



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικών και Καποδιστριακών
Πανεπιστημίων Αθηνών

— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —

Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΙΓΑΙΟΥ

**ΚΟΙΝΟ ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΠΜΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΣΠΟΥΔΩΝ**

Εκπαιδευτικός Σχεδιασμός Διαδικτυακής (Online) Εκπαίδευσης

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Η διερεύνηση της επίδρασης εφαρμογής Επαυξημένης Πραγματικότητας στη μαθησιακή επίδοση πάνω στο μαθησιακό αντικείμενο της Γεωμετρίας και στην ανάπτυξη των χωρικών δεξιοτήτων των μαθητών/τριών της Δ' Δημοτικού.

Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια: Κριτή Αικατερίνη, Α.Μ.: 7981190220012

Επιβλέπων Καθηγητής:

Κουτρομάνος Γεώργιος, Ι., Αναπληρωτής Καθηγητής,
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, ΕΚΠΑ

Συνεπιβλέποντες:

Κώστας Απόστολος, Επίκουρος Καθηγητής, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Σοφός Αλιβίζος, Καθηγητής, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

ΑΘΗΝΑ

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ, 2024

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, Γεώργιο Κουτρομάνο, για τον πολύτιμο χρόνο που μου διέθεσε και την άμεση ανταπόκρισή του, επιλύοντας όλες μου τις απορίες, παρέχοντάς μου ανατροφοδότηση και καθοδήγηση.

Επιπροσθέτως, ευχαριστώ τους καθηγητές μου κύριο Σοφό Αλιβίζο, Καθηγητή στο ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Αιγαίου και κύριο Κώστα Απόστολο, Επίκουρο Καθηγητή στο ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Αιγαίου, για όλη την καθοδήγηση και την στήριξη καθ' όλη τη διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος.

Οφείλω να ευχαριστήσω και τον καθηγητή Michael Peters από το Πανεπιστήμιο του Γκελφ στον Καναδά, ο οποίος μου χορήγησε το MRT-A test. Το εν λόγω τεστ μετρά το επίπεδο της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης και το αξιοποίησα ως εργαλείο συλλογής δεδομένων στην έρευνά μου.

Επιπλέον, ευχαριστώ τις συναδέλφους που μου έδωσαν τη δυνατότητα και μου παραχώρησαν διδακτικές ώρες, ώστε να πραγματοποιήσω την έρευνά μου στα τμήματά τους. Ένα μεγάλο ευχαριστώ και στους φίλους και συναδέλφους, Αργυρίου Χριστίνα και Κατσαρό Δημήτρη για τις συμβολές και την υποστήριξή τους.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους και την οικογένειά μου για την υπομονή και τη στήριξή τους καθ' όλο το διάστημα συγγραφής της εργασίας.

Περίληψη

Στο πλαίσιο της εξάπλωσης των νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση, η Επαυξημένη Πραγματικότητα (ΕΠ) ήρθε να προσφέρει στους/στις μαθητές/τριες μία ρεαλιστικότερη εμπειρία αλληλεπίδρασης με το εκάστοτε αντικείμενο μελέτης. Η ΕΠ αποτελεί ένα μέσο σύνδεσης του ψηφιακού με τον πραγματικό κόσμο, εναποθέτοντας ψηφιακά αντικείμενα στο φυσικό περιβάλλον και δίνοντας την ευκαιρία θέασης αφηρημένων και δύσκολα οπτικοποιήσιμων εννοιών. Η έρευνα που διεξήχθη επιχείρησε να αναδείξει τα πιθανά οφέλη της χρήσης της ΕΠ στη διδασκαλία του μαθήματος της «Γεωμετρίας» αναφορικά με τη μαθησιακή επίδοση, την εξάσκηση των δεξιοτήτων Χωρικής Οπτικοποίησης, τα κίνητρα, τις στάσεις των μαθητών/τριών απέναντι στο μάθημα της Γεωμετρίας, καθώς και την αποδοχή της τεχνολογίας ΕΠ. Μαθησιακό αντικείμενο αποτέλεσε η ενότητα 52 «Μαθαίνω για τα στερεά σώματα», του Γ' Κεφαλαίου των Μαθηματικών Δ' Δημοτικού, και συγκεκριμένα τα βασικά χαρακτηριστικά των γεωμετρικών στερεών του κύβου, του ορθογωνίου παραλληλεπίπεδου, της τετραγωνικής και της τριγωνικής πυραμίδας. Οι μαθητές/τριες της Δ' τάξης διακρίθηκαν σε ομάδες πειραματισμού και ελέγχου, η πρώτη εκ των οποίων διδάχθηκε το μαθησιακό αντικείμενο με υποστήριξη της τεχνολογίας ΕΠ, ενώ η δεύτερη με παραδοσιακή μέθοδο. Η συλλογή των δεδομένων έγινε μέσα από τεστ και ερωτηματολόγια που χορηγήθηκαν στους/στις μαθητές/τριες πριν και μετά την παρέμβαση. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η παρέμβαση με την ΕΠ οδήγησε σε θετικά μαθησιακά αποτελέσματα, σε θετική στάση και σε υψηλά κίνητρα ως προς την ενασχόληση των μαθητών/τριών της ομάδας πειραματισμού με το μάθημα της Γεωμετρίας. Παρατηρήθηκε μεγαλύτερο ενδιαφέρον και έξαρση της περιέργειας των μαθητών/τριών σε σύγκριση με την παραδοσιακή διδασκαλία. Διαπιστώθηκε πως η τεχνολογία της ΕΠ σύμφωνα με τους/τις μαθητές/τριες είναι διασκεδαστική και αρκετά εύκολη στη χρήση.

Λέξεις- κλειδιά: Επαυξημένη πραγματικότητα, Γεωμετρία, Μαθησιακή Επίδοση, Χωρική Ικανότητα, Χωρικές Δεξιότητες, Χωρική Οπτικοποίηση, Στάσεις, Κίνητρα, Αποδοχή της Τεχνολογίας ΕΠ

Abstract

In the context of the spread of new technologies in education, Augmented Reality (AR) has become an important tool in providing students with a more realistic experience of interacting with the subject matter. AR is a means of connecting the digital with the real world, placing digital objects in the physical environment and giving the opportunity to view abstract and difficult to visualize concepts. This research attempted to highlight the potential benefits of the use of AR in the teaching of Geometry in terms of learning performance, practice of Spatial Visualization skills, motivation, attitudes of students towards the geometry course and acceptance of the AR technology. The object of study was module 52 "Learning about solids" in Chapter 3 of Mathematics in the 4th grade, and in particular the basic characteristics of the geometric solids of the cube, the rectangular parallelepiped, the square pyramid and the triangular pyramid. The 4th grade students were divided into experimental and control groups, the first of which was taught the subject with the support of the AR technology and the second using a traditional method. Data collection came through test and questionnaires that were administered to students before and after the intervention. The results showed that the intervention using the AR technology led to positive learning outcomes, positive attitudes and high motivation towards Geometry for the experimental group. Greater interest and heightened curiosity were observed compared to the traditional teaching method. It was found that, according to students, AR technology is fun and easy to use.

Key-words: Augmented Reality, Geometry, Learning Outcomes, Spatial Ability, Spatial Skills, Spatial Visualization, Attitudes, Motivation, AR technology acceptance.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	2
1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. Προβληματική της έρευνας.....	8
1.1 Χωρική ικανότητα.....	8
1.2 Η Γεωμετρία και η διδασκαλία της στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση	17
1.3 Η σύνδεση της χωρικής ικανότητας με τη Γεωμετρία	21
1.4 Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (ΑΠΣ) στα Μαθηματικά	22
1.5 Οι δυσκολίες των μαθητών/τριών στη Γεωμετρία σε σύνδεση με τη χωρική ικανότητα.....	28
1.6 Μέσα ενίσχυσης των χωρικών δεξιοτήτων.....	33
1.7 Επαυξημένη Πραγματικότητα.....	37
1.7.1 Η χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στη Γεωμετρία	38
1.7.2 Θεωρίες Μάθησης πίσω από την επίδραση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στη μαθησιακή διαδικασία.....	40
1.8 Σκοπός και Στόχοι	42
1.9 Δομή της εργασίας.....	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Ανασκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με την επίδραση των τεχνολογιών Επαυξημένης Πραγματικότητας στη μαθησιακή επίδοση και στην ενίσχυση των χωρικών δεξιοτήτων στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση	46
2.1 Εισαγωγή.....	46
2.2 Εμπειρικές έρευνες	47
2.2.1 Η επίδραση της ΕΠ στη μαθησιακή επίδοση πάνω στο μάθημα της Γεωμετρίας και στην ενίσχυση των χωρικών δεξιοτήτων στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση	47
2.2.2 Η επίδραση της ΕΠ στη μαθησιακή επίδοση πάνω στο μάθημα της Γεωμετρίας στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση.....	54
2.2.3 Η επίδραση της ΕΠ στην ενίσχυση των χωρικών δεξιοτήτων ή/και στη μαθησιακή επίδοση στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση σε άλλα μαθησιακά αντικείμενα	67
2.2.4. Η επίδραση της ΕΠ στην ενίσχυση των χωρικών δεξιοτήτων/ή και στη μαθησιακή επίδοση στην τριτοβάθμια εκπαίδευση	70

2.3 Ομαδοποίηση των αποτελεσμάτων σχετικά με την επίδραση των τεχνολογιών Επαυξημένης Πραγματικότητας στη μαθησιακή επίδοση και στην ενίσχυση των χωρικών δεξιοτήτων στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση	74
2.3.1. Αποτελέσματα της επίδρασης της ΕΠ στη μαθησιακή επίδοση.....	75
2.3.1.1 Αποτελέσματα της επίδρασης της ΕΠ στη μαθησιακή επίδοση στο μάθημα της Γεωμετρίας.....	75
2.3.1.2 Αποτελέσματα της επίδρασης της ΕΠ στη μαθησιακή επίδοση σε άλλα μαθησιακά αντικείμενα	77
2.3.2. Αποτελέσματα της επίδρασης της ΕΠ στην ενίσχυση των χωρικών δεξιοτήτων	78
2.3.2.1 Αποτελέσματα της επίδρασης της ΕΠ στη βελτίωση της δεξιότητας της Χωρικής Οπτικοποίησης.....	80
2.3.2.2 Αποτελέσματα της επίδρασης της ΕΠ στη βελτίωση της δεξιότητας του Χωρικού Προσανατολισμού	80
2.3.2.3 Αποτελέσματα της επίδρασης της ΕΠ στη βελτίωση της δεξιότητας των Χωρικών Σχέσεων	81
2.3.3 Αποτελέσματα της επίδρασης της ΕΠ στις στάσεις και στα κίνητρα των μαθητών/τριών ως προς την ενασχόλησή τους με το εκάστοτε μαθησιακό αντικείμενο	81
2.3.4. Η αποδοχή της τεχνολογίας ΕΠ από τους/τις μαθητές/τριες	83
2.4 Σύνοψη.....	83
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. Μεθοδολογία της έρευνας.....	85
3.1. Εισαγωγή	85
3.2. Μεθοδολογική προσέγγιση	85
3.3. Οι φάσεις της έρευνας	87
3.3.1. Φάση 1: Ανασκόπηση της βιβλιογραφίας	87
3.3.2. Φάση 2: Η παρέμβαση	87
3.3.2.1. Η ομάδα πειραματισμού.....	87
3.3.2.2. Εργαλεία συλλογής δεδομένων	88
3.3.2.3 Πιλοτική έρευνα.....	91
3.3.2.4. Η παρέμβαση στην ομάδα πειραματισμού	92
3.3.2.5. Η εφαρμογή ΕΠ.....	98
3.3.2.6. Η παρέμβαση στην ομάδα ελέγχου	103
3.3.3. Φάση 3: Η ανάλυση των δεδομένων.....	106
3.4 Σύνοψη.....	108

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. Αποτελέσματα της έρευνας	110
4.1. Εισαγωγή	110
4.2. Σύγκριση της μαθησιακής επίδοσης μαθητών/τριών των ομάδων πειραματισμού και ελέγχου	110
4.3. Η σύγκριση του επιπέδου της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης των μαθητών/τριών των ομάδων πειραματισμού και ελέγχου	115
4.4. Σύγκριση των στάσεων των μαθητών/τριών των ομάδων πειραματισμού και ελέγχου απέναντι στο μάθημα της Γεωμετρίας	121
4.5. Σύγκριση των κινήτρων των μαθητών/τριών ως προς την ενασχόληση με το μάθημα της Γεωμετρίας	126
4.6. Διερεύνηση της αποδοχής της τεχνολογίας ΕΠ από τους/τις μαθητές/τριες της ομάδας πειραματισμού	132
4.6.1. Δημογραφικά στοιχεία ερωτηματολογίου	133
4.6.2. Διερεύνηση της επιθυμίας χρήσης εφαρμογών ΕΠ στα σχολικά μαθήματα 134	
4.6.3. Διερεύνηση της στάσης των μαθητών/τριών απέναντι στη χρήση εφαρμογών ΕΠ στα μαθήματα	136
4.6.4. Διερεύνηση της αντιληπτής διασκέδασης των μαθητών/τριών από τη χρήση εφαρμογών ΕΠ	137
4.6.5. Διερεύνηση της αντιληπτής ευκολίας χρήσης της εφαρμογής ΕΠ «Arete Geometry App» από τους/τις μαθητές/τριες	138
4.6.6. Διερεύνηση της αντιληπτής χρησιμότητας της εφαρμογής ΕΠ «Arete Geometry App»	140
4.6.7. Οι απόψεις των μαθητών/τριών αναφορικά με την εφαρμογή ΕΠ «Arete Geometry App»	141
4.7 Σύνοψη	143
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. Συμπεράσματα, περιορισμοί της έρευνας, προτάσεις για μελλοντική έρευνα	145
5.1. Εισαγωγή	145
5.1.2. Σύγκριση της μαθησιακής επίδοσης των μαθητών/τριών της ομάδας πειραματισμού και ελέγχου	145
5.1.3. Η σύγκριση του επιπέδου της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης των μαθητών/τριών των ομάδων πειραματισμού και ελέγχου	146
5.1.4. Η σύγκριση των στάσεων των μαθητών/τριών των ομάδων πειραματισμού και ελέγχου απέναντι στο μάθημα της Γεωμετρίας	148
5.1.5. Η σύγκριση των κινήτρων των μαθητών/τριών των ομάδων πειραματισμού και ελέγχου ως προς την ενασχόλησή τους με το μάθημα της Γεωμετρίας	149

5.1.6. Η διερεύνηση της αποδοχής της τεχνολογίας ΕΠ από τους/τις μαθητές/τριες της ομάδας πειραματισμού.....	150
5.2 Οι εφαρμογές της έρευνας	152
5.3. Περιορισμοί της έρευνας	152
5.4. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	153
Ηλεκτρονικές Πηγές.....	154
Βιβλιογραφία	155
Παράρτημα 1.....	179
Παράρτημα 2.....	181
Παράρτημα 3.....	184
Παράρτημα 4.....	191
Παράρτημα 5.....	196
Παράρτημα 6.....	197

1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. Προβληματική της έρευνας

1.1 Χωρική ικανότητα

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται και αναλύεται η έννοια της χωρικής ικανότητας, ως διακριτός τύπος νοημοσύνης, και οι επί μέρους χωρικές δεξιότητές της, σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία. Γίνεται λόγος για το μάθημα της Γεωμετρίας και για τον τρόπο με τον οποίο διδάσκεται στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Υπογραμμίζεται η άμεση σύνδεσή του με τη χωρική ικανότητα και τονίζονται οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές/τριες απέναντι στην κατανόηση βασικών γεωμετρικών και χωρικών εννοιών. Απαριθμούνται οι ελάχιστοι και διάσπαρτοι στόχοι ενίσχυσης της χωρικής ικανότητας στο δημοτικό, σύμφωνα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα της εκάστοτε τάξης του Δημοτικού στο ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ του 2003. Γίνεται βιβλιογραφική ανασκόπηση διαφόρων μέσων εξάσκησης της χωρικής ικανότητας και εισάγεται η ΕΠ ως ένα μέσο με αποδεδειγμένα οφέλη στη μαθησιακή διαδικασία και κατ' επέκταση στην εξάσκηση και ενίσχυση της χωρικής ικανότητας.

Σύμφωνα τον Gardner (1983) και τη Θεωρία της Πολλαπλής Νοημοσύνης, υπάρχουν εννιά είδη νοημοσύνης. Οι τύποι νοημοσύνης του Gardner είναι οι εξής: νατουραλιστική, μουσική, λογική/μαθηματική, υπαρξιακή, διαπροσωπική, κιναισθητική, γλωσσική, διαπροσωπική και χωροταξική. Στην παρούσα εργασία, αντικείμενο ενδιαφέροντος αποτελεί ο τελευταίος τύπος νοημοσύνης, η χωροταξική. Η χωροταξική νοημοσύνη, ή όπως ονομάζεται διαφορετικά η χωρική σκέψη/ χωρικός συλλογισμός, ορίζεται ως η ικανότητα του ανθρώπου να οπτικοποιεί τον περιβάλλοντα χώρο σε τρεις διαστάσεις και να μπορεί να τον μετασχηματίζει νοητικά (Gardner, 1983; Gardner, 1999).

Η χωρική σκέψη είναι μία διακριτή μορφή σκέψης και από τις πιο σημαντικές δεξιότητες της νόησης. Περιλαμβάνει τις έννοιες του σχήματος, των διαστάσεων, της θέσης, της απόστασης, της κατεύθυνσης, του προσανατολισμού, της πορείας των αντικειμένων και τις σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων. Επιτρέπει στον άνθρωπο την αντίληψη, την οπτικοποίηση των χωρικών εννοιών και τον χειρισμό νοητικών εικόνων. Είναι μία εποικοδομητική ικανότητα και αποτελεί ένα σύνολο από γνωστικές δεξιότητες. Διαθέτει τρία βασικά στοιχεία: την έννοια του χώρου, τα εργαλεία

αναπαράστασης και τις διαδικασίες συλλογισμού. Με τη χωρική σκέψη, οι έννοιες του χώρου αξιοποιούνται με σκοπό την επιτυχή διαχείριση προβλημάτων, την εύρεση απαντήσεων και την έκφραση λύσεων (Gilligan, Hodgkiss, Thomas, & Farran, 2018; National Research Council, 2006; Newcombe & Shipley, 2015).

Η χωρική σκέψη ως όρος μπορεί να συναντηθεί και ως χωρικός συλλογισμός, χωρική αντίληψη, χωρική νοημοσύνη, χωρική γνώση και χωρική ικανότητα. Ωστόσο, η έννοια στο νόημά της δεν φέρει καμία διαφορά γιατί όλοι οι όροι αναφέρονται στο σύνολο των χωρικών δεξιοτήτων που κατέχει το άτομο (Clements & Battista, 1992). Η έννοια η οποία και θα απασχολήσει την παρούσα εργασία είναι εκείνη της χωρικής ικανότητας.

Η χωρική σκέψη είναι ουσιαστική στην καθημερινή ζωή. Χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση και τον χειρισμό της πληροφορίας, για τη μάθηση και την επίλυση προβλημάτων. Στη χωρική σκέψη οφείλεται η κατανόηση αποστάσεων, ο προσανατολισμός στον χώρο, η λήψη οδηγιών κ.α. Επιπλέον, εκτιμάται πως σε τεχνικά και επιστημονικά επαγγέλματα, τα μεγάλα ποσοστά χωρικής ικανότητας είναι απαραίτητα. Παραδείγματα τέτοιων επαγγελμάτων είναι η Μηχανολογία, η Αρχιτεκτονική, τα Μαθηματικά, η Χημεία και η Γεωγραφία. Τα παραπάνω επαγγέλματα ανήκουν στον κλάδο STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics). Οι χωρικές έννοιες συναντώνται και σε διαφορετικούς κλάδους, όπως στη γνωστική ψυχολογία, και τη φιλοσοφία, αλλά έχουν θεωρηθεί ως σημαντικές και στις κοινωνικές και ανθρωπιστικές επιστήμες (Clements & Battista, 1992; Goodchild & Janelle, 2010; Κάβουρας κ.συν., 2016; National Research Council, 2006; Uttal & Cohen, 2012).

Μέσα από τη βιβλιογραφία, παρουσιάζονται διαφορετικοί τρόποι προσδιορισμού της χωρικής σκέψης. Ο πρώτος τρόπος, όπως έγινε λόγος προηγουμένως, είναι πως διακρίνεται σε τρία βασικά στοιχεία: τις έννοιες του χώρου, τα εργαλεία αναπαράστασης και τις διαδικασίες συλλογισμού. Οι έννοιες του χώρου αφορούν την κατανόηση των χωρικών εννοιών, όπως τους διαφορετικούς τρόπους μέτρησης της απόστασης και τη φύση του περιβάλλοντα χώρου (όπως, αν ο χώρος είναι δισδιάστατος ή τρισδιάστατος). Τα εργαλεία απεικόνισης οπτικοποιούν την εκάστοτε χωρική πληροφορία. Χάρη στα εργαλεία αυτά, ο άνθρωπος έχει την ικανότητα να κατανοήσει,

αποθηκεύσει, αναλύσει και επικοινωνήσει τις χωρικές πληροφορίες. Τα εργαλεία απεικόνισης διακρίνονται σε εσωτερικές και εξωτερικές αναπαραστάσεις. Ως εσωτερικές, ονομάζονται οι νοητικές διαδικασίες διαχείρισης νοητικών εικόνων, ενώ ως εξωτερικές, οι τρόποι απεικόνισης δεδομένων, με γραφικό, γλωσσικό ή άλλης μορφής τρόπο. Οι διαδικασίες συλλογισμού, αναφέρονται σε ικανότητες όπως η ικανότητα ερμηνείας, χειρισμού και επεξήγησης δομημένης πληροφορίας. Παραδείγματος χάρη, να μπορεί να σκεφτεί κανείς την πιο σύντομη απόσταση, ή να αποφασίζει στον δρόμο ποια παράκαμψη θ' ακολουθήσει.

Ένας δεύτερος τρόπος αναφέρει πως η χωρική σκέψη διακρίνεται σε τρία διαφορετικά στοιχεία: τη χωρική γνώση (spatial knowledge), τους χωρικούς τρόπους σκέψης και δράσης (spatial ways of thinking and acting) και τις χωρικές ικανότητες (spatial capabilities). Η χωρική γνώση είναι η γνώση χωρικών εννοιών, γενικών και ειδικών, που απαντώνται σε συγκεκριμένους επιστημονικούς κλάδους. Στους γενικούς όρους ως παραδείγματα αναφέρονται η περιστροφή και η συμμετρία και στους ειδικούς, η κλίμακα (η οποία απαντάται στη Γεωγραφία). Το δεύτερο στοιχείο είναι οι χωρικοί τρόποι σκέψης και δράσης. Πρόκειται για την αντίληψη του κατάλληλου τρόπου, τόπου και χρόνου για τη χρήση στρατηγικών χωρικής σκέψης και την κριτική αντιμετώπισή τους ως προς τις δυνατότητες και τις αδυναμίες τους. Το τρίτο στοιχείο είναι οι χωρικές ικανότητες. Είναι δεξιότητες που υποστηριζόμενες από τη χρήση εργαλείων και τεχνολογιών μπορούν να προχωρήσουν στην επίλυση προβλημάτων. Σύμφωνα με το National Research Council (2006), ένας χωρικά εγγράμματος άνθρωπος κατέχει και τα τρία παραπάνω στοιχεία.

