επαυξημένης Πραγματικότητας, οι οποίες μάλιστα εμφανίζονται σε μεγαλύτερο βαθμό απ' ότι στην τεχνολογία Web. Η πρώτη είναι ότι συμβάλει στη βελτίωση της επίδοσης των μαθητών και η δεύτερη, ότι βοηθά τους μαθητές να εμφανίσουν τη ψυχολογική κατάσταση Ροής, που με τη σειρά της συμβάλει κι αυτή στο να βελτιώσουν την επίδοσή τους, αφού είναι απόλυτα συγκεντρωμένοι σε αυτό που κάνουν, σε τέτοιο βαθμό ώστε να χάνουν την αίσθηση του χρόνου και την αυτοσυνείδησή τους, γνωρίζουν πιο ξεκάθαρα ποιοι είναι οι στόχοι που πρέπει να επιτύχουν και συνολικά μένουν περισσότερο ικανοποιημένοι από την εργασία τους.

Αν και τα ευρήματα της έρευνας δεν μπορούν να γενικευτούν, δεν παύουν να αποτελούν ενδείξεις της παιδαγωγικής αξίας της Επαυξημένης Πραγματικότητας, η οποία πρέπει να αξιοποιηθεί μέσα στην τάξη από τους εκπαιδευτικούς όλων των βαθμίδων, ώστε οι μαθητές να μαθαίνουν πιο αποτελεσματικά συμμετέχοντας ενεργά σε ένα πιο ευχάριστο και ενδιαφέρον μάθημα. Μελλοντικές έρευνες που θα ξεπερνούν τους περιορισμούς της παρούσας έρευνας, όπως έχουν περιγραφεί, θα μπορούσαν σίγουρα να αποδείξουν σε μεγαλύτερο βαθμό αν οι ενδείξεις αυτές, τελικά ισχύουν.

Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Η παρούσα εργασία, παρά τους περιορισμούς της, έρχεται να καλύψει ένα κενό που υπάρχει σχετικά με τη διερεύνηση των αποτελεσμάτων εφαρμογής μια διδακτικής παρέμβασης με χρήση Επαυξημένης Πραγματικότητας, στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα.

Σίγουρα μια πιο μεγάλη έρευνα, χρονικά και δειγματοληπτικά, θα μπορούσε να προσφέρει ακόμα περισσότερα. Οι προτάσεις λοιπόν μελλοντικής έρευνας είναι οι εξής:

- διεξαγωγή της έρευνας όχι μόνο στο Γυμνάσιο αλλά και σε άλλες βαθμίδες εκπαίδευσης όπως στο Λύκειο, ακόμα και στις τελευταίες τάξεις του Δημοτικού
- μεγαλύτερο χρονικό διάστημα εφαρμογής της έρευνας και χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας για τη διδασκαλία και άλλων ενοτήτων του προγράμματος σπουδών της Πληροφορικής εκτός από την αναπαράσταση των πληροφοριών
- εφαρμογή της ίδιας έρευνας σε μεγαλύτερο δείγμα μαθητών από διάφορα σχολεία της χώρας μας, ώστε τα αποτελέσματα της να μπορούν να γενικευτούν ευκολότερα
- χρήση της ψηφιακής εφαρμογής και ως εργαλείο πειραματισμού ή διερεύνησης
- αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων όχι μια εβδομάδα μετά, αλλά μετά από τουλάχιστον ένα μήνα ώστε να ελεγχθεί η διατήρηση των γνώσεων σε βάθος χρόνου
- διεξαγωγή της έρευνας σε σχολεία τα οποία είναι εξοικειωμένα με τη χρήση φορητών ψηφιακών συσκευών και διαθέτουν επάρκεια ώστε η εφαρμογή του διδακτικού σεναρίου να γίνει σε ολιγομελές ομάδες μαθητών, ενός ή δύο ατόμων
- διεξαγωγή της ίδιας έρευνας και χρήση όχι μόνο ποσοτικών ερευνητικών εργαλείων αλλά και ποιοτικών όπως της συνέντευξης ή της βιντεοσκόπησης του τρόπου εργασίας και των αντιδράσεων των μαθητών κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων τους
- χρήση της τεχνολογίας Επαυξημένης Πραγματικότητας για τη διδασκαλία και άλλων διδακτικών αντικειμένων κυρίως θετικών επιστημών ώστε τα όποια συμπεράσματα να μην περιορίζονται μόνο στο αντικείμενο της Πληροφορικής