Η χωρική ικανότητα αποτέλεσε αντικείμενο μελέτης και διαφωνίας ανάμεσα στους ερευνητές. Ο Mohler (2008), πραγματοποιώντας μία ιστορική αναδρομή, διακρίνει τις έρευνες για τη χωρική ικανότητα σε τέσσερις χρονικές περιόδους. Στην πρώτη περίοδο, από το 1880 έως το 1940, οι έρευνες ορίζουν τη χωρική ικανότητα ως μία διακριτή ικανότητα της γενικής νοημοσύνης. Στη δεύτερη περίοδο, 1940-1960, παρατηρείται διερεύνηση των διακριτών παραγόντων που απαρτίζουν τη χωρική ικανότητα και οι έρευνες εστιάζουν στα τεστ μέτρησής της. Οι ερευνητές καταλήγουν πως η χωρική ικανότητα δεν είναι μονοδιάστατη και πως υπάρχουν διακριτές χωρικές ικανότητες. Κατά τη τρίτη χρονική περίοδο, από το 1960 έως το 1980, παρουσιάζονται

αποκλίνουσες προσεγγίσεις της έρευνας της χωρικής ικανότητας, όπως οι Ψυχομετρικές, Μοντέρνες Ψυχομετρικές, Αναπτυξιακές, Διαφορικές και οι έρευνες Επεξεργασίας της Πληροφορίας. Στην τέταρτη και τελευταία περίοδο, από το 1980 έως και σήμερα, οι έρευνες εστιάζουν στην επίδραση της τεχνολογίας στη μέτρηση, εξέταση και βελτίωση της χωρικής ικανότητας. Δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην κατανόηση της χωρικής ικανότητας μέσα από την επεξεργασία πληροφοριών.

Οι ερευνητικές προσεγγίσεις, όπως αναφέρονται στην τρίτη χρονική περίοδο ονοματικά, αποτελούν ξεχωριστές συνεισφορές στο πεδίο μελέτης της χωρικής ικανότητας. Συγκεκριμένα, στις Ψυχομετρικές προσεγγίσεις, υπάρχει διαφωνία ανάμεσα στους ερευνητές ως προς τη διάκριση ή μη της χωρικής από τη γενική νοημοσύνη και την αναγνώρισή της ως διακριτή νοημοσύνη. Πολλοί ερευνητές στην Βρετανία, όπως ο Spearman (1927), ο Burt (1949) και ο Vernon (1950) έκριναν πως η νοημοσύνη είναι μονοδιάστατη. Αντίθετα, στις Ηνωμένες Πολιτείες, ερευνητές όπως ο Thurstone (1950), Cattell (1971) και Guilford (1967) υποστήριξαν πως είναι πολυπαραγοντική (Mohler, 2008). Στις Μοντέρνες Ψυχομετρικές προσεγγίσεις γίνεται αναφορά σε επιπλέον σημαντικούς παράγοντες χωρικής ικανότητας, όπως την «dynamic spatial ability» που προτάθηκε από τους Pellegrino και Hunt (1991, όπ. ανάφ. στο D' Oliveira, 2004) και που σύμφωνα με τη D' Oliveira (2004) είναι η «ικανότητα διαχείρισης κινούμενων στοιχείων και σχετικής κίνησης». Στις Αναπτυξιακές έρευνες μελετάται πότε και πώς αναπτύσσεται η χωρική ικανότητα με βάση τα αναπτυξιακά στάδια του ανθρώπου, με χαρακτηριστική την έρευνα του Piaget και Inhelder (1971), για τις τρεις φάσεις ανάπτυξης της χωρικής ικανότητας στα παιδιά. Οι Διαφορικές έρευνες παρουσιάζουν τις διαφορές στις χωρικές επιδόσεις με βάση το φύλο. Καταλήγουν συχνά στην υπεροχή του αντρικού φύλου σε χωρικές δεξιότητες. Τέλος, στις έρευνες Επεξεργασίας της Πληροφορίας εξετάζεται ο ρυθμός επεξεργασίας της πληροφορίας από το νοητικό σύστημα του ανθρώπου από τη στιγμή της λήψης του μέχρι την ανταπόκρισή του.

Όπως γίνεται αντιληπτό μέσα από τη διάκριση των ερευνών ανά χρονική περίοδο και από τις κύριες ερευνητικές προσεγγίσεις, οι απόψεις των ερευνητών διαφέρουν τόσο ως προς τον ορισμό της χωρικής ικανότητας, όσο και στον καθορισμό του αριθμού των χωρικών παραγόντων/ δεξιοτήτων, την ονομασία τους και τα τεστ

μέτρησής τους. Υπάρχουν έρευνες που υποστηρίζουν πως η χωρική ικανότητα είναι μία ενιαία δομή, και δεν μπορεί να γίνει διαχωρισμός των χωρικών παραγόντων (Burton & Fogarty, 2003; Colom, Contreras, Botella, & Santacreu, 2002; D' Oliveira, 2004). Άλλες έρευνες, για τις οποίες γίνεται λόγος στη συνέχεια, διακρίνουν τη χωρική ικανότητα σε επιμέρους δεξιότητες. Πάνω σ' αυτήν την προσέγγιση στηρίζεται η διπλωματική εργασία.

Ακολουθώντας την εν λόγω προσέγγιση, θα γίνει αναφορά σε ερευνητές που διερεύνησαν το αντικείμενο της χωρικής ικανότητας, στον ορισμό που της έδωσαν και στους χωρικούς παράγοντες/δεξιότητες που, σύμφωνα με τον εκάστοτε ερευνητή, την απαρτίζουν.

Καθοριστική μελέτη για τη διερεύνηση διαφορετικών παραγόντων που διαμορφώνουν τη χωρική ικανότητα ήταν η μελέτη των Primary Mental Abilities (Βασικές Ικανότητες Νόησης) του Thurstone (1938). Σύμφωνα με τη θεωρία του, η νοημοσύνη απαρτίζεται από μία σειρά βασικών ικανοτήτων νόησης και στη μελέτη του έγινε μέτρηση πολλών παραγόντων. Ένας εκ των παραγόντων που εντοπίστηκαν ήταν ο Χώρος (Space) με τον ρόλο της ικανότητας χωρικής και οπτικής απεικόνισης. Συγκεκριμένο παράγοντα χωρικής ικανότητας ανάμεσα σε άλλους παράγοντες νοημοσύνης εντόπισαν και οι Holzinger and Harman (1938), Spearman (1939) και Eysenck (1939), όπως αναφέρεται από τους Poltrock and Brown (1984).

Μερικά χρόνια μετά, οι Guildford and Lacey (1947) πραγματοποίησαν μία μελέτη λόγω της ανάγκης που υπήρχε κατά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο για την εύρεση ενός τεστ γρήγορης αναγνώρισης των ικανοτήτων του προσωπικού του στρατού για την ορθότερη κατάταξή τους. Μέσα από την έρευνά τους εντόπισαν δύο βασικές χωρικές δεξιότητες. Τη Χωρική Οπτικοποίηση (Spatial Visualization) και τις Χωρικές Σχέσεις (Spatial Relations). Αναφέρουν πως η δεξιότητα της Χωρικής Οπτικοποίησης αφορά τον χειρισμό νοερών συμβόλων. Περιλαμβάνει τον απλό μετασχηματισμό ενός αντιληπτού ή νοερού μοτίβου. Η δεύτερη δεξιότητα, η δεξιότητα των Χωρικών Σχέσεων αφορά την ικανότητα της ενσωμάτωσης διαφορετικών ενεργειών με ταχύτητα και ακρίβεια.

Αργότερα, ο McGee (1979), εντοπίζει στη μελέτη του για τη χωρική αντίληψη δύο δεξιότητες. Την πρώτη την ονομάζει Χωρικό Προσανατολισμό (Spatial

Orientation), σύμφωνα με τον οποίο ο άνθρωπος έχει την ικανότητα της νοερής απεικόνισης μίας εικόνας/ενός αντικειμένου, που προκύπτει από την οπτική γωνία θέασής του. Η δεύτερη αναφέρεται ως Χωρική Οπτικοποίηση και την ορίζει ως «την ικανότητα του ανθρώπου να περιστρέφει, να τυλίγει και να χειρίζεται δισδιάστατα και τρισδιάστατα αντικείμενα νοερά». Το ίδιο έτος, ο Lohman (1979), δίνει τη δική του σκέψη για τη χωρική ικανότητα. Υπογραμμίζει πως πρόκειται για την «ικανότητα του ανθρώπου να δημιουργεί, να διατηρεί και να χειρίζεται νοερές χωρικές εικόνες» (Clements, 1971). Ο Lohman εντοπίζει τρία στοιχεία που απαρτίζουν τη χωρική ικανότητα. Αναφέρει τη Χωρική Οπτικοποίηση, την οποία δεν προσδιορίζει αλλά υπογραμμίζει πως περιλαμβάνει σύνθετα χωρικά έργα και τον Χωρικό Προσανατολισμό, ως την ικανότητα του ανθρώπου να μπορεί να φανταστεί ένα σχήμα από διαφορετικές προοπτικές. Το τρίτο στοιχείο για το οποίο κάνει λόγο είναι οι Χωρικές Σχέσεις το οποίο και ορίζει ως ικανότητα της νοερής περιστροφής μίας εικόνας με ταχύτητα και ακρίβεια (Poltrock & Brown, 1984).

Ακολουθούν ο Gardner (1983) με τη Θεωρία της Πολλαπλής Νοημοσύνης που αναγνωρίζει τη χωροταξική νοημοσύνη ως διακριτή μορφή νοημοσύνης και οι Eliot and Smith (1983) που ορίζουν τη χωρική ικανότητα ως «την αντίληψη και τη διατήρηση των οπτικών μορφών και το νοητικό χειρισμό και την ανακατασκευή οπτικών σχημάτων». Οι Poltrock and Brown (1984), την αναφέρουν ως την ικανότητα του ανθρώπου να κατασκευάζει, να μετασχηματίζει και να ερμηνεύει νοητικές εικόνες, ενώ σύμφωνα με τον Lord (1985), «Η χωρική αντίληψη (visuo-spatial aptitude) είναι η ικανότητα του ανθρώπου να σχηματίζει και να χειρίζεται στο μυαλό του μία νοητική εικόνα».

Οι Pellegrino, Alderton and Shute (1984) ξεχώρισαν τις Χωρικές Σχέσεις και τη Χωρική Οπτικοποίηση ως τις βασικές δεξιότητες της χωρικής ικανότητας. Αν και ο ορισμός των δεξιοτήτων που έδωσαν δεν διαφέρει από προηγούμενων ερευνητών, έκαναν σαφή διάκριση των διαφορών τους· την ταχύτητα και την πολυπλοκότητα. Η ταχύτητα είναι σημαντική στη δεξιότητα των Χωρικών Σχέσεων, για την επίλυση των έργων που ανατίθενται στα υποκείμενα. Αντίθετα, στη Χωρική Οπτικοποίηση δεν απαιτείται η ταχύτητα. Είναι, όμως, μεγαλύτερη η πολυπλοκότητα των νοητικών

διεργασιών που είναι απαραίτητες για την ολοκλήρωση ενός έργου, σε σχέση με τις Χωρικές Σχέσεις, όπου η συνθετότητα των έργων ποικίλλει.

Οι Linn and Petersen (1985), κάνουν λόγο για τη χωρική ως την ικανότητα «απεικόνισης, μετασχηματισμού, δημιουργίας και ανάκλησης συμβολικής, μη λεκτικής πληροφορίας». Αναφέρουν πως η χωρική αποτελεί βασικό στοιχείο στην διανοητική ικανότητα και πως δεν υπάρχει συμφωνία σε σχέση με τις παραμέτρους που την απαρτίζουν. Παρατηρούν ωστόσο πως διαθέτει πολλαπλές. Ύστερα από μετα-ανάλυση μελετών που πραγματοποιήθηκαν από το 1974 έως το 1982, προτείνουν τρεις κατηγορίες χωρικής ικανότητας: α) Αντίληψη του χώρου (Spatial Perception): Η ικανότητα του ατόμου να καθορίζει τις χωρικές σχέσεις με βάση τον προσανατολισμό του σώματός του και ανεξάρτητα από τις πληροφορίες που διασπούν την προσοχή. β) Νοητική Περιστροφή (Mental Rotation): Η ικανότητα της νοερής περιστροφής δισδιάστατων και τρισδιάστατων σχημάτων με ταχύτητα και ακρίβεια. γ) Χωρική Οπτικοποίηση: Αναφέρεται στα έργα χωρικής ικανότητας που απαιτούν πολύπλοκους και πολλαπλών βημάτων χειρισμούς χωρικών πληροφοριών.

Ο Carroll (1993) υποστηρίζει πως οι χωρικές δεξιότητες αφορούν «την αναζήτηση του οπτικού πεδίου, την κατανόηση μορφών, σχημάτων, την αντίληψη της θέσης των αντικειμένων, τη νοερή αναπαράστασή τους και τον νοερό χειρισμό των αναπαραστάσεων». Παρουσίασε πέντε διακριτούς χωρικούς παράγοντες: τη Χωρική Οπτικοποίηση, την Ταχεία Περιστροφή (Speeded Rotation), την Ταχύτητα Κλεισίματος (Closure Speed), την Ευελιξία Κλεισίματος (Flexibility of Closure), και τέλος την Αντιληπτική Ταχύτητα (Perceptual Speed). Στη συνέχεια, Maier (1996) παρουσίασε επίσης τις εξής πέντε χωρικές δεξιότητες: Αντίληψη του Χώρου, Οπτικοποίηση, Νοερή Περιστροφή, Χωρικές Σχέσεις και Χωρικό Προσανατολισμό. Ο Kimura (1999) κάνει λόγο για έξι χωρικές δεξιότητες της χωρικής σκέψης, οι οποίες χαίρουν ευρείας αποδοχής από τους ερευνητές της χωρικής ικανότητας. Οι δεξιότητες αυτές είναι: ο Χωρικός Προσανατολισμός, η Μνήμη Χωρικής Θέσης (Spatial Location Memory), η Στόχευση (Targeting), η Χωρική Οπτικοποίηση, η Από-πλαισίωση (Disembedding), και η Αντίληψη του Χώρου.

Σε πιο πρόσφατη έρευνα, όπως εκείνη του D'Oliveira (2004), προκύπτουν τρεις παράγοντες της χωρικής ικανότητας: η Οπτικοποίηση, οι Χωρικές Σχέσεις και η

Δυναμική Χωρική Ικανότητα (Dynamic Spatial Ability). Η McNulty (2007) εντοπίζει δέκα χωρικούς παράγοντες: τη Χωρική Οπτικοποίηση, τον Χωρικό Προσανατολισμό, την Ευελιξία Κλεισίματος, την Ταχεία Περιστροφή, τη Χωρική Σάρωση (Spatial Scanning), την Αντιληπτική Ταχύτητα, την Τμηματική Αντιληπτική Ολοκλήρωση (Serial Integration), την Ταχύτητα Κλεισίματος, την Οπτική Μνήμη (Visual Memory) και την Κιναισθητική (Kinesthetic). Η μετα-ανάλυση των Uttal et al. (2009), προτείνει 5 κατηγορίες χωρικών δεξιοτήτων: Από-πλαισίωση, Χωρική Οπτικοποίηση, Νοερή Περιστροφή, Αντίληψη του Χώρου και Προοπτική (Perspective Taking).

Από κάποιους ερευνητές προτείνονται και διαφορετικές μορφές διάκρισης των χωρικών αναπαραστάσεων. Ερευνητές όπως ο Guay and McDaniel (1977), πραγματοποίησαν διάκριση της χωρικής ικανότητας σε χαμηλού επιπέδου και υψηλού επιπέδου. Οι χαμηλού επιπέδου είναι η οπτικοποίηση μορφών σε δύο διαστάσεις χωρίς νοητικό χειρισμό. Οι υψηλού επιπέδου χωρικές ικανότητες είναι η οπτικοποίηση μορφών-εικόνων σε τρεις διαστάσεις και ο νοητικός χειρισμός τους (Bishop, 1980).

Μία διαφορετική διάκριση των χωρικών αναπαραστάσεων προτείνει τον διαχωρισμό τους σε Εγγενείς και Εξωγενείς. Στις Εγγενείς ιδιότητες ενός αντικειμένου ανήκουν η διάταξη των επιμέρους μερών του, ο προσανατολισμός, το χρώμα και το μέγεθος του, οι μετασχηματίσεις του, όπως η κάμψη, η περιστροφή, η κλίμακα και η θέαση των αντικειμένων σε δύο και τρεις διαστάσεις. Οι Εξωγενείς ιδιότητες αναφέρονται στο αντικείμενο με ένα εξωτερικό σημείο αναφοράς. Γίνεται, δηλαδή, λόγος για τις σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων μίας ομάδας, σχετικών μεταξύ τους ή στο σύνολο. Παρουσιάζεται, επίσης, η διάκριση ανάμεσα σε Στατικές και Δυναμικές Δεξιότητες, όπου στις Στατικές δεν υπάρχει κίνηση της μορφής ενώ στις Δυναμικές τα αντικείμενα μπορούν να μετακινηθούν ή να τα μετακινήσουν. Με βάση τις παραπάνω διακρίσεις παρουσιάζονται τέσσερις μεγάλες κατηγορίες χωρικών δεξιοτήτων: α) Εγγενείς- Στατικές: Αναφέρονται στα χωρικά χαρακτηριστικά ενός αντικειμένου, όπως το μέγεθος τους και τη διάταξη των τμημάτων τους. β) Εγγενείς- Δυναμικές: Αφορούν τον μετασχηματισμό των χωρικών κωδικοποιήσεων των αντικειμένων. Σ' αυτές περιλαμβάνονται η περιστροφή, η διατομή, η αναδίπλωση και οι πλαστικές παραμορφώσεις. γ) Εξωγενείς- Στατικές: Η κωδικοποίηση της χωρικής θέσης των αντικειμένων σε σχέση με άλλα αντικείμενα ή με ένα πλαίσιο αναφοράς. δ) Εξωγενείς-

Δυναμικές: Αναφέρονται στον μετασχηματισμό των αλληλεπιδράσεων των αντικειμένων όταν ένα ή περισσότερα από αυτά βρίσκονται σε κίνηση, μαζί με τον παρατηρητή (Chatterjee, 2008; Newcombe & Shipley, 2015; Uttal et al., 2013).

Μέσα από την παράθεση των προσεγγίσεων των ερευνητών για τον ορισμό της χωρικής ικανότητας, καθώς και των αντικρουόμενων απόψεών τους για τον αριθμό και ονομασία των επιμέρους δεξιοτήτων της, γίνεται εξαγωγή συμπερασμάτων. Ως χωρική ικανότητα εκλαμβάνεται η ικανότητα του ανθρώπου για νοερή απεικόνιση και χειρισμό μίας μορφής ή ενός αντικειμένου. Επιπροσθέτως, συμφωνείται πως πρόκειται για μία έννοια πολυπαραγοντική, και ορισμένες δεξιότητες που προβάλλονται από τους ερευνητές είναι κοινές στην πλειοψηφία των προσεγγίσεων. Συγκεκριμένα, η Χωρική Οπτικοποίηση και ο Χωρικός Προσανατολισμός ξεχωρίζουν και εμπεριέχονται στις προσεγγίσεις της πλειονότητας των ερευνητών, και στη συνέχεια ακολουθούν οι Χωρικές Σχέσεις. Η Χωρική Οπτικοποίηση είναι κοινή σε όλους τους ερευνητές. Τα παραπάνω συμπεράσματα φαίνεται πως υπογραμμίζονται και από τους McNulty (2007) και Poltrock and Brown (1984), επιβεβαιώνοντας τα πορίσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης.

Σ' αυτό το σημείο κρίνεται χρήσιμη μία αναφορά στη Χωρική Οπτικοποίηση, Χωρικό Προσανατολισμό και τις Χωρικές Σχέσεις, ως κύριες χωρικές δεξιότητες της χωρικής ικανότητας. Σύμφωνα με τους Sorby, Leopold, and Gorska (1999, as cited in Tucker, 2018) η Χωρική Οπτικοποίηση γίνεται αντικείμενο ενδιαφέροντος από το πρώτο τέταρτο του 20^{ου} αιώνα στην έρευνα της γνωσιακής ψυχολογίας, αλλά δεν υπάρχει ομοφωνία στον ορισμό της. Η Χωρική Οπτικοποίηση, όπως ορίζεται από τον McGee (1979) είναι «η ικανότητα του ανθρώπου να περιστρέφει, να τυλίγει και να χειρίζεται δισδιάστατα και τρισδιάστατα αντικείμενα νοερά». Οι Lohman (1979, as cited in Poltrock & Brown, 1984) και Linn and Petersen (1985), υπογραμμίζουν πως είναι μία δεξιότητα που απαιτεί σύνθετα και πολλαπλά έργα για τον χειρισμό των χωρικών πληροφοριών. Ο Maier (1996) την περιγράφει ως ικανότητα της οπτικοποίησης ενός αντικειμένου του οποίου τα μέρη κινούνται ή μετατοπίζονται πάνω στο αντικείμενο. Προσθέτει πως πρόκειται για μία δυναμική δεξιότητα, καθώς απαιτεί την κίνηση και αλλαγή των χωρικών σχέσεων των αντικειμένων. Κοινό τόπο σε όλες τις προσεγγίσεις σε ό,τι αφορά τη Χωρική Οπτικοποίηση αποτελούν οι ικανότητες της

περιστροφής και αναδίπλωσης των αντικειμένων, αλλαγής θέσεως των μερών τους και χειρισμού δισδιάστατων και τρισδιάστατων αντικειμένων.

Ο Χωρικός Προσανατολισμός είναι η δεξιότητα του ατόμου να διατηρεί τον χωρικό του προσανατολισμό σε σχέση με το σώμα του (McNulty, 2007). Ο Maier (1996) δηλώνει πως πρόκειται για την ικανότητα προσανατολισμού στον χώρο είτε σωματικά είτε νοερά. Διαφορετικά, αναφέρεται και ως η ικανότητα της νοερής οπτικοποίησης ενός αντικειμένου από διαφορετικές οπτικές γωνίες (Lohman; 1979; McGee, 1979). Πρόκειται για μία δυναμική διαδικασία λόγω των νοητικών διεργασιών που απαιτεί.

Τέλος, οι Χωρικές Σχέσεις αποτελούν τη δεξιότητα νοερής περιστροφής μίας εικόνας με ταχύτητα και ακρίβεια, σύμφωνα με τον Lohman (1979, as cited in Poltrock & Brown, 1984) και τους Guilford and Lacey (1947). Σύμφωνα με τους Pellegrino et al. (1984), η ταχύτητα που απαιτείται και η υλοποίηση λιγότερο σύνθετων εργασιών είναι τα στοιχεία που τη διακρίνουν από τη Χωρική Οπτικοποίηση. Αποτελεί μία δυναμική διαδικασία.