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση

- Ahn, H. S., & Choi, Y. M. (2015). Analysis on the Effects of the Augmented Reality-Based STEAM Program on Education.
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence*, 6(4), 355-385.
- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives: Handbook 1. Cognitive domain*. New York: McKay.
- Bronack, S. C. (2011). The role of immersive media in online education. *Journal of Continuing Higher Education* 59(2), 113-117. doi: 10.1080/07377363.2011.583186
- Cai, S., Chiang, F. K., & Wang, X. (2013). Using the augmented reality 3D technique for a convex imaging experiment in a physics course. *International Journal of Engineering Education*, 29(4), 856-865
- Cai, S., Wang, X., & Chiang, F. K. (2014). A case study of Augmented Reality simulation system application in a chemistry course. *Computers in Human Behavior*, 37, 31-40.
- Cai, S., Wang, X., Gao, M., & Yu, S. (2012). Simulation teaching in 3D augmented reality environment. In *Advanced Applied Informatics (IIAIAI), 2012 IAI International Conference on* (pp. 83-88). IEEE.
- Chen, J. Y., Liu, C. H., & Lu, K. F. (2013). The Application of Augmented Reality Technology on Gear Instructional Module for Indigenous Culture. *Journal of Information Technology and Application in Education*, Vol. 2, Iss. 4
- Cheng, K. H., & Tsai, C. C. (2014). Children and parents' reading of an augmented reality picture book: Analyses of behavioral patterns and cognitive attainment. *Computers & Education*, 72, 302-312.

- Cheng, K. H., & Tsai, C. C. (2014). Children and parents' reading of an augmented reality picture book: Analyses of behavioral patterns and cognitive attainment. *Computers & Education*, 72, 302-312.
- Choi, B., & Baek, Y. (2011). Exploring factors of media characteristic influencing flow in learning through virtual worlds. *Computers & Education*, 57(4), 2382-2394.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Csikszentmihalyi, M. (1975). Beyond boredom and anxiety. *The Jossey-Bass behavioral science series Show all parts in this series*.
- Di Serio, A., Ibáñez, M. B., & Kloos, C. D. (2013). Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. *Computers & Education*, 68, 586-596.
- Dror, I. E. (2008). Technology enhanced learning: The good, the bad, and the ugly. *Pragmatics & Cognition*, 16(2), 215-223.
- Dunleavy, M., & Dede, C. (2014). Augmented reality teaching and learning. In *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 735-745). Springer New York.
- Dunleavy, M., & Dede, C. (2014). Augmented reality teaching and learning. In *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 735-745). Springer New York.
- Dunleavy, M., Dede, C., & Mitchell, R. (2009). Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. *Journal of Science Education and Technology*, 18(1), 7-22.
- Dünser, A., Walker, L., Horner, H., & Bentall, D. (2012). Creating interactive physics education books with augmented reality. In *Proceedings of the 24th Australian Computer-Human Interaction Conference* (pp. 107-114). ACM.
- Enyedy, N., Danish, J. A., Delacruz, G., & Kumar, M. (2012). Learning physics through play in an augmented reality environment. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 7(3), 347-378.
- Faiola, A., Newlon, C., Pfaff, M., & Smyslova, O. (2013). Correlating the effects of flow and telepresence in virtual worlds: Enhancing our understanding of user behavior in game-based learning. *Computers in Human Behavior*, 29(3), 1113-1121.
- Finneran, C. M., & Zhang, P. (2005). Flow in computer-mediated environments: promises and challenges. *Communications of the association for information systems*, 15(1), 4.
- Fleck, S., & Simon, G. (2013). An Augmented Reality Environment for Astronomy Learning in Elementary Grades: An Exploratory Study. In *Proceedings of the 25 ième conference francophone on l'Interaction Homme-Machine* (p. 14). ACM.
- Freitas, R., & Campos, P. (2008). SMART: a SystemeM of Augmented Reality for Teaching 2 nd grade students. In *Proceedings of the 22nd British HCI Group Annual Conference on People and Computers: Culture, Creativity, Interaction-Volume 2* (pp. 27-30). British Computer Society.
- Ibáñez, M. B., Di Serio, A., Villarán, D. & Kloos, C. D. (2014). Experimenting with electromagnetism using augmented reality: Impact on flow student experience and educational effectiveness. *Computers & Education*, 71, 1-13.
- Jackson, S. A., & Csikszentmihalyi, M. (1999). *Flow in sports*. Human Kinetics.
- Jackson, S. A., & Marsh, H. W. (1996). *Development and validation of a scale to measure optimal experience: the Flow State Scale*. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 18, 17-35.
- Juan, C., Toffetti, G., Abad, F., & Cano, J. (2010). Tangible cubes used as the user interface in an augmented reality game for edutainment. In *Advanced Learning Technologies (ICALT), 2010 IEEE 10th International Conference on* (pp. 599-603). IEEE.
- Kamarainen, A. M., Metcalf, S., Grotzer, T., Browne, A., Mazzuca, D., Tutwiler, M. S., & Dede, C. (2013). EcoMOBILE: Integrating augmented reality and probeware with environmental education field trips. *Computers & Education*, 68, 545-556.
- Kerawalla, L., Luckin, R., Seljeflot, S., & Woolard, A. (2006). "Making it real": exploring the potential of augmented reality for teaching primary school science. *Virtual Reality*, 10(3-4), 163-174.
- Klopfer, E., Perry, J., Squire, K., Jan, M. F., & Steinkuehler, C. (2005). Mystery at the museum: a collaborative game for museum education. In *Proceedings of th 2005 conference on Computer support for collaborative learning: learning 2005: the next 10 years!* (pp. 316-320). International Society of the Learning Sciences.
- Kye, B., & Kim, Y. (2008). Investigation of the relationships between media characteristics, presence, flow, and learning effects in augmented reality based learning augmented reality. *International Journal for Education Media and Technology*, 2(1), 4-14.
- Liao, L. F. (2006). A flow theory perspective on learner motivation and behavior in distance education. *Distance Education*, 27(1), 45-62.