1.2 Η Γεωμετρία και η διδασκαλία της στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση

Η Γεωμετρία είναι ένας κλάδος των Μαθηματικών. Ασχολείται με τις χωρικές σχέσεις των αντικειμένων που συνθέτουν το φυσικό περιβάλλον και τις διακριτές τους ιδιότητες, όπως είναι το σχήμα, οι διαστάσεις και η σχετική τους θέση. Είναι ένα αντικείμενο που φέρει άμεση σχέση με τον πραγματικό κόσμο, όπως γίνεται κατανοητός μέσω της εμπειρίας και της οπτικο-χωρικής αντίληψης του ανθρώπου. Επομένως, αποτελεί μία επιστήμη απαραίτητη για την κατανόηση του φυσικού κόσμου. Σύμφωνα με τον Usiskin (1987, as cited in Clements & Battista, 1992) η Γεωμετρία διαθέτει τέσσερις διαστάσεις: α) την οπτικοποίηση, σχεδίαση και κατασκευή σχημάτων, β) τη μελέτη των χωρικών πτυχών του φυσικού κόσμου, γ) τη χρήση της για την απεικόνιση αφηρημένων μαθηματικών εννοιών και των μεταξύ τους σχέσεων, δ) την αξιοποίηση ως επίσημο μαθηματικό σύστημα (Clements & Battista, 1992; Royal Society, 2001).

Η Γεωμετρία διακρίνεται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: την Ευκλείδεια και τη μη-Ευκλείδεια Γεωμετρία. Η Ευκλείδεια Γεωμετρία είναι ένα μαθηματικό σύστημα που δημιουργήθηκε από τον μαθηματικό Ευκλείδη και παρουσιάστηκε το 300 π.Χ. μέσα από το βιβλίο του «Στοιχεία». Βασίζεται σε μία σειρά αξιωμάτων, δηλαδή μία σειρά από προτάσεις που θεωρούνται αληθείς και αξιοποιούνται για την εξαγωγή συμπερασμάτων και άλλων προτάσεων. Κύρια στοιχεία της Ευκλείδειας Γεωμετρίας αποτελούν τα σημεία, οι γραμμές και οι επιφάνειες. Χωρίζεται στην Επιπεδομετρία και τη Στερεομετρία. Η Επιπεδομετρία είναι η μελέτη των δισδιάστατων σχημάτων, όπως είναι ο κύκλος, το τρίγωνο, το τετράγωνο κ.ά., των ιδιοτήτων τους, των σχέσεων μεταξύ τους και των μετρήσεων τους, όπως του μήκους, των γωνιών, της περιμέτρου και του εμβαδόν. Η Στερεομετρία ασχολείται με τη μελέτη των τρισδιάστατων σχημάτων, όπως είναι η σφαίρα, ο κώνος, η πυραμίδα κ.ά., των ιδιοτήτων τους και των μετρήσεων του εμβαδόν, του όγκου και των γωνιών (Dodge, 1972; Thangarajah, 2022).

Η μη-Ευκλείδεια Γεωμετρία αποτελείται από δύο είδη Γεωμετρίας, την Υπερβολική και την Ελλειπτική. Τα δύο αυτά είδη διακρίνονται από την Ευκλείδεια Γεωμετρία ως προς τα αξιώματα που προτείνονται από τον Ευκλείδη. Η Υπερβολική Γεωμετρία προέρχεται από τον Ρώσο μαθηματικό Λομπατσέφσκι και διαφέρει από την Ευκλείδεια Γεωμετρία ως προς το αξίωμα των παράλληλων ευθειών. Η Ευκλείδεια Γεωμετρία πρεσβεύει πως από ένα σημείο διέρχεται μία και μόνο ευθεία, η οποία είναι παράλληλη σε μία ευθεία, έξω από το σημείο. Στην Υπερβολική Γεωμετρία, από ένα σημείο μπορούν να διέρχονται πολλές γραμμές που είναι παράλληλες σε ευθεία εξωτερική του σημείου. Χαρακτηριστικό της Υπερβολικής Γεωμετρίας είναι πως το άθροισμα των γωνιών ενός τριγώνου είναι λιγότερο από 180 μοίρες. Η Ελλειπτική Γεωμετρία έρχεται από τον Γερμανό μαθηματικό Ρίμαν και πρεσβεύει πως δεν υπάρχουν παράλληλες ευθείες, σε αντίθεση με την Ευκλείδεια Γεωμετρία. Αντίθετα, οι ευθείες που φαίνονται παράλληλες καταλήγουν να καμπυλώνουν και να τέμνονται. Χαρακτηριστικό της Ελλειπτικής Γεωμετρίας είναι πως το άθροισμα των γωνιών ενός τριγώνου είναι μεγαλύτερο από 180 μοίρες (Byer, Lazebnik, & Smeltzer, 2010; Kulczycki, 2012).

Η Ευκλείδεια Γεωμετρία είναι η κατηγορία της Γεωμετρίας που απαντάται πιο συχνά ως μαθησιακό αντικείμενο. Στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, αλλά και στο

Γυμνάσιο, εντάσσεται στο μάθημα των Μαθηματικών, ενώ μόνο στο Λύκειο διδάσκεται ως διακριτό μάθημα από την Άλγεβρα. Στο δημοτικό προσεγγίζεται μέσω της μη τυπικής Γεωμετρίας, κατά την οποία δίνεται βάση στην αναγνώριση των βασικών γεωμετρικών σχημάτων και στερεών, στην κατηγοριοποίησή τους με βάση γωνίες και πλευρές, και στις μετρήσεις της περιμέτρου και του εμβαδόν των δισδιάστατων σχημάτων. Στο γυμνάσιο οι μαθητές/τριες έρχονται σε επαφή με τις χωρικές και γεωμετρικές έννοιες σε αφαιρετικό επίπεδο. Στο λύκειο διδάσκεται η τυπική Γεωμετρία, όπου γίνεται εισαγωγή στη διδασκαλία της μαθηματικής λογικής και σύνδεση του χωρικού, γεωμετρικού και οπτικοποιημένου συλλογισμού. Διδάσκονται θεωρήματα, αξιώματα και ορισμοί των γεωμετρικών σχημάτων και στερεών που έχουν μελετηθεί στο δημοτικό. Επιπλέον, διδάσκονται έννοιες γεωμετρικού μετασχηματισμού, όπως είναι η μετάφραση, η αντανάκλαση, η περιστροφή και η διαστολή (Alves et al., 2017; Clements, 2003; NCTM, 2000; Porter, 1989; Van Hiele-Heldof, 1984; ΦΕΚ 508/Β/2-2-2023).

Σ' αυτό το σημείο, είναι σημαντικό να γίνει λόγος για τα στάδια, ευρέως γνωστών ερευνητών, αναφορικά με τη μάθηση και την ανάπτυξη της γεωμετρικής σκέψης. Κατ' αυτόν τον τρόπο γίνονται κατανοητά τα βήματα από τα οποία περνάει ένα παιδί στη μη συνειδητή αλλά και συνειδητή κατάκτηση του γεωμετρικού και χωρικού συλλογισμού. Σύμφωνα με τους Piaget and Inhelder (1956, as cited in Özerem, 2012), υπάρχουν ορισμένα γνωστικά στάδια από τα οποία περνάει κάθε παιδί από τη γέννησή του. Τα στάδια είναι τα εξής 4: Το στάδιο 0 ξεκινάει από τη γέννηση έως την ηλικία των 2, είναι οι μουτζούρες, ακανόνιστα σχέδια που πραγματοποιούν τα παιδιά στην προσπάθειά τους για απεικόνιση αντικειμένων. Από 2 έως 4 ετών, βρίσκεται το στάδιο 1, που ονομάζεται τοπολογικό, στο οποίο το παιδί σχεδιάζει ακανόνιστες κλειστές καμπύλες, για να απεικονίσει γεωμετρικά σχήματα όπως κύκλους, τετράγωνα κ.ά. Το στάδιο 2, που εντοπίζεται στις ηλικίες 4-7, είναι το προβολικό, κατά το οποίο τα ευκλείδεια γεωμετρικά σχήματα σταδιακά διακρίνονται μεταξύ τους. Το τελευταίο στάδιο, το στάδιο 3 ονομάζεται Ευκλείδειο, αφορά την ικανότητα της σχεδίασης ευκλείδειων σχημάτων και εντοπίζεται στις ηλικίες 7-8. Τα στάδια αυτά, ωστόσο, δεν είναι ευρέως αποδεκτά καθώς φαίνεται πως μπορεί να εντοπιστούν σε διαφορετικές ηλικίες από εκείνες που αναφέρονται.

Τη δεκαετία του '50 αναπτύχθηκε και ένα πολύ γνωστό μοντέλο ενίσχυσης της χωρικής ικανότητας. Πρόκειται για το Μοντέλο Ανάπτυξης της Γεωμετρικής Σκέψης Van Hiele, το οποίο δημιουργήθηκε από τους/τις εκπαιδευτικούς Pierre Marie van Hiele και Dina van Hiele-Geldof. Με βάση το μοντέλο αυτό, η γεωμετρική σκέψη χωρίζεται σε πέντε στάδια γεωμετρικής κατανόησης και αποτελεί ένα από τα πλέον γνωστά θεωρητικά μοντέλα που αφορά τα στάδια γεωμετρικής κατανόησης που περνάει κάθε παιδί κατά την εκμάθηση της Γεωμετρίας. Τα στάδια αυτά είναι η Οπτικοποίηση, η Ανάλυση, η Εξαγωγή Άτυπου Συμπεράσματος, η Εξαγωγή Τυπικού (λογικού) Συμπεράσματος και η Ενδελέχεια. Στο στάδιο 1-την Οπτικοποίηση, τα παιδιά αναγνωρίζουν και ονοματίζουν ορισμένα γεωμετρικά σχήματα χωρίς να έχουν επίγνωση των ιδιοτήτων τους. Στο στάδιο 2- την Ανάλυση, διακρίνουν τα σχήματα με βάση τις ιδιότητές τους, ωστόσο δεν είναι σε θέση να δουν τις σχέσεις μεταξύ των ιδιοτήτων και τις κρίνουν όλες εξίσου σημαντικές.

Στο στάδιο 3, την Εξαγωγή Άτυπου Συμπεράσματος, τα παιδιά αντιλαμβάνονται τη συσχέτιση των σχημάτων με τις ιδιότητές τους και εξάγουν ορισμούς, για να αιτιολογήσουν τη συλλογιστική τους. Στο στάδιο 4- την Εξαγωγή Τυπικού (λογικού) Συμπεράσματος, οι μαθητές/τριες είναι σε θέση να παραθέσουν γεωμετρικές αποδείξεις, να αντιλαμβάνονται τον ρόλο των μαθηματικών αξιωμάτων και των ορισμών και να διαχωρίσουν τις σημαντικές ιδιότητες από τις δευτερεύουσες. Στο τελευταίο στάδιο, το στάδιο 5, την Ενδελέχεια, τα παιδιά κατανοούν την Ευκλείδεια και τις μη- Ευκλείδειες Γεωμετρίες, μπορούν να χρησιμοποιήσουν γεωμετρικές αποδείξεις και έχουν κατανόηση του τρόπου λειτουργίας των μαθηματικών συστημάτων. Οι μαθητές/τριες πρέπει να περάσουν από το ένα στάδιο στο επόμενο, από την ηλικία των 5 ετών έως και την ενηλικίωση. Το μοντέλο Van Hiele έχει αποδειχθεί, μέσα από έρευνες, πιο αποτελεσματικό στη διδασκαλία της χωρικής ικανότητας από την παραδοσιακή διδασκαλία. Οι δραστηριότητες που πραγματοποιούνται σε κάθε στάδιο επιτρέπουν στον/στην μαθητή/τρια να εξασκήσει τις χωρικές του/της δεξιότητες με δημιουργικότητα (Abdullah & Zakaria, 2013; Clements & Battista, 1992; Crowley, 1987; Özerem, 2012; Pujawan, Suryawan, & Prabawati, 2020; Vojkuvkova, 2012).

1.3 Η σύνδεση της χωρικής ικανότητας με τη Γεωμετρία

Η Γεωμετρία συνδέεται με τη χωρική ικανότητα. Στη Γεωμετρία μελετώνται οι χωρικές σχέσεις και οι ιδιότητες των γεωμετρικών σχημάτων και στερεών, ενώ η χωρική ικανότητα αναφέρεται στην ικανότητα νοερής απεικόνισης και χειρισμού των σχημάτων και του χώρου σε τρεις διαστάσεις. Ο συνδυασμός της Γεωμετρίας με τη χωρική ικανότητα μπορεί να οδηγήσει στη βελτίωση των χωρικών δεξιοτήτων.

Κρίνεται πως η χωρική ικανότητα αποτελεί τη βάση για την ανάπτυξη της γεωμετρικής σκέψης, ιδιαίτερα στην πραγματοποίηση γεωμετρικών εργασιών. Εργασίες, όπως ο υπολογισμός του εμβαδόν ενός τρισδιάστατου σχήματος, μπορεί να φανεί δύσκολο έργο. Κατά την παραδοσιακή διδασκαλία, ένα τρισδιάστατο σχήμα παρουσιάζεται, συνήθως, με απεικόνιση δύο διαστάσεων μέσα από τη σχεδιάσή του στον πίνακα της τάξης ή μέσα από την προβολή κάποιας εικόνας. Για την ολοκλήρωση μίας εργασίας τέτοιου τύπου απαιτείται η νοερή οπτικοποίηση των μη θεατών πλευρών του αντικειμένου, κάτι που προϋποθέτει σύνθετες νοητικές διεργασίες από μέρους του/της μαθητή/τριας που συνήθως δεν έχουν αποτελέσει αντικείμενο εξάσκησης και δεν έχουν αναπτυχθεί. Ωστόσο, η εξάσκηση πάνω σε δεξιότητες της χωρικής ικανότητας και συγκεκριμένα στη Χωρική Οπτικοποίηση, μπορεί να επιφέρει θετικά αποτελέσματα και να συμβάλλει σημαντικά στην ολοκλήρωση γεωμετρικών εργασιών. Σ' αυτό το σημείο, υπογραμμίζεται πως η δεξιότητα της Οπτικοποίησης είναι το πρώτο και βασικό βήμα για την μετέπειτα κατανόηση των γεωμετρικών εννοιών και δεξιοτήτων, όπως καταδεικνύεται από τα επίπεδα γεωμετρικής σκέψης Van Hiele.

Επιπλέον, κατά την επίλυση πραγματικών προβλημάτων που προκύπτουν από συνθήκες στον πραγματικό κόσμο, όπως στην περίπτωση κατασκευής έργων (κτιρίων, δρόμων, γεφυρών κ.ά.) η χρήση της Γεωμετρίας είναι απαραίτητη. Ωστόσο, σύμφωνα με τις διεθνείς κατευθυντήριες γραμμές σε ό,τι αφορά τη Γεωμετρία, η λύση πραγματικών προβλημάτων δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί χωρίς την αξιοποίηση της χωρικής σκέψης και συγκεκριμένα της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης. Μάλιστα, αναφέρεται πως ο συνδυασμός της χωρικής σκέψης με τη γεωμετρική μοντελοποίηση φέρει την ικανότητα περιγραφής και ερμηνείας του φυσικού περιβάλλοντος, που κατ' επέκταση συμβάλλει στην επίλυση προβλήματος. Θα ήταν παράλειψη αν δεν υπογραμμίζοταν πως και έννοιες γεωμετρικού μετασχηματισμού, όπως η μετάφραση,

η αντανάκλαση, η περιστροφή και η διαστολή βρίσκονται σε άμεση σχέση με τη χωρική ικανότητα και απαιτούν την παρουσία της.

Αντίστροφα, η χωρική ικανότητα και οι δεξιότητές της μπορούν να ενισχυθούν μέσα από τη μελέτη της Γεωμετρίας. Ιδιαίτερα, με τον κατάλληλο τρόπο διδασκαλίας της Γεωμετρίας καλλιεργούνται δεξιότητες όπως της νοερής απεικόνισης και επεξεργασίας αντικειμένων, χειρισμού τρισδιάστατων και δισδιάστατων σχημάτων, αλλαγής της οπτικής γωνίας θέασης και της χωρικής μνήμης, οι οποίες κατ' επέκταση συμβάλλουν στην κατανόηση των εννοιών γεωμετρικού μετασχηματισμού που προαναφέρθηκαν. Ακόμη, υπογραμμίζεται πως η κατανόηση της δομής και των σχέσεων των μερών των γεωμετρικών σχημάτων και στερεών και η θέασή τους σε τρεις διαστάσεις σχετίζεται με το επίπεδο χωρικής ικανότητας του ατόμου (Bishop, 1980; Clements & Battista, 1992; Frick, 2019; Gutiérrez, 1996; Jones, 2002; Linn & Petersen, 1985; NCTM, 2000; Smith, 1964; Yuliardi & Rosjanuardi, 2021).

Τα παραπάνω καταδεικνύουν την αναγκαιότητα συμπερίληψης έργων εξάσκησης στη χωρική σκέψη κατά τη διδασκαλία του αντικειμένου της Γεωμετρίας. Η Γεωμετρία με τη χωρική ικανότητα είναι δύο έννοιες στενά συνδεδεμένες και λειτουργούν υποστηρικτικά μεταξύ τους. Ο χωρικός εγγραμματισμός των μαθητών/τριών κρίνεται απαραίτητος και βοηθάει τους/τις μαθητές/τριες στην καλύτερη κατανόηση και επίδοσή τους στη Γεωμετρία, αλλά και στους υπόλοιπους κλάδους STEM- Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας, Μηχανολογίας και Μαθηματικών (Sorby, Veurink, & Streiner, 2018; Uttal et al., 2013).

1.4 Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (ΑΠΣ) στα Μαθηματικά

Σ' αυτήν την ενότητα θα γίνει λόγος για το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών του Δημοτικού αναφορικά με το μάθημα των Μαθηματικών, όπως διαμορφώθηκε από το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο στην πρόταση του που φέρει τον τίτλο «Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών και Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών-ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ» (ΦΕΚ 303B/13-03-2003). Στόχος είναι η ανάδειξη των στόχων του ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ πάνω στο αντικείμενο της Γεωμετρίας και ιδιαίτερα εκείνων που οδηγούν στην ενίσχυση της χωρικής ικανότητας.

Με βάση το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών, τα Μαθηματικά στο δημοτικό κινούνται πάνω σε ορισμένους άξονες γνωστικού περιεχομένου, ένας εκ των οποίων είναι και η Γεωμετρία. Οι άξονες αυτοί είναι οι: Επίλυση Προβλημάτων, Αριθμοί και Πράξεις, Μετρήσεις, και Γεωμετρία για τις Α΄, Β΄ και Γ΄ τάξεις και στις τάξεις Δ΄, Ε΄ και ΣΤ΄ προστίθενται σταδιακά και οι άξονες της Συλλογής και Επεξεργασίας δεδομένων, Στατιστικής, Λόγων και αναλογιών και Εξισώσεων. Το σύνολο των διδακτικών ορών ανά σχολικό έτος για το μάθημα των Μαθηματικών ανέρχεται στις 120 ώρες. Στη διδασκαλία του αντικειμένου της Γεωμετρίας, ωστόσο, αφιερώνεται πολύ λιγότερος χρόνος. Ιδιαίτερα, οι διδακτικές ώρες που αφιερώνονται στη Γεωμετρία ανά σχολικό έτος είναι μόλις 8 για την Α΄ Δημοτικού, 12 ώρες για τη Β΄ Δημοτικού, 9 ώρες για τη Γ΄ Δημοτικού, 10 ώρες για τη Δ΄ Δημοτικού, 8 ώρες για την Ε΄ Δημοτικού και 16 ώρες για τη ΣΤ΄ Δημοτικού.

Παράλληλα, ενώ ο διδακτικός χρόνος της Γεωμετρίας είναι πολύ περιορισμένος για μία ολοκληρωμένη προσέγγιση του αντικειμένου, ακόμα μικρότερος φαίνεται να είναι ο χρόνος που αξιοποιείται για τη χωρική γεωμετρία. Παρακάτω παρατίθενται οι διδακτικοί στόχοι και οι δραστηριότητες που προτείνονται από το ΑΠΣ που στοχευμένα αναφέρονται σε βελτίωση χωρικών δεξιοτήτων για τις τάξεις Α΄ έως ΣΤ΄ Δημοτικού, απομονωμένοι από τους υπόλοιπους πάνω στη Γεωμετρία.

Πίνακας 1.1. Διδακτικοί στόχοι ΑΠΣ στα Μαθηματικά για τη χωρική ικανότητα – Α΄ Δημοτικού

Α΄ Δημοτικού	
Διδακτικοί Στόχοι	Ενδεικτικές Δραστηριότητες

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Προσανατολισμός στον χώρο ➤ Να τοποθετούν, να εντοπίζουν και να μετατοπίζουν αντικείμενα σε σχέση με τους ίδιους ή σε σχέση με σταθερά σημεία αναφοράς. ➤ Να παρατηρούν εικόνες και σχήματα συμμετρικά ως προς άξονα. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Περιγραφή μιας διαδρομής σε τετραγωνισμένο χαρτί ή μέσα στο χώρο. 2. Χρησιμοποίηση των όρων: πάνω-κάτω, μπροστά-πίσω, αριστερά-δεξιά. 3. Εύρεση στερεών στο περιβάλλον (κτίρια, αντικείμενα).
---	--

Πίνακας 1.2. Διδακτικοί στόχοι ΑΠΣ στα Μαθηματικά για τη χωρική ικανότητα – Β' Δημοτικού

Β' Δημοτικού	
Διδακτικοί Στόχοι	Ενδεικτικές Δραστηριότητες
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Να αναγνωρίζουν και να ορίζουν σημεία, να σχεδιάζουν ευθύγραμμα τμήματα και ευθείες σε λευκό και τετραγωνισμένο χαρτί. ➤ Να παρατηρούν αν ένα σχήμα έχει άξονα συμμετρίας. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Προσδιορισμός κόμβων και τετραγώνων στο καρτεσιανό επίπεδο (τετραγωνισμένο χαρτί, σταυρόλεξο, χάρτες). 2. Περιγραφή μιας διαδρομής μέσα στο χώρο ή σε τετραγωνισμένο χαρτί. 3. Διπλώνοντας το χαρτί να ελέγχουν και να συμπληρώνουν τη συμμετρία.

Πίνακας 1.3. Διδακτικοί στόχοι ΑΠΣ στα Μαθηματικά για τη χωρική ικανότητα – Γ' Δημοτικού

Γ' Δημοτικού	
Διδακτικοί Στόχοι	Ενδεικτικές Δραστηριότητες

<p>➤ Να αναπαράγουν τα αναπτύγματα του κύβου, του ορθογώνιου παραλληλεπίπεδου, της τετραγωνικής πυραμίδας.</p> <p>➤ Να κατασκευάζουν το συμμετρικό ενός επίπεδου σχήματος ως προς άξονα συμμετρίας.</p> <p>➤ Να κατασκευάζουν το συμμετρικό ενός επίπεδου σχήματος ως προς άξονα συμμετρίας.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Αναγνώριση σχημάτων μέσα σε ένα σύνθετο σχήμα και καταμέτρηση του αριθμού τους στο σύνθετο σχήμα. 2. Σχετικά με την αξονική συμμετρία οι μαθητές/τριες χρησιμοποιούν τη δίπλωση, για να κατασκευάζουν το συμμετρικό ενός επίπεδου σχήματος ως προς άξονα συμμετρίας. Επίσης, αναγνωρίζουν άξονες συμμετρίας ενός επίπεδου σχήματος και με τη βοήθεια πλαστικού καθρέφτη.
--	--

Πίνακας 1.4. Διδακτικοί στόχοι ΑΠΣ στα Μαθηματικά για τη χωρική ικανότητα – Δ' Δημοτικού

Δ' Δημοτικού	
Διδακτικοί Στόχοι	Ενδεικτικές Δραστηριότητες
<p>➤ Να μπορούν να αναπαράγουν τα αναπτύγματα ορισμένων στερεών.</p> <p>➤ Να μπορούν να σχεδιάζουν το συμμετρικό ενός επίπεδου σχήματος ως προς άξονα συμμετρίας.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Σχεδιασμός αναπτυγμάτων πιο σύνθετων στερεών απ' ότι στη Γ' τάξη και αντιστρόφως, όταν δοθεί το σχέδιο αναπτύγματος, ο/η μαθητής/τρια να είναι σε θέση να αναπαραστήσει το στερεό. 2. Κατασκευή του συμμετρικού ενός επίπεδου σχήματος ως προς άξονα συμμετρίας.

	<p>3. Αναγνώριση αξόνων συμμετρίας ενός επίπεδου σχήματος και συμπλήρωση ενός σχήματος με άξονα συμμετρίας.</p> <p>4. Αναγνώριση σχημάτων μέσα σε ένα σύνθετο σχήμα. Καταμέτρηση του αριθμού των σχημάτων που εντοπίζονται στο σύνθετο σχήμα.</p>
--	---

Πίνακας 1.5. Διδακτικοί στόχοι ΑΠΣ στα Μαθηματικά για τη χωρική ικανότητα – Ε΄ Δημοτικού

Ε΄ Δημοτικού	
Διδακτικοί Στόχοι	Ενδεικτικές Δραστηριότητες
<p>➤ Να αναγνωρίζουν σχήματα που είναι μέρη ενός σύνθετου σχήματος .</p> <p>➤ Να κατασκευάζουν το συμμετρικό ενός σχήματος ως προς άξονα σε τετραγωνισμένο χαρτί.</p>	<p>1. Ανάλυση ενός σύνθετου γεωμετρικού σχήματος, διατύπωση υποθέσεων για τα επιμέρους στοιχεία του και επαλήθευση με τη χρήση γεωμετρικών οργάνων.</p> <p>2. Μεγέθυνση και σμίκρυνση στο τετραγωνισμένο χαρτί, χωρίς υπολογιστικές διαδικασίες αναλογιών και κλιμάκων.</p> <p>3. Κατασκευή συμμετρικού σχήματος με μορφή δραστηριότητας σχεδιασμού.</p>

Πίνακας 1.6. Διδακτικοί στόχοι ΑΠΣ στα Μαθηματικά για τη χωρική ικανότητα – ΣΤ΄ Δημοτικού

ΣΤ΄ Δημοτικού	
Διδακτικοί Στόχοι	Ενδεικτικές Δραστηριότητες
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Να αναγνωρίζουν σχήματα σε ένα σύνθετο περιβάλλον. ➤ Να διενεργούν μεταφορές, μεγεθύνσεις και σμικρύνσεις σε μιλιμετρέ χαρτί απλών ευθύγραμμων σχημάτων. ➤ Να σχεδιάζουν το συμμετρικό ενός σχήματος ως προς άξονα. 	<p>Δεν υπάρχουν ενδεικτικές δραστηριότητες.</p>

Μέσα από τους Διδακτικούς Στόχους και τις Ενδεικτικές Δραστηριότητες του Αναλυτικού Προγράμματος Σπουδών του 2003 για το μάθημα των Μαθηματικών, που παρουσιάζονται στους παραπάνω πίνακες, φαίνεται πόσο λίγη σημασία δίνεται στη χωρική γεωμετρία και κατ' επέκταση στη χωρική ικανότητα των μαθητών/τριών. Οι στόχοι που δίνονται είναι ελάχιστοι και σποραδικοί. Η μόνη ενότητα που απευθύνεται ξεκάθαρα σε χωρική δεξιότητα είναι η ενότητα «Προσανατολισμός στον Χώρο» στην Α΄ Δημοτικού.

Αναφορές σε άλλες χωρικές δεξιότητες γίνονται έμμεσα μέσα από τους διδακτικούς στόχους και τις ενδεικτικές δραστηριότητες. Ιδιαίτερα, στην Α΄ και Β΄ Δημοτικού δίνεται ως στόχος ενίσχυσης της χωρικής ικανότητας ο Προσανατολισμός στον Χώρο, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, και αναδεικνύεται μέσα από το προσδοκώμενο αποτέλεσμα οι μαθητές/τριες να μπορούν να τοποθετούν, να εντοπίζουν και να μετατοπίζουν αντικείμενα σε σχέση με τους/τις ίδιους/ες ή σε σχέση με σταθερά σημεία αναφοράς και με την ενδεικτική δραστηριότητα της περιγραφής μίας διαδρομής σε τετραγωνισμένο χαρτί ή μέσα στο χώρο. Στη Γ΄ και Δ΄ Δημοτικού εισάγεται η αναπαραγωγή αναπτυγμάτων των στερεών σωμάτων και η αναγνώριση σχημάτων μέσα σε σύνθετα σχήματα, που ανήκουν στη χωρική δεξιότητα της Χωρικής Οπτικοποίησης. Στην Ε΄ και ΣΤ΄ Δημοτικού ο στόχος της αναγνώρισης σχημάτων σε

ένα σύνθετο σχήμα παραμένει και προστίθενται και η μεταφορά, μεγέθυνση και η σμίκρυνση γεωμετρικών σχημάτων σε μιλιμετρέ χαρτί που ανήκουν επίσης στο πλαίσιο της Χωρικής Οπτικοποίησης. Θα ήταν παράλειψη αν δεν υπογραμμίζοταν σ' αυτό το σημείο πως οι ασκήσεις αναγνώρισης σχημάτων μέσα από σύνθετα σχήματα μπορούν να ενταχθούν και στη χωρική δεξιότητα που, σύμφωνα με ερευνητές, ονομάζεται από-πλαισίωση (disembedding) και αφορά τις δεξιότητες διάκρισης ενός σχήματος ή μίας εικόνας από ένα σύνθετο σκηνικό (Gilligan et al., 2018). Σε όλες τις τάξεις εντοπίζεται η έννοια της συμμετρίας, η οποία εντάσσεται στην δεξιότητα της Χωρικής Οπτικοποίησης.

Καταληκτικά, είναι σημαντικό να γίνει λόγος για το νέο Πρόγραμμα Σπουδών των Μαθηματικών του 2023 (ΦΕΚ 508/Β/2-2-2023). Το νέο Πρόγραμμα Σπουδών στοχεύει στην προετοιμασία των μαθητών/τριών με δεξιότητες και στρατηγικές σκέψης που θα τους είναι σημαντικές στην καθημερινότητά τους και έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να βοηθάει τους/τις μαθητές/τριες να εξελιχθούν μαθησιακά. Κάνει αναφορά στους στόχους των Μαθηματικών για την εκάστοτε τάξη του Δημοτικού, στους οποίους συγκαταλέγεται και η χωρική γεωμετρία, ως διακριτή διακλάδωση του πεδίου της Γεωμετρίας. Οι στόχοι της χωρικής γεωμετρίας κυρίως αφορούν την αναγνώριση και την περιγραφή γεωμετρικών στερεών με βάση τα χαρακτηριστικά τους, τη μεταξύ τους σύγκριση, αλλά και την κατασκευή τους με απλά υλικά. Η συμπερίληψη της χωρικής Γεωμετρίας, ως ξεχωριστό πεδίο στη Γεωμετρία, δηλώνει πως πλέον αντιμετωπίζεται ως ξεχωριστό αντικείμενο και δεξιότητα προς εξάσκηση.

1.5 Οι δυσκολίες των μαθητών/τριών στη Γεωμετρία σε σύνδεση με τη χωρική ικανότητα

Με την ολοκλήρωση της σχολικής τους εκπαίδευσης, οι μαθητές/τριες θα πρέπει να κατέχουν βασικές γνώσεις και ικανότητες πάνω στο μάθημα της Γεωμετρίας. Συγκεκριμένα, θα πρέπει να είναι σε θέση α) ν' αναλύουν τις ιδιότητες, τα χαρακτηριστικά και τις σχέσεις των γεωμετρικών σχημάτων και στερεών, β) να πραγματοποιούν μετατροπές των γεωμετρικών στερεών και να κάνουν χρήση της συμμετρίας, γ) να επιλύουν γεωμετρικά προβλήματα αξιοποιώντας χωρικό

συλλογισμό, οπτικοποίηση και γεωμετρική μοντελοποίηση, δ) να περιγράφουν χωρικές σχέσεις και να προσδιορίζουν την τοποθεσία χρησιμοποιώντας την αναλυτική γεωμετρία (Bahr et al., 2010; Bassarear, 2012; Department of Education, 2006, as cited in Luneta, 2015).

Σε μία συγκριτική αναφορά της Γεωμετρίας με την Άλγεβρα, η Γεωμετρία θεωρείται πιο εύκολο μάθημα. Ωστόσο, πρόκειται για ένα μάθημα που φέρει αρκετές δυσκολίες στους/στις μαθητές/τριες ως προς την κατανόησή του. Οι μαθητές/τριες με την εισαγωγή τους στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, αν και έχουν διδαχθεί βασικά στοιχεία Γεωμετρίας από το δημοτικό, φαίνεται να μην έχουν κατακτήσει βασικές έννοιες χωρικής γεωμετρίας. Μάλιστα, έρευνες εντοπίζουν πως μαθητές/τριες Λυκείου βρίσκονται σε πολύ χαμηλότερο στάδιο γεωμετρικής κατανόησης από το αναμενόμενο για την ηλικία τους, με βάση το Μοντέλο Ανάπτυξης της Γεωμετρικής Σκέψης Van Hiele. Αυτό συμβαίνει, καθώς αν και είναι αποδεδειγμένο πως η Γεωμετρία είναι ένα αντικείμενο που συνδέεται άμεσα με τη χωρική ικανότητα, δε δίνεται έμφαση στην ανάπτυξή της. Αντικείμενα διδασκαλίας αποτελούν, κατά κύριο λόγο, η λογική και τα αξιωματικά συστήματα και παραβλέπεται η εξάσκηση του χωρικού συλλογισμού και η αντίληψη του περιβάλλοντα χώρου (Biber, Tuna, & Korkmaz, 2013; Καρκούλιας, 2014; Luneta, 2015; Suydam, 1985). Ως φυσικό επακόλουθο της παράλειψης ενίσχυσης της χωρικής ικανότητας, οι μαθητές/τριες φαίνεται να αντιμετωπίζουν μία σειρά από δυσκολίες πάνω στο μάθημα της Γεωμετρίας που επηρεάζουν την επίδοσή τους. Σ' αυτήν την ενότητα παρουσιάζονται οι βασικές δυσκολίες των μαθητών/τριών.

Πρώτη δυσκολία που εντοπίζεται αφορά την κατανόηση των γεωμετρικών σχημάτων και στερεών. Παρά το γεγονός ότι οι μαθητές/τριες έχουν διδαχθεί στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση και είναι σε θέση να διακρίνουν τα γεωμετρικά σχήματα και στερεά, τείνουν να αδυνατούν να κατανοήσουν τις ιδιότητές τους, αναφορικά με τις πλευρές, τις γωνίες κ.ά., και κατ' επέκταση τους ορισμούς τους, καθώς και να εφαρμόσουν τη θεωρία που μαθαίνουν στην επίλυση προβλημάτων. Ένας λόγος από τον οποίο πιθανώς προκύπτει αυτό το πρόβλημα είναι η εστίαση μόνο στην εμφάνισή τους. Με βάση τα στάδια γεωμετρικής κατανόησης Van Hiele, οι μαθητές/τριες πιθανώς να βρίσκονται σε χαμηλότερο επίπεδο γεωμετρικής σκέψης, και συγκεκριμένα στο στάδιο 1, την Οπτικοποίηση. Με βάση το στάδιο αυτό, δεν είναι σε θέση να

αναγνωρίσουν τις ιδιότητες των σχημάτων. Το παραπάνω δείχνει πως δεν έχουν προχωρήσει στα επόμενα στάδια γεωμετρικής σκέψης, επομένως εστιάζουν σε διαφορετικά στοιχεία πάνω στην εκάστοτε άσκηση γεωμετρίας (Ada & Kurtulus, 2010; Özerem 2012; Royal Society, 2001).

Οι Pittalis and Christou (2010) αναφέρουν πως οι δυσκολίες που φέρουν οι μαθητές στη Γεωμετρία και τη χωρική ικανότητα είναι α) η δημιουργία τρισδιάστατων δομών από κυβικές μονάδες, β) η δημιουργία και η ενασχόληση με δισδιάστατες αναπαραστάσεις τρισδιάστατων αντικειμένων, γ) η δημιουργία και η χρήση δισδιάστατων αναπτυγμάτων γεωμετρικών στερεών δ) η αναγνώριση και σύγκριση των μαθηματικών ιδιοτήτων των γεωμετρικών στερεών. Επισημαίνουν πως κάθε γεωμετρικό στερεό διαθέτει τις δικές του διακριτές ιδιότητες και οι μαθητές είναι σημαντικό να κατανοήσουν πως οι ιδιότητες αυτές βασίζονται στις ιδιότητες των διακριτών μερών, αμετάβλητων και μεταβλητών, από τα οποία αποτελείται το στερεό άλλα και στις ιδιότητες του ίδιου ως στερεό. Οι αμετάβλητες ιδιότητες είναι εκείνες που διακρίνουν τα γεωμετρικά στερεά μεταξύ τους.

Μία ακόμα δυσκολία των μαθητών/τριών είναι η ανεπάρκεια ικανοτήτων γεωμετρικής σκέψης και συλλογιστικής. Παρανοήσεις, όπως στη γεωμετρική έννοια του μετασχηματισμού προκύπτουν από το γεγονός ότι η συλλογιστική των μαθητών/τριών βρίσκεται σε χαμηλότερο επίπεδο από τη συλλογιστική του εκπαιδευτικού. Σ' αυτό το σημείο, είναι σημαντικό να γίνει για ακόμα φορά αναφορά στα στάδια γεωμετρικής σκέψης Van Hiele. Οι μαθητές μπορεί να βρίσκονται σε χαμηλότερο επίπεδο στα στάδια Van Hiele, αν και πιθανώς είναι σε ηλικία και φοιτούν σε τάξη που αναμένεται η γνώση τους (Luneta, 2015; Özerem, 2012). Στην εν λόγω δυσκολία εντάσσεται και η αδυναμία αντίληψης των τριών διαστάσεων των γεωμετρικών στερεών και του νοερού χειρισμού τους. Με την αλλαγή της οπτικής, οι μαθητές μπορεί να αντιλαμβάνονται πως το στερεό αλλάζει μορφή. Ωστόσο, αυτό αποτελεί παρανόηση που προκύπτει από την ελλιπή εξάσκηση της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης. Γι' αυτόν τον λόγο, είναι απαραίτητο ο/η εκπαιδευτικός να υπενθυμίζει στους/στις μαθητές/τριες του πως η περιστροφή ενός στερεού δεν αλλάζει το σχήμα του, αλλά επιτρέπει τη θέασή του από διαφορετικές οπτικές. Σ' αυτό το σημείο είναι σημαντικό να υπογραμμιστεί πως η αδυναμία συλλογιστικής και

οπτικοποίησης οδηγεί τους/τις μαθητές/τριες στη χρήση μαθηματικών τύπων που έχουν απομνημονεύσει για την επίλυση προβλημάτων, παρά στην οπτικοποίησή τους (Pepper, Chasteen, Pollock, & Perkins, 2012).

Ένα ακόμα ζήτημα αποτελεί η διδασκαλία αφηρημένων εννοιών, όπως είναι ο μετασχηματισμός και η συμμετρία. Κατά την παραδοσιακή διδασκαλία, οι εκπαιδευτικοί σχεδιάζουν στον πίνακα της τάξης σχέδια, με ευθείες και σημεία, για έννοιες που είναι αφηρημένες και γίνονται αντιληπτές μέσα από την νοερή τους οπτικοποίηση. Οι μαθητές/τριες δυσκολεύονται να κατανοήσουν πώς αυτές οι έννοιες εφάπτονται σε καταστάσεις στον πραγματικό κόσμο. Από το πρόβλημα αυτό προκύπτει και πάλι ο παραγκωνισμός της χωρικής ικανότητας από τη διδασκαλία της Γεωμετρίας και η ανεπαρκής εξάσκηση των μαθητών/τριών πάνω στη Χωρική Οπτικοποίηση (Royal Society, 2001).

Οι γενικεύσεις εννοιών και ορισμών, καθώς και η μηχανική εκμάθησή τους, αποτελούν έναν ακόμα παράγοντα που δυσχεραίνει τη μάθηση της Γεωμετρίας. Πολλές φορές η σκέψη των μαθητών/τριών λειτουργεί με γενικεύσεις. Κρίνουν πως επειδή κάποιες διαπιστώσεις ταιριάζουν σε μία συνθήκη, ταιριάζουν σε όλες. Κάποιες από αυτές τις γενικεύσεις μπορεί να είναι πως όλα τα τετράπλευρα είναι τετράγωνα ή πως όλα τα παραλληλόγραμμα έχουν ορθές γωνίες. Ωστόσο, οι γενικεύσεις προκύπτουν από τη μη ουσιαστική εστίαση στο περιεχόμενο, με αποτέλεσμα να γίνεται λάθος χρήση του μαθηματικού περιεχομένου (Veith & Bitzenbauer, 2021). Επιπροσθέτως, οι μαθητές/τριες έχουν την τάση συνήθως να μαθαίνουν τη θεωρία μηχανικά και να μην επεξεργάζονται τις πληροφορίες που διδάσκονται. Το γεγονός αυτό οδηγεί σε πολλές παρανοήσεις του μαθησιακού περιεχομένου (Biber et al., 2013; Luneta, 2015).

Ένα παράδειγμα ελλιπούς εξάσκησης πάνω στη χωρική ικανότητα και μηχανικής εκμάθησης ορισμού αποτελεί η δυσκολία κατανόησης της έννοιας της γωνίας. Σε έρευνες, οι μαθητές/τριες δεν μπορούσαν να εντοπίσουν τη γωνία των 180 μοιρών, παρά το γεγονός ότι γνώριζαν τον ορισμό της γωνίας, σύμφωνα με τον οποίο είναι η τομή ανάμεσα σε δύο τόξα. Ιδιαίτερα, αδυνατούσαν να εντοπίσουν τις δύο ακτίνες από τις οποίες προκύπτει η γωνία. Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως στον ορισμό της δεν συμπεριλαμβάνονται οι γωνίες των 0, 180 και 360 μοιρών (Biber et al., 2013; Bütüner & Filiz, 2016; Keiser, 2004; Ozen Unal & Urun, 2021).

Από τα παραπάνω ζητήματα, και ιδιαίτερα από την ελλιπή κατανόηση των μαθηματικών τύπων προκύπτει και το πρόβλημα της λανθασμένης εκτέλεσης μετρήσεων. Ένα παράδειγμα αποτελεί η εύρεση του εμβαδόν γεωμετρικών σχημάτων. Για την εύρεση του εμβαδόν, οι μαθητές/τριες θα πρέπει να ανακαλέσουν τις ιδιότητες του γεωμετρικού σχήματος πάνω στο οποίο θα πραγματοποιήσουν τη μέτρηση, καθώς και τον μαθηματικό τύπο εύρεσης του εμβαδόν (Dobbins, Gagnon, & Ulrich, 2014). Ο Battista (2003, as cited in Pittalis & Christou, 2010) αναφέρει πως για τη μέτρηση του όγκου και του εμβαδόν ενός στερεού είναι απαραίτητες δύο δεξιότητες. Η πρώτη αφορά την εννοιολόγηση των αριθμητικών πράξεων και τη σύνδεση του μαθηματικού τύπου μέτρησης με το εκάστοτε γεωμετρικό στερεό. Η δεύτερη αφορά την οπτικοποίηση της δομής του γεωμετρικού στερεού. Η μέτρηση του όγκου μπορεί να γίνει μέσα από την οπτικοποίηση του αριθμού κυβικών μονάδων που δύναται να περιέχει (Battista, 1999). Επομένως, γίνεται φανερό και σε αυτό το σημείο πως η εξάσκηση πάνω στη χωρική ικανότητα και στις δεξιότητες της συμβάλλει στην επιτυχή εκτέλεση μετρήσεων και κατ' επέκταση στην καλύτερη επίδοση στη Γεωμετρία.

Κάποια ακόμα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι μαθητές/τριες κατά τη διδασκαλία της Γεωμετρίας είναι η γνωστική υπερφόρτωση και η αδυναμία κατανόησης της γεωμετρικής γλώσσας. Αναφορικά με τη γνωστική υπερφόρτωση, οι μαθητές/τριες έρχονται αντιμέτωποι/ες με την απομνημόνευση πληθώρας πληροφοριών, οι οποίες παρουσιάζονται κυρίως προφορικά ή με εικόνες, με το αντικείμενο υπό διδασκαλία να υποδεικνύεται με κινήσεις του σώματος που δείχνουν διάφορα σημεία του σχήματος. Η πληθώρα πληροφοριών τόσο λεκτικών όσο και σωματικών που πρέπει να συγκρατήσουν οι μαθητές/τριες δημιουργεί σύγχυση και η μαθησιακή διαδικασία δεν είναι ευχάριστη. Επιπλέον, συνήθως δεν κατέχουν και το κατάλληλο γεωμετρικό λεξιλόγιο για να εξηγήσουν γεωμετρικούς μετασχηματισμούς και να τους διακρίνουν μεταξύ τους. Δεν γνωρίζουν έννοιες όπως «μετασχηματισμός», «περιστροφή», «διαστολή», ώστε να τις διακρίνουν μεταξύ τους, γεγονός που οδηγεί σε αδυναμία κατανόησής τους και γενική σύγχυση (Özerem, 2012; Sweller, 1988).