- Liarokapis, F., & Anderson, E. F. (2010). Using augmented reality as a medium to assist teaching in higher education.
- Lin, T. J., Duh, H. B. L., Li, N., Wang, H. Y., & Tsai, C. C. (2013). An investigation of learners' collaborative knowledge construction performances and behavior patterns in an augmented reality simulation system. *Computers & Education*, 68, 314-321.
- Liu, T.-Y., & Chu, Y.-L. (2010). Using ubiquitous games in an English listening and speaking course: Impact on learning outcomes and motivation. *Computers & Education*, 55(2), 630-643. doi:10.1016/j.compedu.2010.02.023
- Nischelwitzer, A., Lenz, F. J., Searle, G., & Holzinger, A. (2007). Some aspects of the development of low-cost augmented reality learning environments as examples for future interfaces in technology enhanced learning. In *Universal access in human-computer interaction. Applications and services* (pp. 728-737). Springer Berlin Heidelberg.
- Núñez, M., Quirós, R., Núñez, I., Carda, J. B., & Camahort, E. (2008). Collaborative augmented reality for inorganic chemistry education. In J. L. Mauri, A. Zaharim, A. Kolyshkin, M. Hatziprokopiou, A. Lazakidou, M. Kalogiannakis, ... & N. Bardis (Eds.), *WSEAS International Conference. Proceedings. Mathematics and Computers in Science and Engineering* (No. 5). WSEAS.
- Papastergiou, M. (2009). Digital game-based learning in high school computer science education: Impact on educational effectiveness and student motivation. *Computers & Education*, 52(1), 1-12.
- Pasaréti, O., Hajdú, H., Matuszka, T., Jámbori, A., Molnár, I., & Turcsányi-Szabó, M. (2011). Augmented Reality in education. *INFODIDACT 2011 Informatika Szakmódszertani Konferencia*.
- Pearce, J. M., Ainley, M., & Howard, S. (2005). The ebb and flow of online learning. *Computers in human behavior*, 21(5), 745-771.
- Salvador-Herranz, G., Perez-Lopez, D., Ortega, M., Soto, E., Alcaniz, M., & Contero, M. (2013). Manipulating Virtual Objects with your hands: A case study on applying Desktop Augmented Reality at the Primary School. In *System Sciences (HICSS), 2013 46th Hawaii International Conference on* (pp. 31-39). IEEE.
- Seo, J., Kim, N., & Kim, G. J. (2006). Designing interactions for augmented reality based educational contents. In *Technologies for E-Learning and Digital Entertainment* (pp. 1188-1197). Springer Berlin Heidelberg.
- Shelton, B. E., & Hedley, N. R. (2002). Using augmented reality for teaching earth-sun relationships to undergraduate geography students. In *Augmented Reality Toolkit, The First IEEE International Workshop* (pp. 8-pp). IEEE.
- Shin, N. (2006). Online learner's 'flow' experience: an empirical study. *British Journal of Educational Technology*, 37(5), 705-720.
- Sin, A. K., & Zaman, H. B. (2010). Live Solar System (LSS): Evaluation of an Augmented Reality book-based educational tool. In *Information Technology (ITSim), 2010 International Symposium in* (Vol. 1, pp. 1-6). IEEE.
- Tarng, W., Ou, K., Yu, C., Liou, F., & Liou, H. (2015). Development of a virtual butterfly ecological system based on augmented reality and mobile learning technologies. *Virtual Reality*, 10.1007/s10055-015-0265-5
- Webster, J., Trevino, L. K., & Ryan, L. (1993). The dimensionality and correlates of flow in human-computer interactions. *Computers in Human Behavior*, 9, 411-426.
- Wijers, M., Jonker, V., & Drijvers, P. (2010). MobileMath: exploring mathematics outside the classroom. *ZDM*, 42(7), 789-799.
- Wojciechowski, R., & Cellary, W. (2013). Evaluation of Learners' Attitude Toward Learning in ARIES Augmented Reality Environments. *Computers & Education*, 570-585.
- Yuen, S., Yaoyuneyong, G., & Johnson, E. (2011). Augmented reality: An overview and five directions for AR in education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 4(1), 119-140.