Καταληκτικά, επισημαίνεται πως οι προαναφερθείσες δυσκολίες προκύπτουν από τον παραγκωνισμό ενίσχυσης της χωρικής ικανότητας κατά τη διδασκαλία της Γεωμετρίας. Οι μαθητές δεν εκτίθενται σε δραστηριότητες που ενεργοποιούν τη

χωρική τους ικανότητα και δεν κατέχουν την κατάλληλη εμπειρία να την αξιοποιήσουν κατά την επίλυση γεωμετρικών προβλημάτων. Οι εκπαιδευτικοί είναι σημαντικό να εστιάσουν στην εξάσκηση των χωρικών δεξιοτήτων των μαθητών, ιδιαίτερα στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, όπου η κατάκτηση των βασικών γεωμετρικών εννοιών κρίνεται υψίστης σημασίας.

1.6 Μέσα ενίσχυσης των χωρικών δεξιοτήτων

Όπως αναφέρεται και στις προηγούμενες ενότητες, η χωρική ικανότητα αποτελεί ένα αντικείμενο εκπαίδευσης στο οποίο δε δίνεται προτεραιότητα και δε διδάσκεται συστηματικά στα σχολεία. Ιδιαίτερα, το National Research Council (2006) και ο Moreau (2012) αναφέρουν πως στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής δεν γίνεται αντιληπτή η αξία και η δύναμη της χωρικής σκέψης και δεν κρίνεται απαραίτητη η ενσωμάτωση τεχνολογικών εργαλείων υποστήριξής της. Κατά παρόμοιο τρόπο, αναφορικά με το ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα, μελετώντας τα βιβλία δασκάλου των Μαθηματικών για τις τάξεις Α΄ - ΣΤ΄ Δημοτικού, παρατηρείται πως γίνονται ελάχιστες προτάσεις χρήσης Νέων Τεχνολογιών στη διδασκαλία. Συγκεκριμένα, σε ενότητες που αφορούν τη Γεωμετρία και τον προσανατολισμό στον χώρο, προτείνονται σύνδεσμοι σε ιστοσελίδες, εκπαιδευτικά λογισμικά και ψηφιακά μαθησιακά αντικείμενα του Υπουργείου (Φωτόδεντρο), και μόνο στην Α΄ τάξη η χρήση του Προγράμματος Logo.

Έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί στο παρελθόν έχουν επιχειρήσει την ενίσχυση της χωρικής ικανότητας των μαθητών/τριών με ποικιλία μεθόδων. Στην ιστορική αναδρομή που πραγματοποιείται στο άρθρο των Riburn et al. (2005), γίνεται λόγος για τα εγχειρήματα μιας σειράς ερευνητών. Ιδιαίτερα, σύμφωνα με τους Riburn et al. (2005), ο Lord (1985) έβαλε φοιτητές/τριες να οπτικοποιούν νοερά μέρη μέσα από τρισδιάστατα αντικείμενα και μετά έκοβε τα αντικείμενα στη μέση για έλεγχο προβλέψεων, καταφέροντας την ενίσχυση της χωρικής ικανότητας. Ο Zavotka (1987) πραγματοποιώντας επίσης έρευνα σε φοιτητές/τριες, αξιοποίησε κινούμενα γραφικά σε υπολογιστή που αναπαριστούσαν νοερές εικόνες περιστροφής και μετασχηματισμού διαστάσεων. Η παρέμβασή του, ωστόσο, δεν κρίθηκε επιτυχής στη βελτίωση της χωρικής περιστροφής. Οι Tuckey and Selvaratnam (1993) προτείνουν μία σειρά τεχνικών βελτίωσης των χωρικών δεξιοτήτων, όπως την παρατήρηση διαγραμμάτων

που δείχνουν την περιστροφή μορίων σε κατά σειρά στάδια και προγράμματα σε υπολογιστή που παρουσιάζουν την περιστροφή των μορίων και τις σκιές τους. Αποδεδειγμένη βελτίωση της χωρικής ικανότητας αναφέρεται πως επιτεύχθηκε και σε παρεμβάσεις που βασίστηκαν στη θεωρία του Piaget.

Μία επιπλέον μέθοδος που απαντάται στη διεθνή βιβλιογραφία είναι η σχεδίαση. Ο Van Vorrhis (1941) ήταν από τους πρώτους ερευνητές που εξέτασε και παρατήρησε σημαντική βελτίωση των χωρικών δεξιοτήτων μέσω της σχεδίασης. Έκτοτε, αρκετοί ερευνητές εξέτασαν αυτήν τη μέθοδο για τον ίδιο σκοπό. Στην ποιοτική έρευνα που πραγματοποίησαν οι Mohler and Miller (2008), χρησιμοποιήθηκε η τεχνική της Καθοδηγούμενης Σχεδίασης (Mentored Sketching), η οποία, ύστερα από τη συγκέντρωση και την ανάλυση ποιοτικών δεδομένων, αποδείχθηκε αποτελεσματική τόσο στη βελτίωση της ικανότητας σχεδίασης, όσο και στην ενίσχυση της Χωρικής Οπτικοποίησης φοιτητών/τριών Μηχανολογίας. Ακόμη, διαπιστώνεται πως η σχεδίαση και η χωρική ικανότητα έχουν αρκετά κοινά στοιχεία. Συγκεκριμένα, έχουν συσχετιστεί με κοινές γνωστικές και νοητικές λειτουργίες. Κατ' αυτόν τον τρόπο, η χωρική ικανότητα καθίσταται απαραίτητη για τη σχεδίαση και η σχεδίαση μέσο βελτίωσης της χωρικής ικανότητας. Επιπλέον, μπορούν να ενισχυθούν με κοινό τρόπο, ο οποίος είναι η εξάσκηση μέσω απτής και κιναισθητικής πρακτικής. Τέλος, οι δεξιότητες που αναπτύσσονται και στις δύο περιπτώσεις, δύνανται να φανούν χρήσιμες σε επαγγέλματα που απαιτούν οπτική-αντιληπτική ακρίβεια. Επομένως, η σχεδίαση κρίνεται ως μία από τις πλέον αποδεκτές μεθόδους ενίσχυσης της χωρικής ικανότητας (Alias, Gray, & Black, 2002; Merzdorf et al., 2022; Orde, 1997; Stringer, 1975).

Ωστόσο, και στη σύγχρονη βιβλιογραφία γίνονται προτάσεις ενίσχυσης των χωρικών δεξιοτήτων των μαθητών/τριών μέσα από τη διδασκαλία της Γεωμετρίας. Έρευνες στη Ψυχολογία, στη Νευροεπιστήμη και στις Επιστήμες της Αγωγής έχουν αναδείξει τη δυνατότητα εξάσκησης της χωρικής ικανότητας μέσα από την εμπλοκή των μαθητών/τριών σε δραστηριότητες που αφορούν χωρικές έννοιες. Η αισθητηριοκινητική εμπειρία έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα σημαντική για τη μάθηση στα Μαθηματικά (DeSutter & Stieff, 2017; Ma, 2017). Παίρνοντας ως κριτήριο την ηλικία, προτείνονται και τα καταλληλότερα μέσα που εξυπηρετούν τον εν λόγω σκοπό. Οι μαθητές/τριες του νηπιαγωγείου και των πρώτων τάξεων του δημοτικού μπορούν να

βελτιώσουν τις χωρικές τους δεξιότητες μέσα από παιχνίδι με τουβλάκια, παζλ και με την επαφή με βιβλία, των οποίων η εικονογράφηση περιλαμβάνει χωρικές προκλήσεις. Επίσης, η χρήση χωρικού λεξιλογίου (π.χ. μέσα, έξω, πάνω, κάτω, ανάμεσα κ.α.) και χειρονομιών από τους γονείς και τους/τις εκπαιδευτικούς τους μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά. Οι έφηβοι/ες μαθητές/τριες αλλά και οι ενήλικες μπορούν να επωφεληθούν παίζοντας βιντεοπαιχνίδια και δραστήρια παιχνίδια σε εξωτερικούς χώρους (Newcombe, 2010; Uttal et al., 2013).

Με την πάροδο των χρόνων και την εξέλιξη της τεχνολογίας, γίνονται όλο και περισσότερες προσπάθειες ενσωμάτωσης σύγχρονων και ελκυστικών μεθόδων παράδοσης μαθησιακού περιεχομένου στους/στις μαθητές/τριες. Ξεκινώντας από τα εκπαιδευτικά βίντεο, που δεν περιλαμβάνουν διάδραση με τον χρήστη, και φτάνοντας σε πιο σύγχρονα μέσα όπως στον ηλεκτρονικό υπολογιστή και τον διαδραστικό πίνακα, η μαθησιακή διαδικασία διαρκώς εμπλουτίζεται. Πλέον έχουν γίνει και νεότερες εισαγωγές που οι μαθητές/τριες έχουν την ευκαιρία να διαδράσουν χρησιμοποιώντας το σώμα τους και απαιτούν μόνο τη χρήση μίας κινητής συσκευής, όπως ένα κινητό τηλέφωνο ή ένα tablet (Radu, 2014). Οι νέες τεχνολογίες αξιοποιούνται και από πληθώρα ερευνητών, οι οποίοι επιλέγουν να εξετάζουν την επίδρασή τους στη χωρική ικανότητα.

Έρευνες έχουν αξιοποιήσει τον ηλεκτρονικό υπολογιστή και τις δικές του δυνατότητες στην ενίσχυση της χωρικής ικανότητας. Ιδιαίτερα, σε πολλές έρευνες διερευνάται η χρήση λογισμικών υποβοηθούμενων από υπολογιστή (CAD- computer-aided design softwares) και προγραμμάτων όπως το DSGS (Dynamic Spatial Geometry Software). Τα εργαλεία αυτά προσφέρουν τη δυνατότητα χειρισμού εικονικών στερεών όπως με περιστροφή, κίνηση, συνένωση στερεών και αλλαγή παραμέτρων. Χρησιμοποιούνται για τη διδασκαλία της Γεωμετρίας και έχει διαπιστωθεί πως ενισχύουν και χωρικές δεξιότητες των μαθητών/τριών, προσφέροντας περισσότερες δυνατότητες για πειραματισμό με τα εικονικά αντικείμενα, σε σχέση με παραδοσιακές μεθόδους. Μελέτες που έχουν διεξαχθεί και κάνουν σύγκριση της παραδοσιακής διδασκαλίας με διδασκαλία με χρήση CAD, καταλήγουν στο συμπέρασμα πως η εν λόγω τεχνολογία προσέφερε περισσότερα θετικά αποτελέσματα αναφορικά με την ενίσχυση της χωρικής ικανότητας των μαθητών/τριών, αλλά και τη δυνατότητα

αυτορρυθμιζόμενης μάθησής τους. Ωστόσο, παρά τα ευρήματα που δείχνουν πως η μάθηση μέσω του ηλεκτρονικού υπολογιστή είναι πιο βοηθητική από την παραδοσιακή διδασκαλία, διαθέτει τον περιορισμό της θέασης των εννοιών σε δύο διαστάσεις. Κατ' αυτόν τον τρόπο, οι γεωμετρικές έννοιες δεν γίνονται πλήρως κατανοητές από τους/τις μαθητές/τριες (Alves et al., 2017; Dilling & Vogler, 2021; Muntazhimah & Miatun, 2018; NCTM, 2000; Nurjanah, Latif, Yuliardi, & Tamur, 2020).

Το επόμενο βήμα στη σχεδίαση ψηφιακών μοντέλων με λογισμικό CAD, αποτελεί η τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης (3D Printing). Το 3D Printing προσφέρει τη δυνατότητα μετατροπής των ψηφιακών μοντέλων, που έχουν δημιουργηθεί με CAD, σε πραγματικά, φτιαγμένα από πλαστικό. Η επίδρασή της τεχνολογίας αυτής έχει επίσης μελετηθεί και διαπιστωθεί πως ενισχύει τις μαθηματικές γνώσεις και τη χωρική ικανότητα των μαθητών/τριών. Οι Dilling and Witzke (2020), πραγματοποιώντας μία μικρή βιβλιογραφική ανασκόπηση για τη χρήση του 3D Printing στη Γεωμετρία, αναφέρονται στην έρευνα του Ng (2017). Ο ερευνητής μελέτησε τα οφέλη που μπορεί να προσφέρει η τεχνολογία αυτή στην εκμάθηση του όγκου των στερεών. Τα αποτελέσματα ήταν πολύ θετικά, καθώς οι μαθητές/τριες κατανόησαν πλήρως τη σχέση μεταξύ των αλλαγών των γραμμικών διαστάσεων των αντικειμένων και των όγκων τους. Η επίδραση του 3D Printing στις χωρικές δεξιότητες έχει εξεταστεί κι από άλλες έρευνες, όπως των Huang και Lin (2017), στην οποία διαπιστώθηκε η βελτίωση της Νοερής Περιστροφής και της Χωρικής Οπτικοποίησης.

Μία ακόμη τεχνολογία είναι η Εικονική Πραγματικότητα (VR). Ως VR ορίζεται το «διαδραστικό τρισδιάστατο περιβάλλον που έχει δημιουργηθεί σε υπολογιστή και στο οποίο ο χρήστης μπορεί να αφομοιωθεί» (Conn, Lanier, Minsky, Fisher, & Druin, 1989). Πρόκειται για μια τεχνολογία κατά την οποία ο χρήστης δεν έχει επαφή με το φυσικό περιβάλλον, αλλά μόνο με το εικονικό του υπολογιστή. Έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές έρευνες που μελετούν την επίδραση της VR στην εκπαίδευση. Σύμφωνα με τη μετα-ανάλυση των Villena-Taranilla, Tirado-Olivares, Cózar-Gutiérrez and González-Calero (2022), οι περισσότερες έρευνες στις οποίες σχεδιάστηκαν παρεμβάσεις με VR για την K-6 εκπαίδευση, αφορούσαν πεδία του STEM και συγκεκριμένα τις Επιστήμες και τα Μαθηματικά. Οι ερευνητές καταλήγουν στο συμπέρασμα πως οι τεχνολογίες VR συμβάλλουν στην καλύτερη μαθησιακή

επίδοση των μαθητών/τριών. Παρατηρείται πως δεν έχουν γίνει πολλές έρευνες ανάπτυξης εφαρμογών VR για την ενίσχυση της χωρικής ικανότητας των μαθητών/τριών. Ωστόσο, όσες έχουν γίνει δείχνουν επίδραση τόσο στην επίδοση όσο και στο κίνητρο των μαθητών/τριών για συμμετοχή στη μαθησιακή διαδικασία (Demitriadou, Stavroulia, & Lanitis, 2020).

Καταλήγοντας, γίνεται κατανοητό πως η βελτίωση της χωρικής ικανότητας έχει αποτελέσει αντικείμενο προβληματισμού και διερεύνησης από τα μέσα του 20^{ου} αιώνα μέχρι και σήμερα. Με την πάροδο των χρόνων και την εξέλιξη της τεχνολογίας, γίνονται όλο και περισσότερες έρευνες που αξιοποιούν τεχνολογικές καινοτομίες, διερευνώντας την πιθανότητα μίας πιο αποτελεσματικής διδασκαλίας. Στην ενότητα 1.7 θα γίνει λόγος στην Επαυξημένη Πραγματικότητα (ΕΠ), η οποία θα χρησιμοποιηθεί ως τεχνολογία στο πλαίσιο της έρευνας.

1.7 Επαυξημένη Πραγματικότητα

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (ΕΠ) αποτελεί μία από τις νεότερες τεχνολογίες αλληλεπίδρασης ανθρώπου με υπολογιστή. Ως ΕΠ ορίζεται η διαδικασία εισαγωγής ψηφιακών αντικειμένων στο φυσικό περιβάλλον με τη χρήση φορητών συσκευών. Μέσα από την εν λόγω τεχνολογία, η πραγματικότητα ενισχύεται και δίνεται η εντύπωση πως τα πραγματικά με τα εικονικά αντικείμενα συνυπάρχουν στον χώρο. Διαφέρει από την Εικονική Πραγματικότητα, η οποία αντικαθιστά το πραγματικό περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται ο χρήστης. Βασικά χαρακτηριστικά της ΕΠ, σύμφωνα με τον Azuma (1997), είναι ο συνδυασμός πραγματικότητας με εικονικά αντικείμενα, η ύπαρξη αλληλεπίδρασης σε πραγματικό χρόνο και η τοποθέτηση των εικονικών αντικειμένων στον χώρο σε τρεις διαστάσεις. Τα αντικείμενα που μπορούν να εισαχθούν στο πραγματικό περιβάλλον μέσω της εν λόγω τεχνολογίας είναι βίντεο, εικόνες, ήχοι, τρισδιάστατα αντικείμενα και τοποθεσίες GPS. Ο χρήστης της ΕΠ παραμένει στο πραγματικό περιβάλλον και έχει τη δυνατότητα να προσθέτει ψηφιακά αντικείμενα στον πραγματικό κόσμο, να αφαιρεί πραγματικά αντικείμενα και να αλληλεπιδρά με τα ψηφιακά αντικείμενα χρησιμοποιώντας το σώμα του (Billinghurst, Clark, & Lee, 2015; Gün & Atasoy, 2017).

Οι εφαρμογές της ΕΠ διακρίνονται στα α) συστήματα βασισμένα στην εικόνα (image-based) και β) συστήματα βασισμένα στην τοποθεσία (location-based). Τα

πρώτα απαιτούν τη θέαση ορισμένης εικόνας ή αντικειμένου του πραγματικού κόσμου για την ενεργοποίησή τους, ενώ τα δεύτερα την αναγνώριση της θέσης του ατόμου. Μία άλλη διάκριση, διαχωρίζει τις εφαρμογές σε α) markerless και β) marker-based. Οι markerless εφαρμογές ενεργοποιούνται με την αναγνώριση σήματος GPS ή κάποιας εικόνας, ενώ στις marker-based, η κάμερα της συσκευής που χρησιμοποιείται διαβάζει μία ετικέτα (marker), όπως ένα barcode ή ένα QRcode, και προβάλλει το επαυξημένο αντικείμενο στο φυσικό περιβάλλον (Edwards-Stewart, Hoyt, & Reger, 2016; Pence, 2010).

Η ΕΠ μπορεί να αξιοποιηθεί σε πολλά επαγγελματικά πεδία και στο μέλλον η χρήση της θα αποκτήσει όλο και μεγαλύτερη αξία. Διαθέτει την ικανότητα της οπτικοποίησης φαινομένων που δεν μπορούν να γίνουν αντιληπτά στην καθημερινότητα, καθώς και απεικόνισης έργων που δεν έχουν ακόμη πραγματοποιηθεί. Παράδειγμα επαγγελματικού πεδίου εφαρμογής είναι η Αρχιτεκτονική και η Μηχανολογία, όπου η ΕΠ έχει τη δυνατότητα να αξιοποιηθεί για την απεικόνιση μελλοντικών έργων με ακριβείς γεωμετρικές μετρήσεις. Επιπλέον, στην Χειρουργική Ιατρική μπορεί να προσφέρει την πολύτιμη βοήθεια οπτικοποίησης του εσωτερικού ενός ασθενή και εξάσκησης χωρίς το ρίσκο να διακινδυνεύσει η ζωή του. Οι ικανότητές της εισάγονται και στο πεδίο των Επιχειρήσεων και του Marketing. Η οπτικοποίηση προϊόντων με ΕΠ προκαλεί εντυπωσιασμό και εντείνει την αίσθηση της συμμετοχής του αγοραστή στη διαφήμισή τους, με αποτέλεσμα την αύξηση των πωλήσεων. Εφαρμογή της ΕΠ πραγματοποιείται και στην εκπαίδευση, που αποτελεί το βασικό πεδίο αναφοράς της εν λόγω εργασίας (Azuma, 1997; Campisi, Li, Jimenez, & Milanaik, 2020; Delgado, Oyedele, Demian, & Beach, 2020; González, 2015; Vilkina & Klimovets, 2020).

1.7.1 Η χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στη Γεωμετρία

Έχει διατυπωθεί πως η οπτικοποίηση των Μαθηματικών αποτελεί μία μέθοδο υποστήριξης μαθητών/τριών με μαθησιακές δυσκολίες ή μαθηματικών εννοιών χαμηλότερου επιπέδου. Ωστόσο, αυτή η παραδοχή αποτελεί μύθο. Η χρήση αναπαραστάσεων και οπτικών βοηθημάτων είναι σημαντική για την κατάκτηση μαθηματικών και, ιδιαίτερα, γεωμετρικών εννοιών. Η διδασκαλία μέσω οπτικών

προσεγγίσεων δίνει τη δυνατότητα στους/στις μαθητές/μαθήτριες για πιο ουσιαστική κατανόηση των Μαθηματικών. Εθνικές οργανώσεις για τα Μαθηματικά στην Αμερική, όπως το National Council for the Teaching of Mathematics (NCTM) και το Mathematical Association of America (MAA) έχουν υποστηρίξει τη σημασία των αναπαραστάσεων για την κατάκτηση μαθηματικών εννοιών από τους/τις μαθητές/τριες (Boaler, Chen, Williams, & Condero, 2016).

Οι εκπαιδευτικοί κατά τη διδασκαλία των γεωμετρικών στερεών στη Γεωμετρία, χρησιμοποιούν πολλές φορές τα μόνα μέσα που διαθέτουν, όπως τον πίνακα της τάξης, και σχεδιάζουν δισδιάστατα σχέδια για να απεικονίσουν τρισδιάστατα αντικείμενα. Ωστόσο, η δισδιάστατη οπτικοποίηση δυσκολεύει πολλές φορές τους/τις μαθητές/τριες στην πλήρη κατανόηση των διδασκόμενων εννοιών. Οι ιδιότητες των σωμάτων, όπως είναι το μήκος και ο αριθμός των πλευρών, και οι κανόνες των αναπαραστάσεών τους δεν μπορούν να γίνουν εύκολα κατανοητές μέσα από δισδιάστατα σχέδια (Gün & Atasoy, 2017; İbili, Çat, Resnyansky, Şahin, & Billingham, 2020; Siegler & Ramani, 2008).

Η τεχνολογία της ΕΠ διαθέτει δυνατότητες που δεν απαντώνται σε άλλη τεχνολογία και παρέχει διαφορετικές και αποτελεσματικές μαθησιακές εμπειρίες στους/στις μαθητές/μαθήτριες. Προσφέρει την οπτικοποίηση αντικειμένων και θέασής τους στο φυσικό περιβάλλον του χρήστη. Η ΕΠ παρέχει μία μοναδική ευκαιρία αλληλεπίδρασης με τα ψηφιακά αντικείμενα. Δύσκολες και αφηρημένες έννοιες μπορούν να γίνουν συγκεκριμένες και να προσομοιωθούν με τον συνδυασμό πραγματικών και ψηφιακών αντικειμένων. Τα φυσικά αντικείμενα συνυπάρχουν με τα ψηφιακά σε ένα σκηνικό που προσομοιάζει του πραγματικού περιβάλλοντος. Επιπλέον, οι χρήστες μπορούν να αλληλεπιδράσουν με τα ψηφιακά αντικείμενα, να τα περιστρέψουν και να τα δουν από διαφορετικές οπτικές γωνίες. Οι παραπάνω δυνατότητες προσφέρονται αποκλειστικά από την εν λόγω τεχνολογία, καθιστώντας την κατάλληλη για την διδασκαλία εννοιών στη Γεωμετρία (Akçayır & Akçayır, 2017; Billingham et al., 2015; Koutromanos & Jimoyiannis, 2023; Laine, Nygren, Dirin, & Suk, 2016; Sirakaya & Sirakaya, 2022)

Η ΕΠ έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον των ερευνητών στην εκπαίδευση ιδιαίτερα την τελευταία δεκαετία και αξιοποιείται σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης, από την

Πρωτοβάθμια έως και την Τριτοβάθμια. Αρκετές έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί στο πεδίο των Μαθηματικών και έχουν αναδείξει τα οφέλη της χρήσης της ΕΠ στη μαθησιακή διαδικασία, σημαντικό μέρος των οποίων παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 2 της εργασίας. Παράλληλα, επισημαίνεται πως δεν υπάρχουν πολλές έρευνες που αξιοποιούν τις τεχνολογίες της VR και της ΕΠ για την ενίσχυση των χωρικών δεξιοτήτων των Μαθηματικών και ιδιαίτερα στο πεδίο της Γεωμετρίας στα Μαθηματικά (Demitriadou et al., 2020). Οι έρευνες που εντοπίστηκαν πάνω στην επίδραση της χρήσης της τεχνολογίας της Επαυξημένης Πραγματικότητας στη μαθησιακή επίδοση και την ενίσχυση των χωρικών δεξιοτήτων μελετώνται στο Κεφάλαιο 2.

1.7.2 Θεωρίες Μάθησης πίσω από την επίδραση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στη μαθησιακή διαδικασία

Η τεχνολογία της ΕΠ προσφέρει την ευκαιρία μίας ενισχυμένης μαθησιακής εμπειρίας. Οι μαθητές/τριες διδάσκονται μαθησιακά αντικείμενα με ενδιαφέροντα και διαδραστικό τρόπο μέσα από μαθητοκεντρικές δραστηριότητες, κατακτώντας έτσι νέες γνώσεις. Διερευνώντας τις θεωρίες μάθησης, καθίσταται φανερό πως η ΕΠ ακολουθεί τις αρχές δύο αλληλένδετων θεωριών· του εποικοδομισμού και της πλαισιοθετημένης νόησης/ μάθησης.

Ο εποικοδομισμός, ο οποίος απαντάται και ως κονστρουκτιβισμός, αποτελεί μία από τις βασικές παιδαγωγικές προσεγγίσεις. Διαφοροποιείται από άλλες θεωρίες μάθησης λόγω της αντίληψής του αναφορικά με τη μάθηση. Σύμφωνα με τον εποικοδομισμό, ο/η μαθητής/τρια οικοδομεί μόνος/η του/της τη μάθηση, η οποία είναι προσωπική για τον καθένα και διαμορφώνεται με βάση τις δικές του πρότερες εμπειρίες και γνώσεις. Υπογραμμίζεται πως ο Piaget ήταν ο πρώτος που τεκμηρίωσε την παραδοχή ότι η γνώση κατασκευάζεται από τον άνθρωπο, μέσω της ενεργούς συμμετοχής και της αλληλεπίδρασής του με το περιβάλλον. Για τη δημιουργία νέας γνώσης, είναι απαραίτητο να γίνει σύνδεσή της με την προϋπάρχουσα. Ο δάσκαλος στην διαδικασία οικοδόμησης της γνώσης διατηρεί ρόλο υποστηρικτικό (Ράπτης & Ράπτη, 2014).

Η μάθηση με εποικοδομισμό επιτυγχάνεται όταν προσφέρεται ένα κατάλληλο περιβάλλον μάθησης. Το περιβάλλον αυτό μπορεί να είναι φυσικό ή και ψηφιακό. Σύμφωνα με την Zuccheromaglio (1993), τα ψηφιακά περιβάλλοντα αναφέρονται ως «άδειες τεχνολογίες», όπου οι μαθητές/τριες, οι εκπαιδευτικοί και οι σχεδιαστές έχουν τη δυνατότητα να οικοδομήσουν ό,τι επιθυμούν. Τα συγκεκριμένα περιβάλλοντα που βασίζονται σε υπολογιστές, ακολουθούν κονστρουκτιβιστικές θεωρίες μάθησης και αποτελούν την αναδυόμενη «τέταρτη γενιά» της εκπαίδευσης. Η «τέταρτη γενιά» της εκπαίδευσης έχει ως βασικό της στοιχείο την αλληλεπίδραση των μαθητών/τριών με την τεχνολογία, όπως γίνεται στην ΕΠ (Winn, 1993).

Η τεχνολογία της ΕΠ πραγματοποιεί σύνδεση του φυσικού με το ψηφιακό περιβάλλον. Μέσα από μία εφαρμογή ΕΠ επιτρέπεται η υλοποίηση αυθεντικών εργασιών μέσα από ρεαλιστικές καταστάσεις. Επιπλέον, προσφέρεται η δυνατότητα ενός προσωποποιημένου μαθησιακού πλαισίου και υλικού για τον/την κάθε μαθητή/τρια. Κατ' αυτόν τον τρόπο, οι μαθητές/τριες με την ΕΠ έχουν τη δυνατότητα του ελέγχου και της διαχείρισης της γνώσης που προσλαμβάνουν, κάνοντας ταυτόχρονα τις απαραίτητες συνδέσεις με το φυσικό περιβάλλον και την πραγματικότητα (Abdoli-Sejzi, 2015).

Ένα ρεύμα σκέψης στις εποικοδομιστικές θεωρίες μάθησης αποτελεί ο κοινωνικός εποικοδομισμός. Με βάση τον κοινωνικό εποικοδομισμό, οι κοινωνικές αλληλεπιδράσεις και η ανταλλαγή απόψεων και ιδεών κρίνονται απαραίτητες και οδηγούν στην οικοδόμηση της γνώσης (Δημητριάδης, 2015). Στο πλαίσιο της ΕΠ, η μάθηση μπορεί να επιτευχθεί μέσα από τη συνεργασία με ομάδα συμμαθητών/τριών και την εμπλοκή σε ομαδική εργασία σε ομαδοσυνεργατικό πλαίσιο μάθησης. Μέσα από τον κοινωνικό εποικοδομισμό προκύπτει μία κοινωνικού προσανατολισμού θεωρία, η οποία ονομάζεται πλαισιοθετημένη νόηση/ μάθηση. Θεμελιωτές της θεωρίας ήταν οι Jean Lave και Etienne Wenger. Με βάση την εν λόγω θεωρία, η γνώση και κατ' επέκταση η μάθηση δημιουργούνται μέσα σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον, φυσικό και κοινωνικό και μέσα σ' αυτό δημιουργείται μία «κοινότητα πρακτικής». Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ανθρώπων, τα μέρη, τα αντικείμενα, η διαδικασίες και η κουλτούρα καθορίζουν και την ποιότητα της μάθησης. Η πλαισιοθετημένη μάθηση μπορεί να επιτευχθεί σε περιβάλλοντα εμπύθισης, όπως στην περίπτωση της ΕΠ και

της VR, καθώς τα προβλήματα που παρουσιάζουν αποτελούν μία προσομοίωση της πραγματικότητας. Επιπλέον, υποστηρίζεται η συμμετοχή του μαθητή στη μαθησιακή διαδικασία και διευκολύνονται μεταγνωστικές διαδικασίες μάθησης, όπως η παρατήρηση, η εκπαίδευση ομοτίμων/ συμμαθητών, η αμοιβαία διδασκαλία κ.α. Κατ' αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η ουσιαστική μάθηση που μπορεί να προετοιμάσει τους/τις μαθητές/τριες για τη λήψη μελλοντικών γνώσεων (Brown, Collins, & Duguid, 1989; Δημητριάδης, 2015; Dunleavy & Dede, 2014).

Επομένως, η ΕΠ ευθυγραμμίζεται με την εποικοδομιστική θεωρία μάθησης και με την κοινωνική θεωρία της πλαισιοθετημένης μάθησης. Μέσω της τεχνολογίας της ΕΠ, ο/η μαθητής/τρια τοποθετείται σε ένα φυσικό και κοινωνικό πλαίσιο, στο οποίο η συνεργασία και η ανταλλαγή απόψεων και ιδεών, παρέχουν τη δυνατότητα να συμμετάσχει ενεργά στην οικοδόμηση της γνώσης του/της. Κάθε γνώση που κατακτά είναι ουσιαστική, καθώς συσχετίζει τις πληροφορίες που του/της παρέχονται ψηφιακά με το φυσικό περιβάλλον. Συνεπώς, έχει τη δυνατότητα να προχωρήσει στην επόμενη γνώση συνδέοντάς τη με την προϋπάρχουσα.

1.8 Σκοπός και Στόχοι

Σκοπός της έρευνας είναι:

Η διερεύνηση της επίδρασης εφαρμογής Επαυξημένης Πραγματικότητας στη μαθησιακή επίδοση πάνω στο μαθησιακό αντικείμενο της Γεωμετρίας και στην ανάπτυξη των χωρικών δεξιοτήτων των μαθητών/τριών της Δ' Δημοτικού.

Επιμέρους στόχοι της έρευνας είναι:

1. Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με την επίδραση των τεχνολογιών Επαυξημένης Πραγματικότητας στη μαθησιακή επίδοση και στην ενίσχυση των χωρικών δεξιοτήτων στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση.
2. Η σύγκριση της μαθησιακής επίδοσης των μαθητών/τριών της ομάδας πειραματισμού και της ομάδας ελέγχου με το πέρας της παρέμβασης.
3. Η σύγκριση του επιπέδου της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης των μαθητών/τριών των ομάδων πειραματισμού και ελέγχου με το πέρας της παρέμβασης.

4. Η σύγκριση των στάσεων των μαθητών/τριών των ομάδων πειραματισμού και ελέγχου απέναντι το μάθημα της Γεωμετρίας με το πέρας της παρέμβασης.

5. Η σύγκριση των κινήτρων των μαθητών/τριών των ομάδων πειραματισμού και ελέγχου ως προς την ενασχόλησή τους με το μάθημα της Γεωμετρίας με το πέρας της παρέμβασης.

6. Η διερεύνηση της αποδοχής της τεχνολογίας Επαυξημένης Πραγματικότητας από τους/τις μαθητές/τριες της ομάδας πειραματισμού.

Οι υποθέσεις της έρευνας ήταν οι εξής:

Υπόθεση 1: Η ομάδα πειραματισμού θα έχει καλύτερη μαθησιακή επίδοση από την ομάδα ελέγχου με το πέρας της παρέμβασης.

Υπόθεση 2: Η ομάδα πειραματισμού θα βελτιώσει σε μεγαλύτερο βαθμό το επίπεδο της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου με το πέρας της παρέμβασης.

Υπόθεση 3: Η ομάδα πειραματισμού θα αποκτήσει θετικότερη στάση απέναντι στο μάθημα της Γεωμετρίας, σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου, με το πέρας της παρέμβασης.

Υπόθεση 4: Η ομάδα πειραματισμού θα αποκτήσει περισσότερα κίνητρα ως προς την ενασχόλησή της με το μάθημα της Γεωμετρίας, σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου, με το πέρας της παρέμβασης.

Υπόθεση 5: Οι μαθητές/τριες της ομάδας πειραματισμού θα παρουσιάσουν υψηλά επίπεδα αποδοχής της τεχνολογίας Επαυξημένης Πραγματικότητας με το πέρας της παρέμβασης.

1.9 Δομή της εργασίας

Η διπλωματική εργασία αποτελείται από πέντε κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο ονομάζεται «Προβληματική της έρευνας» και διακρίνεται σε εννιά ενότητες. Η πρώτη ενότητα κάνει λόγο για την έννοια της χωρικής ικανότητας ως διακριτό τύπο νοημοσύνης, καθώς και για τις επί μέρους χωρικές της δεξιότητες μέσα από ανασκόπηση της πρότερης και νεότερης βιβλιογραφίας σε χρονολογική σειρά. Η δεύτερη ενότητα εστιάζει στο μάθημα της Γεωμετρίας, στα διαφορετικά είδη της που

διδάσκονται στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση, καθώς και στα στάδια ανάπτυξης της γεωμετρικής σκέψης του παιδιού. Στην τρίτη ενότητα υπογραμμίζεται η άμεση σύνδεση της χωρικής ικανότητας με το μάθημα της Γεωμετρίας, επεξηγώντας τη σημασία της πρώτης για την επίλυση γεωμετρικών εργασιών και πραγματικών προβλημάτων και τη συμβολή της δεύτερης στην ενίσχυση των χωρικών δεξιοτήτων. Η τέταρτη ενότητα παρουσιάζει τους στόχους ενίσχυσης της χωρικής ικανότητας στο δημοτικό κατά το ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ του 2003. Η πέμπτη ενότητα αναφέρεται σε βασικές γεωμετρικές και χωρικές έννοιες που οι μαθητές/τριες δυσκολεύονται να κατανοήσουν. Στην έκτη ενότητα γίνεται ανασκόπηση της παλαιότερης και νεότερης βιβλιογραφίας σε ό,τι αφορά τα μέσα που έχουν αξιοποιηθεί για την ενίσχυση των χωρικών δεξιοτήτων. Η έβδομη ενότητα εισάγει την έννοια της τεχνολογίας ΕΠ, αναφέρεται στην αξία της χρήσης της στο μάθημα της Γεωμετρίας και κάνει λόγο για τις θεωρίες μάθησης που ακολουθεί η χρήση της ΕΠ στην εκπαίδευση. Η όγδοη ενότητα περιλαμβάνει τον σκοπό, τους στόχους και τις υποθέσεις της έρευνας και η ένατη παρουσιάζει τη δομή της εργασίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, με τίτλο «Ανασκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με την επίδραση των τεχνολογιών Επαυξημένης Πραγματικότητας στη μαθησιακή επίδοση και στην ενίσχυση των χωρικών δεξιοτήτων στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση» γίνεται παρουσίαση των ερευνών της διεθνούς βιβλιογραφίας, οι οποίες αξιοποιούν την τεχνολογία της ΕΠ με σκοπό να ενισχύσουν τη μαθησιακή επίδοση και τις χωρικές δεξιότητες των συμμετεχόντων/ουσών. Ύστερα από την καταγραφή των ερευνών ακολουθεί η παρουσίαση των αποτελεσμάτων τους συγκεντρωμένα σε κατηγορίες.

Στο τρίτο κεφάλαιο που ονομάζεται «Μεθοδολογία της έρευνας» παρουσιάζεται η μεθοδολογική προσέγγιση που ακολούθησε η έρευνα και πραγματοποιείται αναλυτική περιγραφή όλων των φάσεων της. Επισημαίνονται τα εργαλεία συλλογής δεδομένων, το σχολείο υλοποίησης της παρέμβασης και αναλύεται η μαθησιακή διαδικασία στην ομάδα πειραματισμού και ελέγχου. Επίσης, συστήνεται η εφαρμογή ΕΠ «Arete Geometry App» που αξιοποιήθηκε για τον σκοπό της έρευνας και περιγράφεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων.

Το τέταρτο κεφάλαιο με τίτλο «Αποτελέσματα της έρευνας» διακρίνεται σε έξι ενότητες, στις οποίες γίνεται καταγραφή των αποτελεσμάτων σύμφωνα με τους προκαθορισμένους στόχους. Το πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο «Συμπεράσματα, περιορισμοί της έρευνας, προτάσεις για μελλοντική έρευνα» διακρίνεται σε τέσσερις ενότητες. Η πρώτη ενότητα χωρίζεται σε πέντε υποενότητες, κάθε μία από τις οποίες αντιστοιχεί σε στόχο της έρευνας. Στην πρώτη υποενότητα παρατίθενται τα συμπεράσματα της έρευνας και πραγματοποιείται σύνδεσή τους με τα πορίσματα της ανασκόπησης της βιβλιογραφίας που παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 2. Στις υπόλοιπες υποενότητες γίνεται λόγος στις εφαρμογές της έρευνας, στους περιορισμούς της και τέλος, δίνονται προτάσεις για μελλοντικές έρευνες.

Στο «Παράρτημα» επισυνάπτονται τα ερωτηματολόγια και τα φύλλα εργασίας που χορηγήθηκαν στους/στις μαθητές/τριες πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την παρέμβαση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Ανασκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με την επίδραση των τεχνολογιών Επαυξημένης Πραγματικότητας στη μαθησιακή επίδοση και στην ενίσχυση των χωρικών δεξιοτήτων στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση

2.1 Εισαγωγή

Η χρήση της ΕΠ στη μαθησιακή διαδικασία έχει αποτελέσει αντικείμενο έρευνας εδώ και αρκετά χρόνια. Ωστόσο, τα τελευταία 10 χρόνια παρατηρείται μεγάλη αύξηση του αριθμού των ερευνών που διερευνούν την επίδρασή της. Όπως αναφέρεται στο πρώτο Κεφάλαιο, ένας από τους στόχους της εν λόγω εργασίας είναι η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με την επίδραση των τεχνολογιών ΕΠ στη μαθησιακή επίδοση και στην ενίσχυση των χωρικών δεξιοτήτων των μαθητών/τριών πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Το ενδιαφέρον εστιάστηκε σε εμπειρικές έρευνες των τελευταίων 10 ετών πάνω στην εν λόγω θεματική. Η ανεύρεσή τους έγινε στις βάσεις δεδομένων ERIC- Educational Resources Information Center, Science Direct, Tandofline, Springer Link, Semantic Scholar και Research Gate. Κατά την αναζήτηση παρατηρήθηκε πως δεν υπήρχε μεγάλος αριθμός ερευνών που εξυπηρετεί τον σκοπό της εργασίας. Με αυτό το δεδομένο, επιλέχθηκε να προστεθούν στη βιβλιογραφική ανασκόπηση εμπειρικές έρευνες με παρεμφερή σκοπό. Ακόμη, λόγω του περιορισμένου αριθμού ευρημάτων, αναζητήθηκαν και έρευνες παλαιότερων χρονολογιών ξεκινώντας από το 2006. Για την παροχή μίας ολοκληρωμένης προσέγγισης, στο Κεφάλαιο αυτό θα γίνει διαχωρισμός των άρθρων σε υποενότητες, ανάλογα τον σκοπό που εξυπηρετούν.

Η πρώτη και βασική υποενότητα αφορά τα άρθρα που εξετάζουν την επίδραση της ΕΠ στη μαθησιακή επίδοση και στην ενίσχυση των χωρικών δεξιοτήτων πάνω στο μάθημα της Γεωμετρίας στην πρωτοβάθμια και στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Στη δεύτερη υποενότητα βρίσκονται τα άρθρα που εξετάζουν την επίδραση της ΕΠ στη μαθησιακή επίδοση πάνω στο μάθημα της Γεωμετρίας στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Στην τρίτη και την τέταρτη υποενότητα βρίσκονται έρευνες που δεν αναφέρονται στο μάθημα της Γεωμετρίας. Σ' αυτές τις υποενότητες τα άρθρα διερευνούν την επίδραση της ΕΠ στην ενίσχυση των χωρικών δεξιοτήτων

ή/και την μαθησιακή επίδοση στην πρωτοβάθμια-δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια εκπαίδευση σε άλλα μαθησιακά αντικείμενα.

Είναι σημαντικό να υπογραμμιστεί πως αν και ο σκοπός της βιβλιογραφικής ανασκόπησης δεν αφορά την τριτοβάθμια εκπαίδευση, έγινε συμπερίληψη ενός μικρού δείγματος ερευνών λόγω της πληθώρας που εντοπίστηκε. Για τον ίδιο λόγο έγινε ακόμη επιλογή δείγματος ερευνών που αφορούσαν άλλα διδακτικά αντικείμενα.

2.2 Εμπειρικές έρευνες

2.2.1 Η επίδραση της ΕΠ στη μαθησιακή επίδοση πάνω στο μάθημα της Γεωμετρίας και στην ενίσχυση των χωρικών δεξιοτήτων στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση

Σκοπός της έρευνας των Duenser, Kaufmann, Steinbügl and Glück (2006) ήταν η διερεύνηση των δυνατοτήτων της ΕΠ στην ενίσχυση της χωρικής ικανότητας, κάνοντας σύγκριση της πειραματικής διδασκαλίας με την επίσης πειραματική διδασκαλία υποβοηθούμενη από υπολογιστή και με την παραδοσιακή διδασκαλία. Στην έρευνα συμμετείχαν 215 μαθητές/τριες από ένα Τεχνικό και ένα Γενικό Λύκειο στην Αυστρία, με μέση ηλικία τα 17 έτη. Η παρέμβαση περιλάμβανε εργασίες πάνω στο αντικείμενο της Γεωμετρίας. Οι μαθητές/τριες χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες, δύο πειραματισμού και δύο ελέγχου. Η πρώτη ομάδα πειραματισμού αξιοποίησε στη μαθησιακή διαδικασία την εφαρμογή ΕΠ «Construct3D» και η δεύτερη ένα πρόγραμμα σχεδιασμού σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, το «CAD3D-Computer Aided Design Program». Οι ομάδες ελέγχου διακρίθηκαν ανάλογα με το αν οι μαθητές/τριες διδάσκονταν Γεωμετρία στο σχολείο τους ή όχι. Η συλλογή των δεδομένων έγινε μέσα από τέσσερα τεστ χωρικών δεξιοτήτων, τα οποία χορηγήθηκαν στους/στις μαθητές/τριες πριν και 10 εβδομάδες μετά την παρέμβαση. Οι χωρικές δεξιότητες υπό εξέταση ήταν οι: Χωρικές Σχέσεις, Χωρική Οπτικοποίηση, Ταχεία Νοερή Περιστροφή και Χωρικός Προσανατολισμός. Τα αποτελέσματα έδειξαν γενική βελτίωση στην επίδοση όλων των μαθητών/τριών, ανεξαρτήτως ομάδας και φύλου. Ωστόσο, παρατηρήθηκαν διαφορές στην επίδοση των συμμετεχόντων/ουσών σε εκάστοτε τεστ χωρικής δεξιότητας ανάλογα το είδος της παρέμβασης, το φύλο τους και την πρότερη

ή όχι επαφή τους με το αντικείμενο της Γεωμετρίας. Η δεξιότητα της Χωρικής Οπτικοποίησης ενισχύθηκε περισσότερο στους άνδρες της ομάδας πειραματισμού που έκανε χρήση του «CAD3D», σε σχέση με τις γυναίκες της ίδιας ομάδας, ενώ τα αντίστροφα αποτελέσματα παρατηρήθηκαν στην ομάδα ελέγχου που είχε διδαχθεί Γεωμετρία. Η ενίσχυση της δεξιότητας του Χωρικού Προσανατολισμού επίσης εξαρτήθηκε από την παρέμβαση και το φύλο, με τους άνδρες στην ομάδα πειραματισμού που χρησιμοποίησε την εφαρμογή ΕΠ «Construct3D» να σημειώνουν μεγάλη βελτίωση και αρκετά χαμηλή στις ομάδες ελέγχου. Αντίθετα, στις γυναίκες παρατηρήθηκε χαμηλή επίδοση στην πειραματική ομάδα με την ΕΠ και υψηλή στην ομάδα ελέγχου που δεν είχε λάβει εκπαίδευση στη Γεωμετρία. Η δεξιότητα της Ταχείας Νοερής Περιστροφής, ανεξαρτήτως φύλου, βελτιώθηκε περισσότερο στην ομάδα πειραματισμού που έκανε χρήση του «CAD3D» και ακολούθησαν με χαμηλότερη επίδοση οι ομάδες ελέγχου και τέλος η ομάδα πειραματισμού που αξιοποίησε την εφαρμογή ΕΠ. Εξάιρεση αποτελεί η δεξιότητα των Χωρικών Σχέσεων που βελτιώθηκε εξίσου σε όλες τις ομάδες. Από τα παραπάνω, γίνεται εμφανές πως η ΕΠ δεν διακρίθηκε ως το καλύτερο εργαλείο ενίσχυσης της χωρικής ικανότητας και πως οι παράγοντες είδος παρέμβασης, φύλο και επαφή με τη Γεωμετρία έφεραν ανομοιογένεια στα αποτελέσματα.