Ελληνόγλωσση

- Oosterhof, A. (2010). *Εκπαιδευτική Αξιολόγηση: Από τη Θεωρία στην Πράξη* (Επιμ. Κ. Κασιμάτη). Αθήνα : Έλλην.
- Γιαλούρη, Ε. (2011). *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες με τη χρήση Προηγμένων Τεχνολογικών Εφαρμογών*. Διδακτορική διατριβή. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Γρηγοράκη, Μ., Πολίτη, Α., Τσολάκος, Π. (2013). Η Εκπαιδευτική Αξιοποίηση των Παιχνιδιών Διάχτου Υπολογισμού. Μια Εφαρμογή στην Ιστορία της Δ' Δημοτικού Κάτω από την Ακρόπολη. Στο *Πρακτικά 5th Conference on Informatics in Education*, 2013

- Δημητρίου, Κ. (2009). *Η Απτή Επαυξημένη Πραγματικότητα στην εκπαίδευση: μελέτη και σχεδίαση εκπαιδευτικής εφαρμογής εκμάθησης ηλεκτρονικών κυκλωμάτων για μαθητές λυκείου*. Διπλωματική Εργασία. Τμήμα Μηχανικών Σχεδίασης Προϊόντων και Συστημάτων, Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- Ρέλλος, Ν. (2006). *Έλεγχος μάθησης, αξιολόγηση μαθητικής επίδοσης*. Αθήνα: Gutenberg.
- Σιαμπανοπούλου, Ε.(2014). «Το Παιχνίδι των Θησαυρών ». Ένα παιχνίδι στο χώρο με τη χρήση τεχνολογιών σε συνδημιουργία με μαθητές προσχολικής ηλικίας. Στο *Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και Επικοινωνιών στη διδακτική πράξη*, Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Εκπαιδευτικού Συνεδρίου Ημαθίας. 419-431, 4-6 Απριλίου 2014, Νάουσα
- Σιντόρης, Χ. (2014). *Εργαλεία σχεδίασης χωρο-εαίσθητων παιχνιδιών για άτυπη μάθηση. Διδακτορική διατριβή*. Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Τεχνολογίας Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Πατρών
- Σοφός, Α. (2011). *Μεθοδολογία Σχεδιασμού για την Αξιοποίηση των νέων Μέσων σε Παιδαγωγικές και Εκπαιδευτικές Δράσεις*. Παιδαγωγικά Ρεύματα στο Αιγαίο, 5, 85-98. <http://www.rhodes.aegean.gr/ptde/revmata/issue5/SOFOS.pdf>