Στην έρευνα των Lin, Chen and Chang (2015) εξετάστηκε η επίδραση της ΕΠ στη χωρική ικανότητα των μαθητών/τριών, κατά κύριο λόγο ανάλογα με το ακαδημαϊκό τους υπόβαθρο. Βασικοί στόχοι της έρευνας αποτέλεσαν η σύνδεση της ακαδημαϊκής επίδοσης με τη χωρική ικανότητα και η διερεύνηση της οπτικής των συμμετεχόντων/ουσών αναφορικά τόσο με τη χρηστικότητα, όσο και με το βαθμό δυσκολίας εκτέλεσης του προγράμματος. Παράλληλα, εξετάστηκε η σύνδεση των τελευταίων με την αποδοτικότητα των μαθητών/τριών. Στην έρευνα συμμετείχαν 76 μαθητές/τριες Β΄ Γυμνασίου από την Ταϊβάν. Οι μαθητές/τριες χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες πειραματισμού και δύο ομάδες ελέγχου με βάση την ακαδημαϊκή τους επίδοση (υψηλή-μέτρια-χαμηλή και υψηλή-μέτρια αντίστοιχα). Οι ομάδες πειραματισμού συμμετείχαν σε μία διδασκαλία υποστηριζόμενη από ένα πρόγραμμα ΕΠ marker-based, ενώ στις ομάδες ελέγχου χρησιμοποιήθηκαν παραδοσιακές μέθοδοι διδασκαλίας. Αντικείμενο διδασκαλίας ήταν η στερεομετρία. Η συλλογή δεδομένων

έγινε μέσα από τεστ χωρικής ικανότητας πριν και μετά την παρέμβαση, ατομικές συνεντεύξεις, ενώ οι ομάδες πειραματισμού κλήθηκαν να συμπληρώσουν επιπλέον ερωτηματολόγια αναφορικά με τη χρηστικότητα και τη δυσκολία εκτέλεσης του προγράμματος της AR και να συμμετάσχουν σε ομαδικές συνεντεύξεις. Τα ευρήματα έδειξαν πως υπάρχει πολύ υψηλή συσχέτιση ανάμεσα στη χωρική ικανότητα και την ακαδημαϊκή επίδοση. Συγκεκριμένα, όσο υψηλότερα τα ποσοστά χωρικής ικανότητας, τόσο καλύτερη η επίδοση στη Γεωμετρία. Αναφορικά με την οπτική των συμμετεχόντων/ουσών για την εφαρμογή, οι μαθητές/τριες έκριναν το σύστημα της ΕΠ χρηστικό, ιδιαίτερα όσοι είχαν χαμηλότερη ακαδημαϊκή επίδοση, και ενδιαφέρον. Τους δημιούργησε περιέργεια και ενθουσιασμό και η αυτοπεποίθησή τους αυξήθηκε, ενώ δεν αντιμετώπισαν κάποια ιδιαίτερη δυσκολία κατά την εκτέλεση του προγράμματος. Τέλος, η αποδοτικότητα των μαθητών/τριών φάνηκε αντιστρόφως ανάλογη της αντιληπτής χρηστικότητας και της δυσκολίας εκτέλεσης του προγράμματος, καθώς όσο χαμηλότερη ήταν η επίδοσή τους τόσο πιο χρηστική έκριναν την ΕΠ. Είναι σημαντικό να υπογραμμιστεί πως η διδασκαλία με τη χρήση του συστήματος ΕΠ φάνηκε να αποφέρει θετικά αποτελέσματα στις επιδόσεις όλων των μαθητών/τριών, χωρίς όμως να παρατηρηθούν διαφορές ανάμεσα στις ομάδες. Περισσότερο ωφελημένοι από τη χρήση της φάνηκαν όσοι είχαν χαμηλότερες ακαδημαϊκές επιδόσεις, πιθανώς λόγω της δυνατότητας που προσφέρει για οπτικοποίηση των γεωμετρικών σχημάτων. Καταληκτικά, εξετάστηκε και η συσχέτιση του φύλου με τις χωρικές ικανότητες, η οποία βρέθηκε χαμηλή.

Οι Gün and Atasoy (2017) μελέτησαν την επίδραση μίας εφαρμογής ΕΠ στη χωρική ικανότητα και την ακαδημαϊκή επίδοση των μαθητών/τριών και ανέλυσαν τις απόψεις εκπαιδευτικών και μαθητών/τριών αναφορικά με τα περιβάλλοντα ΕΠ. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στην πόλη Ankara της Τουρκίας και είχε διάρκεια 4 εβδομάδες. Οι μαθητές/τριες που συμμετείχαν στην έρευνα παρακολουθούσαν τη ΣΤ΄ τάξη ενός δημόσιου δημοτικού σχολείου. Ο αριθμός τους ανήλθε σε 88 για τη μέτρηση της χωρικής ικανότητας και 81 για τη μέτρηση της ακαδημαϊκής επίδοσης. Χωρίστηκαν σε δύο ομάδες πειραματισμού και δύο ομάδες ελέγχου και αντικείμενα διδασκαλίας ήταν τα γεωμετρικά αντικείμενα και η μέτρηση του όγκου. Ως βοηθήματα στη διδασκαλία, οι ομάδες ελέγχου είχαν φυσικά αντικείμενα, ενώ για τις ομάδες

πειραματισμού αναπτύχθηκε μέσω του λογισμικού «BuildAR», μία εφαρμογή ΕΠ video-image based, με φυσικούς δείκτες (η κάμερα του υπολογιστή διαβάζει τον δείκτη και παρουσιάζει μέσα από την οθόνη το επαυξημένο αντικείμενο). Στις ομάδες πειραματισμού πραγματοποιήθηκε μία πιλοτική εφαρμογή προς ενημέρωση και εξοικείωση με την ΕΠ, πριν την παρέμβαση. Ύστερα από την ολοκλήρωση της παρέμβασης και τη συλλογή και ανάλυση των ποσοτικών (τεστ Χωρικής Οπτικοποίησης και ακαδημαϊκής επίδοσης πριν και μετά την παρέμβαση) και ποιοτικών δεδομένων (φόρμες απόψεων μαθητών και εκπαιδευτικών), προέκυψε πως η χωρική ικανότητα, ιδιαίτερα η δεξιότητα της Χωρικής Οπτικοποίησης, και η ακαδημαϊκή επίδοση των μαθητών/τριών τόσο των ομάδων πειραματισμού όσο και των ομάδων ελέγχου βελτιώθηκε σημαντικά. Κατ' αυτόν τον τρόπο, γίνεται φανερό πως μέσα από τη διδασκαλία και την εξάσκηση, τόσο τα επαυξημένα όσο και τα φυσικά αντικείμενα μπορούν να προσφέρουν βελτίωση των επιδόσεων. Μικρή διαφορά στα αποτελέσματα βρέθηκε υπέρ των ομάδων πειραματισμού. Αυτό συμβαίνει καθώς η ΕΠ δίνει τη δυνατότητα οπτικοποίησης και αναδιάταξης των επαυξημένων αντικειμένων στο μυαλό του χρήστη, παρέχοντας παράλληλα περισσότερες πληροφορίες γι' αυτά (τις οποίες δεν κατέχουν τα φυσικά), χωρίς να τα απομονώνουν από το φυσικό περιβάλλον. Οι μαθητές/τριες και οι εκπαιδευτικοί έκριναν πως η ΕΠ έκανε το μάθημα πιο ευχάριστο και ενδιαφέρον, πως βοήθησε στη μάθηση και στην πιο θετική εικόνα απέναντι στο μάθημα των Μαθηματικών. Επιπλέον θετικά που σημειώθηκαν από την πλευρά των εκπαιδευτικών ήταν η εξοικονόμηση του χρόνου διδασκαλίας και η ευκαιρία που προσφέρει η AR για συνεργασία μεταξύ των μαθητών/τριών. Δύο προβλήματα που παρατήρησαν αφορούσαν τον φωτισμό της αίθουσας και την κάμερα του υπολογιστή που έδειχνε τα επαυξημένα αντικείμενα πιο σκοτεινά.

Οι Kaur, Pathan, Khwaja and Murthy (2018) ερεύνησαν την ενίσχυση των δεξιοτήτων Χωρικής Οπτικοποίησης των μαθητών/τριών και τις αντιλήψεις τους αναφορικά με τον ρόλο εφαρμογής ΕΠ στην οπτικοποίηση γεωμετρικών στερεών. Στο πλαίσιο της έρευνας δημιούργησαν την εφαρμογή ΕΠ «GeoSolvAR», η οποία περιείχε δραστηριότητες για τη διδασκαλία γεωμετρικών εννοιών· τις τρεις διαστάσεις πρόσοψη, κάτοψη και πλαϊνή όψη. Στην παρέμβαση συμμετείχαν τέσσερις μαθητές/τριες της Α΄ Γυμνασίου και η διάρκεια της έρευνας ήταν δύο μέρες. Η

συλλογή δεδομένων έγινε μέσα από βίντεο και ηχογραφήσεις που κατέγραψαν όλη την ερευνητική διαδικασία και από συνεντεύξεις των μαθητών/τριών. Τα πορίσματα της έρευνας έδειξαν πως η εφαρμογή ΕΠ δημιούργησε θετική εντύπωση στους/στις μαθητές/τριες και τους/τις βοήθησε να δουν διαφορετικές όψεις αντικειμένων, που αδυνατούσαν ή δυσκολεύονταν να οπτικοποιήσουν, σε τρεις διαστάσεις. Δυσκολία αντιμετώπισαν στην κατανόηση και ερμηνεία των ερωτήσεων και, αρχικά, στον τρόπο χρήσης της εφαρμογής. Το άρθρο καταλήγει με προτροπή για μελλοντικές έρευνες με μεγαλύτερο αριθμό συμμετεχόντων και με εμπλουτισμό της εφαρμογής με περισσότερα διδακτικά αντικείμενα και οδηγίες χρήσης.

Στην έρευνα των Gecu-Parmaksiz και Delialioğlu (2020) στόχος ήταν η σύγκριση της επίδρασης των αντικειμένων (φυσικών ή εικονικών), που αξιοποιούνται ως βοηθήματα διδασκαλίας, στις χωρικές δεξιότητες των μαθητών/τριών. Επιπλέον, εξετάστηκε η επίδραση των βοηθημάτων διδασκαλίας στις χωρικές δεξιότητες εντός της κάθε ομάδας. Η παρέμβαση είχε διάρκεια 4 εβδομάδες και συμμετείχαν 76 μαθητές/τριες Νηπιαγωγείου, ηλικίας 5-6 ετών, ενός δημόσιου Δημοτικού σχολείου στην Τουρκία. Οι μαθητές/τριες χωρίστηκαν σε ομάδα ελέγχου και ομάδα πειραματισμού για τη διδασκαλία των γεωμετρικών σχημάτων και στερεών. Οι συνεδρίες λάμβαναν χώρα μία φορά τη βδομάδα και είχαν διάρκεια 40-45 λεπτά. Κατά τη διδασκαλία, στην ομάδα ελέγχου αξιοποιήθηκαν φυσικά αντικείμενα, κάρτες με γεωμετρικά σχήματα και ξύλινα τουβλάκια, και στην ομάδα πειραματισμού εφαρμογή ΕΠ marker-based με κάρτες-δείκτες επαύξησης. Η εφαρμογή ΕΠ που χρησιμοποιήθηκε ήταν η «Augment». Η συλλογή δεδομένων έγινε με τη συμπλήρωση τεστ χωρικών δεξιοτήτων πριν και μετά την παρέμβαση. Οι μαθητές/τριες απάντησαν σε δύο τεστ, ένα που αφορούσε τη δεξιότητα Περιστροφής εικόνας και ένα τις δεξιότητες της Οπτικοποίησης και του Χωρικού Προσανατολισμού. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε πως σημειώθηκε βελτίωση στις χωρικές δεξιότητες των μαθητών/τριών και των δύο ομάδων. Ωστόσο, η ΕΠ αναδείχθηκε ως πιο επιδραστικό μέσο στην ενίσχυση των χωρικών δεξιοτήτων, συγκριτικά με τα φυσικά μέσα διδασκαλίας. Διαφορά υπέρ της ομάδας πειραματισμού παρατηρήθηκε και στη σύγκριση των αποτελεσμάτων των τεστ πριν και μετά την παρέμβαση εντός της κάθε ομάδας, με την ΕΠ να έχει περισσότερη θετική επίδραση στους/στις μαθητές/τριες. Η έρευνα καταλήγει στην

διαπίστωση ότι η χρήση αντικειμένων, είτε απτών είτε ψηφιακών, καθώς προσφέρει τη δυνατότητα θέασης των γεωμετρικών στερεών από διαφορετικές οπτικές γωνίες, μπορεί να συμβάλλει στην ενίσχυση των χωρικών δεξιοτήτων.

Στην έρευνα των İbili et al. (2020), σκοπός ήταν η εξέταση της επίδρασης μίας διδασκαλίας υποστηριζόμενης από τεχνολογία ΕΠ πάνω στο αντικείμενο της Γεωμετρίας, στις δεξιότητες τρισδιάστατης σκέψης των μαθητών/τριών. Συμμετείχαν 460 μαθητές/τριες, απόφοιτοι της Β΄ Γυμνασίου από 11 σχολεία της Τουρκίας. Οι μαθητές/τριες κάθε σχολείου χωρίστηκαν σε δύο ομάδες ελέγχου και δύο πειραματικές και παρακολουθούσαν ανά βδομάδα το διδακτικό αντικείμενο. Η συνολική διάρκεια της παρέμβασης ήταν τέσσερις εβδομάδες. Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την διδασκαλία των ομάδων ελέγχου ήταν ένας προβολέας, απτά αντικείμενα, το διδακτικό βιβλίο και σχέδια-ζωγραφίες του εκπαιδευτικού. Στις ομάδες πειραματισμού αξιοποιήθηκαν λογισμικό ΕΠ και το διδακτικό βιβλίο. Για τους σκοπούς της έρευνας, δημιουργήθηκε μία κλίμακα μέτρησης δεξιοτήτων τρισδιάστατης σκέψης, που χρησιμοποιήθηκε ως τεστ πριν και μετά την παρέμβαση για τη συλλογή των ποσοτικών δεδομένων, και αναπτύχθηκε το λογισμικό ΕΠ «AR Geometry Tutorial System-ARGTS». Έγινε έλεγχος έξι υποθέσεων. Συγκεκριμένα, ελέγχθηκε αν η διδασκαλία της Γεωμετρίας με την υποστήριξη τεχνολογίας ΕΠ βοηθάει τους/τις μαθητές/τριες να αναπτύξουν την ικανότητα να αναγνωρίζουν και να δημιουργούν γεωμετρικά στερεά, να χειρίζονται αναπαραστάσεις διαφορετικών όψεών τους, να προσδιορίζουν τα χαρακτηριστικά τους και να τα συγκρίνουν μεταξύ τους, να υπολογίζουν τον όγκο και το εμβαδόν τους και τέλος, να δομούν τρισδιάστατες σειρές κύβων. Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν πως η ΕΠ είναι μία αποτελεσματική μέθοδος διδασκαλίας για την βελτίωση των δεξιοτήτων τρισδιάστατης σκέψης των μαθητών/τριών. Οι επιδόσεις των μαθητών/τριών των ομάδων πειραματισμού ήταν πολύ καλύτερες από όσων ανήκαν στις ομάδες ελέγχου, αν και οι μαθητές/τριες, σύμφωνα με το τεστ πριν την παρέμβαση, είχαν κοινή αφετηρία σε μαθησιακό επίπεδο. Η μεγαλύτερη διαφορά στην επίδοση σημειώθηκε στην ικανότητα αναγνώρισης και δημιουργίας γεωμετρικών στερεών. Διαφορά υπέρ των ομάδων πειραματισμού παρατηρήθηκε και στην δεξιότητα χειρισμού των αναπαραστάσεων των γεωμετρικών στερεών, στον καθορισμό των ιδιοτήτων τους και τη σύγκριση των χαρακτηριστικών τους. Οι συγγραφείς

υπογραμμίζουν πως χάρη στις δυνατότητες της ΕΠ, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επεξεργαστεί τα σχήματα από διαφορετικές προοπτικές και να δει τα χαρακτηριστικά και τα στοιχεία που τα καθορίζουν. Κατ' αυτόν τον τρόπο, γίνονται κατανοητές οι ομοιότητες και οι διαφορές μεταξύ των γεωμετρικών στερεών. Σημαντικά χαμηλή διαφορά στην επίδοση των ομάδων σημειώθηκε στην ικανότητα υπολογισμού εμβαδόν και όγκου των γεωμετρικών στερεών και στην δόμηση τρισδιάστατων σειρών κύβων. Αυτό συνέβη γιατί οι μαθητές/τριες δυσκολεύονται όταν τους ζητείται να χρησιμοποιήσουν δεξιότητες Οπτικοποίησης και προτιμούν να δίνουν λύσεις χρησιμοποιώντας μαθηματικούς τύπους που έχουν απομνημονεύσει. Η έρευνα καταλήγει στην παρατήρηση πως τα εργαλεία της ΕΠ μπορούν να δημιουργήσουν ένα ισχυρό πρότυπο στο μυαλό των μαθητών/τριών, συμβάλλοντας στην ανάπτυξη δεξιοτήτων χωρικής σκέψης. Θα ήταν παράλειψη αν δεν γινόταν αναφορά στην καινοτόμο εισαγωγή εικονικών κουμπιών (virtual buttons) στο λογισμικό «ARGTS», η οποία χρήζει περαιτέρω διερεύνησης σε μελλοντικές έρευνες.

Στην έρευνα των Hanid, Said, Yahaya and Abdullah (2022) στόχος ήταν η διερεύνηση των πιθανών διαφορών δύο ομάδων μαθητών/τριών, μίας ελέγχου και μίας πειραματισμού, ως προς το επίπεδο υπολογιστικής σκέψης, δεξιοτήτων Οπτικοποίησης και επιτεύγματος στη Γεωμετρία, ύστερα από παρέμβαση. Οι ομάδες διδάχθηκαν το αντικείμενο της Γεωμετρίας και συγκεκριμένα την ευθεία και τη γωνία, τη βάση του πολύγωνου, την περίμετρο και το εμβαδόν. Η παρέμβαση είχε διάρκεια 4 εβδομάδες. Στην ομάδα πειραματισμού έγινε χρήση εφαρμογής ΕΠ με λειτουργίες υπολογιστικής σκέψης και στην ομάδα ελέγχου ακολούθηθηκαν παραδοσιακές μέθοδοι διδασκαλίας. Στην έρευνα συμμετείχαν συνολικά 124 μαθητές/τριες από δύο σχολεία δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στη Μαλαισία, οι οποίοι/ες χωρίστηκαν σε δύο ομάδες 62 ατόμων. Η συλλογή δεδομένων έγινε μέσα από την πραγματοποίηση τεστ υπολογιστικής σκέψης, δεξιοτήτων Οπτικοποίησης και Γεωμετρίας, πριν και μετά την παρέμβαση. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως ενώ δεν προϋπήρχαν διαφορές μεταξύ των ομάδων, ύστερα από την παρέμβαση σημειώθηκε σημαντική βελτίωση στην υπολογιστική σκέψη, στις δεξιότητες Οπτικοποίησης αλλά και στη Γεωμετρία των μαθητών/τριών της ομάδας πειραματισμού, συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου. Συνεισφορά της προκειμένης έρευνας αποτέλεσε η καινοτόμος χρήση ΕΠ με

λειτουργίες υπολογιστικής σκέψης στο μαθησιακό αντικείμενο της Γεωμετρίας, η οποία όπως αποδείχθηκε συνέβαλε στην κατανόηση και στην επίτευξη της επίλυσης προβλήματος στη Γεωμετρία.

Στόχος της έρευνας των Özçakır and Çakiroğlu (2022) ήταν η διερεύνηση της πρακτικότητας του εργαλείου ΕΠ «SPATIAL-AR» σε μαθησιακό περιβάλλον με κινητές συσκευές, της επίδρασής του στη χωρική ικανότητα και της προσφοράς μαθησιακών ευκαιριών στους/στις μαθητές/τριες. Στη μελέτη συμμετείχαν 8 μαθητές/τριες Α΄ Γυμνασίου από την Τουρκία, οι οποίοι/ες χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, φροντίζοντας την ύπαρξη ανομοιογένειας επιπέδων χωρικής ικανότητας. Κάθε μία από τις ομάδες αξιοποίησε στη διδασκαλία μία διαφορετική τεχνολογία ΕΠ, η πρώτη βασισμένη σε tablet και η δεύτερη σε έξυπνα γυαλιά. Η παρέμβαση υλοποιήθηκε στο πλαίσιο του μαθήματος των Μαθηματικών. Τα δεδομένα, ποιοτικά και ποσοτικά, συλλέχθηκαν από ποικιλία πηγών: τεστ Χωρικής Οπτικοποίησης πριν την παρέμβαση, τεστ χωρικής ικανότητας πριν και μετά την παρέμβαση σε μορφή συνέντευξης, ηχογραφήσεις συνεντεύξεων, βιντεοσκοπήσεις του μαθησιακού περιβάλλοντος, βίντεο από την οθόνη των συσκευών, φύλλα εργασίας των μαθητών και αρχεία παρατήρησης. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν πως ο στόχος παροχής ενός πρακτικού εργαλείου με ωφέλιμες ευκαιρίες μάθησης σε μαθητές/τριες ποικίλων επιπέδων χωρικής ικανότητας επιτεύχθηκε. Επιπλέον, σημειώθηκε βελτίωση της χωρικής ικανότητας των μαθητών/τριών, που όσο προχωρούσαν στις επόμενες εργασίες, αξιοποιούσαν την πρότερή τους γνώση και χωρικές στρατηγικές και τις προσαρμόζαν για την επίλυση νέων προβλημάτων. Τέλος, παρατηρήθηκε πως δεν υπήρξε διαφορά ανάμεσα στις τεχνολογίες ΕΠ αναφορικά με την βελτίωση της χωρικής ικανότητας των μαθητών/τριών.

2.2.2 Η επίδραση της ΕΠ στη μαθησιακή επίδοση πάνω στο μάθημα της Γεωμετρίας στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση

Σκοπός της έρευνας των Alves et al. (2017) ήταν να εξεταστεί αν η χρήση της ΕΠ για τη διδασκαλία εννοιών της στερεομετρίας μπορεί να αποδειχθεί ευεργετική σε μαθησιακό επίπεδο. Στην έρευνα συμμετείχαν 24 μαθητές/τριες ηλικίας 8-9 ετών ενός επαρχιακού Δημοτικού σχολείου στη Βραζιλία, οι οποίοι/ες χωρίστηκαν σε δύο

ισομελείς ομάδες, μία πειραματισμού και μία ελέγχου. Η παρέμβαση είχε χρονική διάρκεια μία διδακτική ώρα. Οι ομάδες διδάχθηκαν ένα εισαγωγικό μάθημα στη Γεωμετρία, με τη διαφορά πως η ομάδα πειραματισμού αξιοποίησε ΕΠ και η ομάδα ελέγχου παρακολούθησε παραδοσιακή διδασκαλία. Η εφαρμογή ΕΠ που αξιοποιήθηκε, δημιουργήθηκε από τους ερευνητές με το εργαλείο «Flaras» και ήταν marker based. Τα δεδομένα της έρευνας συλλέχθηκαν μέσα από τεστ στερεομετρίας πριν και μετά την παρέμβαση και από ένα στατιστικό τεστ για τη σύγκριση των δύο μεθόδων διδασκαλίας. Η ανάλυση των δεδομένων ανέδειξε πως όλοι/ες οι μαθητές/τριες, ανεξαρτήτως ομάδας, ωφελήθηκαν από τη διδασκαλία, φέροντας καλύτερα αποτελέσματα στο τεστ που ακολούθησε της παρέμβασης, σε σχέση με το αρχικό τεστ. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί πως οι μαθητές/τριες της ομάδας πειραματισμού είχαν σημαντικά χαμηλότερη βαθμολογία στο αρχικό τεστ σε σχέση με την ομάδα ελέγχου, με αποτέλεσμα να φαίνεται μεγαλύτερη διαφορά στις γνώσεις τους ύστερα από την παρέμβαση. Παρά το γεγονός ότι τα αποτελέσματα δε δείχνουν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις προσεγγίσεις, οι ερευνητές υποστηρίζουν πως η ΕΠ είναι πιο κατάλληλη μέθοδος για τη διδασκαλία των γεωμετρικών στερεών σε σχέση με τη δισδιάστατη απεικόνισή τους που προσφέρεται κατά την παραδοσιακή διδασκαλία. Επιπλέον, κρίνουν πως ο χωρικός συλλογισμός είναι ιδιαίτερα σημαντικός σε πολλά πεδία, όπως στην εκμάθηση των εννοιών της στερεομετρίας και αναφέρουν πως η ΕΠ μπορεί να αποδειχθεί ωφέλιμη για τους/τις μαθητές/τριες με χαμηλές χωρικές δεξιότητες. Καταληκτικά, επισημαίνεται πως η βαθμολογία των συμμετεχόντων/ουσών στα τεστ δεν μπορεί να σταθεί ως το μοναδικό μέσο σύγκρισης των δύο μεθόδων διδασκαλίας, όπως έγινε στην εν λόγω έρευνα. Σε μελλοντικές έρευνες είναι καλό να γίνει συλλογή περισσότερων δεδομένων, με στόχο την εμπειριστατωμένη εξαγωγή πορισμάτων.

Σκοπός της έρευνας των Cetintav and Yilmaz (2023) ήταν η διερεύνηση της επίδραση της πειραματικής διδασκαλίας με χρήση ΕΠ σε σχέση με την παραδοσιακή πάνω στα ακαδημαϊκά επιτεύγματα, στις δεξιότητες αυτορρυθμιζόμενης μάθησης και στα κίνητρα των μαθητών/τριών ενός Γυμνασίου στην Τουρκία. Ακόμη, εξετάστηκαν και οι απόψεις των μαθητών/τριών της ομάδας πειραματισμού πάνω στη χρήση της ΕΠ στη μαθησιακή διαδικασία. Το μαθησιακό αντικείμενο αφορούσε τα γεωμετρικά

στερεά πρίσμα, κώνος, κύλινδρος, πυραμίδα, τα βασικά χαρακτηριστικά τους, τα αναπτύγματά τους, το εμβαδόν και ο όγκος του κυλίνδρου. Δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 40 μαθητές/τριες της Γ΄ τάξης, οι οποίοι/ες διακρίθηκαν σε δύο ισομελείς ομάδες, μία πειραματισμού και μία ελέγχου. Η παρέμβαση που υλοποιήθηκε ακολούθησε ημι-πειραματικό σχεδιασμό και η συλλογή των δεδομένων έγινε μέσα από τεστ γνώσεων, κλίμακα αυτορρυθμιζόμενης μάθησης, κλίμακα κινήτρων πριν και μετά την παρέμβαση και συνεντεύξεις της ομάδας πειραματισμού, μετά την παρέμβαση, αναφορικά με την αποδοχή της τεχνολογίας ΕΠ. Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε πως η ομάδα πειραματισμού έφερε θετικότερα αποτελέσματα από την ομάδα ελέγχου. Με την ΕΠ, το μαθησιακό περιεχόμενο έγινε πιο κατανοητό και αυξήθηκε η μαθησιακή επίδοση των μαθητών/τριών σε σύγκριση με τη παραδοσιακή διδασκαλία. Ακόμη, οι μαθητές/τριες της ομάδας πειραματισμού έδειξαν πως διαθέτουν περισσότερες δεξιότητες αυτορρυθμιζόμενης μάθησης χάρη στην επίδραση της ΕΠ σε σχέση με την ομάδα ελέγχου, καθώς και μεγαλύτερο κίνητρο για εμπλοκή στη μαθησιακή διαδικασία. Επιπλέον, οι μαθητές/τριες έκριναν την εφαρμογή εκπαιδευτικά χρήσιμη. Ιδιαίτερα, τη θεώρησαν ευεργετική στη διευκόλυνση της μάθησης και τη διατήρηση της γνώσης. Εκτίμησαν ως πολύ θετικό ότι η μάθηση τελούσαν σε διασκεδαστικό πλαίσιο, προσέκλυε το ενδιαφέρον τους με συνέπεια να είναι περισσότερο ενεργοί στη μαθησιακή διαδικασία.

Σκοπός της έρευνας των Gargrish, Mantri and Kaur (2022) ήταν η διερεύνηση της επίδρασης της διδασκαλίας με χρήση ΕΠ στη μακροχρόνια διατήρηση της γνώσης στη μνήμη σε σύγκριση με πρόγραμμα υπολογιστή. Δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 54 μαθητές/τριες Γ΄ Λυκείου από την Ινδία, και αντικείμενο μελέτης ήταν τα γεωμετρικά στερεά. Οι μαθητές/τριες διακρίθηκαν σε δύο ομάδες, μία πειραματισμού και μία ελέγχου. Η ομάδα πειραματισμού αξιοποίησε την εφαρμογή ΕΠ (AR-based Geometry Learning Assistant- GLA), η οποία αναπτύχθηκε για τις ανάγκες της έρευνας, ενώ η ομάδα ελέγχου την «Interactive Simulations», μία εφαρμογή στο διαδίκτυο, που προσφέρει δισδιάστατη διαδραστική οπτικοποίηση μαθηματικών εννοιών. Η συλλογή δεδομένων έγινε με δύο τρόπους, μέσα από ένα τεστ γνώσεων πριν από την παρέμβαση και μέσα από ένα ερωτηματολόγιο γνώσεων-αξιολόγηση. Το ερωτηματολόγιο συμπληρώθηκε τρεις φορές: αμέσως μετά την παρέμβαση, στις 2

εβδομάδες και στους 2 μήνες για τον έλεγχο της διατήρησης της νέας γνώσης στη μνήμη. Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε πως αν και αμέσως μετά την παρέμβαση οι δύο ομάδες μαθητών/τριών δεν έφεραν διαφορές στις επιδόσεις τους, μετά το πέρας του δεύτερου ελέγχου στις 2 εβδομάδες αλλά και του τρίτου στους 2 μήνες, οι μαθητές/τριες της ομάδας πειραματισμού είχαν διατηρήσει καλύτερα τις νέες γνώσεις στη μνήμη τους. Ακόμη, πραγματοποιήθηκε σύγκριση ανάμεσα στα δύο φύλα και αποδείχθη πως όλοι/ες οι μαθητές/τριες που χρησιμοποίησαν την ΕΠ, ανεξαρτήτως φύλου, ενίσχυσαν τα μαθησιακά τους κίνητρα, τις δεξιότητες επίλυσης προβλήματος και τη μαθησιακή τους επίδοση.

Σκοπός της έρευνας των Hwang, Nurtantyana, Purba, Hariyanti and Suprpto (2023) ήταν η σύγκριση της μαθησιακής επίδοσης στη διδασκαλία με χρήση τεχνολογίας ΕΠ και στην παραδοσιακή διδασκαλία, καθώς και η συσχέτιση της επίδοσης με τη μαθησιακή συμπεριφορά και τις μαθησιακές αξιολογήσεις. Στο πλαίσιο της έρευνας αναπτύχθηκε η εφαρμογή ΕΠ «Authentic Geometry Go» με τη βοήθεια της οποίας οι μαθητές/τριες προχώρησαν στη μέτρηση του μήκους και των γωνιών φυσικών γεωμετρικών σχημάτων. Το δείγμα της έρευνας απαρτιζόταν από 50 μαθητές/τριες της Δ΄ τάξης ενός δημοτικού σχολείου, οι οποίοι διακρίθηκαν σε δύο ισομελείς ομάδες, πειραματισμού και ελέγχου. Η παρέμβαση διήρκησε 8 εβδομάδες. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν πως η ομάδα πειραματισμού έφερε καλύτερες επιδόσεις και σημείωσε μεγαλύτερη βελτίωση από την ομάδα ελέγχου. Διαπιστώθηκε πως παράγοντας που μπορεί να προβλέψει τα μαθησιακά επιτεύγματα των μαθητών/τριών ήταν η ακρίβεια μέτρησης γραμμών. Στην ομάδα πειραματισμού αποδείχθηκε υψηλή συσχέτιση των επιτευγμάτων τους με τις μαθησιακές συμπεριφορές και τις αξιολογήσεις. Παραδειγματικά, οι μαθητές/τριες που διάβαζαν το μαθησιακό υλικό πριν την πρακτική με την εφαρμογή ΕΠ, είχαν καλύτερη επίδοση. Επίσης, οι μαθητές/τριες με υψηλές επιδόσεις μπορούσαν με επιτυχία να αξιολογήσουν συμμαθητές/τριές τους με τρόπο ανάλογο των εκπαιδευτικών τους.

Σκοπός της έρευνας των Rossano, Lanzilotti, Cazzolla, and Rosselli (2020) ήταν να διερευνηθεί η επίδραση της ΕΠ στη διδασκαλία ως προς τα μαθησιακά οφέλη, την εμπλοκή στη μαθησιακή διαδικασία και την αντίληψη σχετικά με τον φόρτο εργασίας κατά την παρέμβαση. Στο πλαίσιο της έρευνας αναπτύχθηκε η εφαρμογή ΕΠ «Geo+»

και το αντικείμενο διδασκαλίας ήταν τα γεωμετρικά στερεά. Δείγμα αποτέλεσαν 96 μαθητές/τριες της Γ΄ τάξης δημοτικού σχολείου, οι οποίοι στο σύνολό τους συμμετείχαν στην πειραματική παρέμβαση, χωρίς την ύπαρξη ομάδας ελέγχου. Η παρέμβαση διήρκησε μία μέρα και τα δεδομένα που συλλέχθηκαν ήταν τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά. Τα ποιοτικά δεδομένα αφορούσαν τις σημειώσεις του παρατηρητή για σημαντικές συμπεριφορές ή σχόλια μαθητών/τριών. Σε ό,τι αφορά τα ποσοτικά δεδομένα, χορηγήθηκε ένα τεστ γνώσεων πριν και μετά την παρέμβαση, καθώς και ένα ερωτηματολόγιο μετά την παρέμβαση για τη διερεύνηση της εμπλοκής των μαθητών/τριών στη μαθησιακή διαδικασία και τη διερεύνηση των αντιλήψεών τους ως προς τον φόρτο εργασίας. Τα πορίσματα έδειξαν πως η εφαρμογή ΕΠ είναι αποτελεσματική στη μάθηση, με τους/τις μαθητές/τριες να εμπλέκονται ενεργά στη διαδικασία και να νιώθουν ικανοποιημένοι από τις επιδόσεις τους. Παρατηρήθηκε, ακόμη, πως ο φόρτος εργασίας δεν έγινε αντιληπτός, διότι η εφαρμογή τους δημιουργούσε κίνητρο και ενδιαφέρον.

Σκοπός της έρευνας των Sarkar, Pillai and Gupta (2018) ήταν να παρατηρηθεί η αλληλεπίδραση των μαθητών/τριών με εφαρμογή ΕΠ σε επίπεδο συνεργασίας και να μελετηθεί η επίδραση της συνεργατικής ενασχόλησης με την εφαρμογή στην μαθησιακή τους επίδοση. Στην έρευνα συμμετείχαν 32 μαθητές/τριες της Α΄ Γυμνασίου ενός σχολείου στην Ινδία, οι οποίοι/ες χωρίστηκαν σε δύο ισομελείς ομάδες, μία πειραματισμού και μία ελέγχου. Η έρευνα ολοκληρώθηκε μέσα σε μία σχολική μέρα. Αντικείμενο διδασκαλίας ήταν τα γεωμετρικά στερεά. Στην ομάδα πειραματισμού χορηγήθηκε η εφαρμογή ΕΠ «Scholar», που δημιουργήθηκε για τις ανάγκες της έρευνας, και στην ομάδα ελέγχου απτά γεωμετρικά στερεά. Κατά τη διάρκεια της παρέμβασης χρησιμοποιήθηκαν κάμερες για την καταγραφή του εγχειρήματος και των αντιδράσεων των μαθητών/τριών όσο ασχολούνταν με την εφαρμογή. Η συλλογή δεδομένων έγινε μέσα από τεστ μετά την παρέμβαση, από συνεντεύξεις που διεξάχθηκαν στις ομάδες μαθητών που χρησιμοποίησαν την εφαρμογή ΕΠ και μέσα από την παρατήρηση αρχείων βίντεο. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης των δεδομένων ανέδειξαν πως η μαθησιακή επίδοση της ομάδας πειραματισμού ήταν καλύτερη από της ομάδας ελέγχου. Φάνηκε πως η ομάδα πειραματισμού κατανόησε καλύτερα τις έννοιες που διδάχθηκε χάρη στην ΕΠ.

Επιπλέον, απεφάνθη πως η συνεργατική μάθηση βοήθησε τους/τις μαθητές/τριες σε μαθησιακό επίπεδο. Οι ερευνητές εικάζουν πως αυτό οφείλεται στη δυνατότητα που προσφέρει η συνεργασία για συζήτηση θεμάτων και αμφιβολιών που προκύπτουν αναφορικά με το αντικείμενο μελέτης και οδηγεί κατ' επέκταση σε κατάκτηση της νέας γνώσης. Είναι σημαντικό να υπογραμμιστεί ότι οι ερευνητές έκριναν την εφαρμογή «Scholar» βοηθητική ως προς την ενίσχυση της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης και την συνειδητοποίηση της ύπαρξης τρισδιάστατων σχημάτων στο περιβάλλον. Κατέληξαν στο εν λόγω συμπέρασμα, καθώς κατά τη διάρκεια της παρέμβασης παρότρυναν τους/τις μαθητές/τριες να δημιουργήσουν κάποια σενάρια ή αντικείμενα με βασικά γεωμετρικά σχήματα, οδηγώντας κατ' αυτόν τον τρόπο σε εξάσκηση των δεξιοτήτων Οπτικοποίησης.

Σκοπός της έρευνας των Demitriadou et al. (2020) ήταν η σύγκριση της παραδοσιακής διδασκαλίας των γεωμετρικών σχημάτων και στερεών με τη διδασκαλία χρησιμοποιώντας τεχνολογίες ΕΠ και VR ως προς τη μαθησιακή επίδοση των μαθητών/τριών. Στην παρέμβαση συμμετείχαν 30 μαθητές/τριες των Δ', Ε' και ΣΤ' τάξεων ενός δημοτικού σχολείου στην Κύπρο. Χωρίστηκαν σε δύο ομάδες πειραματισμού, η μία εκ των οποίων χρησιμοποίησε μία εφαρμογή VR και η άλλη μία εφαρμογή ΕΠ marker-based, και σε μία ομάδα ελέγχου που παρακολούθησε παραδοσιακή διδασκαλία με εκτυπωμένο υλικό. Στις ομάδες υπήρξε ίσος διαμοιρασμός σε φύλο και ηλικίες μαθητών/τριών. Ο χρόνος της παρέμβασης ανήλθε στα 20 λεπτά για την κάθε ομάδα. Η συλλογή δεδομένων έγινε με ερωτηματολόγια πριν και μετά την παρέμβαση. Τα ερωτηματολόγια αφορούσαν τον έλεγχο των γνώσεων των μαθητών/τριών, αλλά και την αξιολόγηση του μέσου διδασκαλίας που αξιοποιήθηκε στην παρέμβαση. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε πως οι τεχνολογίες VR και ΕΠ οδήγησαν σε καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα και μεγαλύτερη κατανόηση μαθηματικών εννοιών σε σύγκριση με τα παραδοσιακά μέσα διδασκαλίας, ενώ δεν παρατηρήθηκε διαφορά ανάμεσα στις τεχνολογίες αναφορικά με την αποτελεσματικότητά τους. Παράλληλα, απεφάνθη πως όλοι/ες οι μαθητές/τριες είχαν μία θετική μαθησιακή εμπειρία ανεξαρτήτως είδους παρέμβασης. Ωστόσο, οι μαθητές/τριες των ομάδων πειραματισμού έδειξαν να προτιμούν την ενσωμάτωση των τεχνολογιών VR και ΕΠ στη μαθησιακή διαδικασία. Πιθανό αίτιο είναι η

διαδραστικότητα που προσφέρουν, η οποία ενισχύει το ενδιαφέρον και το κίνητρο των μαθητών/τριών για συμμετοχή και παρακολούθηση του μαθήματος.

Η διερευνητική μελέτη των Flores-Bascuñana, Diago, Villena-Taranilla and Yáñez (2020) εστίασε στην εξέταση της ικανότητας της τεχνολογίας ΕΠ στην εκμάθηση τρισδιάστατου γεωμετρικού περιεχομένου μέσα από δραστηριότητες. Η παρέμβαση πραγματοποιήθηκε σε μία τάξη 30 μαθητών/τριών της ΣΤ' Δημοτικού ενός σχολείου στην Ισπανία και χωρίστηκε σε 5 συνεδρίες των 45 λεπτών. Οι μαθητές/τριες διακρίθηκαν σε δύο ομάδες 15 ατόμων, μία ελέγχου και μία πειραματισμού. Το αντικείμενο διδασκαλίας αφορούσε γεωμετρικά στερεά: το πολύεδρο, το πρίσμα και τον κώνο. Στην ομάδα ελέγχου χρησιμοποιήθηκαν απτά βοηθήματα, γεωμετρικά στερεά και αναπτύγματα στερεών, και στην ομάδα πειραματισμού οι εφαρμογές «AR Geometry» και «Quiver». Πριν την παρέμβαση χορηγήθηκε ένα αρχικό τεστ που έδειξε πως το δείγμα των μαθητών/τριών ως προς τις γνώσεις ήταν ομοιογενές. Για τη διερεύνηση των αποτελεσμάτων της παρέμβασης αναπτύχθηκε ένα τεστ που χορηγήθηκε σε γραπτή μορφή ύστερα από την ολοκλήρωσή της. Τα αποτελέσματα του τεστ φανέρωσαν σημαντική βελτίωση των γνώσεων όλων των μαθητών/τριών, ανεξαρτήτως ομάδων. Ωστόσο, σύμφωνα με τους ερευνητές, τα αποτελέσματα της ομάδας πειραματισμού ήταν ελάχιστα καλύτερα σε σχέση με της ομάδας ελέγχου, ενώ οι μαθητές/τριες έδειξαν ιδιαίτερη ικανοποίηση από τη χρήση της τεχνολογίας ΕΠ. Καταληκτικά, οι ερευνητές τόνισαν την απουσία ενός τυποποιημένου τεστ πριν την παρέμβαση για την ορθή σύγκριση των αποτελεσμάτων μετά τη διδασκαλία και πρότειναν την χρήση του κατά την υλοποίηση αντίστοιχης έρευνας στο μέλλον.

Σκοπός της έρευνας των Pujiastuti and Haryadi (2023) ήταν η διερεύνηση της επίδρασης της ΕΠ στον μαθηματικό γραμματισμό πάνω στο αντικείμενο της Γεωμετρίας. Δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 60 μαθητές/τριες Γυμνασίου στην Ινδονησία. Διακρίθηκαν σε δύο ισομελείς ομάδες, μία πειραματισμού και μία ελέγχου. Η ομάδα πειραματισμού ακολούθησε τη διδακτική μέθοδο της καθοδηγούμενης διερεύνησης με ΕΠ (Guided Inquiry Learning- Augmented Reality- DILAR) και η ομάδα ελέγχου τη μάθηση μέσω άμεσης διδασκαλίας (Direct Instruction Learning- DIL). Η παρέμβαση διήρκεσε 8 εβδομάδες. Η συλλογή δεδομένων έγινε μέσα από τεστ γνώσεων πριν και μετά την παρέμβαση. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η μέθοδος

DILAR με ΕΠ απέφερε μεγαλύτερη βελτίωση στον μαθηματικό γραμματισμό των μαθητών/τριών και στις δεξιότητές τους.

Σκοπός της έρευνας των Schutera et al. (2021) ήταν η διερεύνηση των δυνατοτήτων της εφαρμογής ΕΠ «cleARmaths», που αξιοποιήθηκε, σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε από τους/τις ερευνητές/τριες για τη διδασκαλία της Διανυσματικής Γεωμετρίας. Δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 15 μαθητές/τριες Γ΄ τάξης ενός λυκείου στη Γερμανία και υλοποιήθηκε με την συμμετοχή του συνόλου των συμμετεχόντων/ουσών στην πειραματική παρέμβαση, χωρίς την ύπαρξη ομάδας ελέγχου για τη δημιουργία συγκρίσεων. Η συλλογή των δεδομένων έγινε μέσα από ερωτηματολόγιο διερεύνησης των απόψεων των μαθητών/τριών σε ό,τι αφορά τη χρησιμότητα, την ευκολία χρήσης, τη συνάφεια με τα έργα που εκτελούσαν και την αναγκαιότητα βελτιστοποίησης της εφαρμογής. Σύμφωνα με τους/τις μαθητές/τριες, η εφαρμογή ΕΠ εξυπηρετεί τη διενέργεια δραστηριοτήτων στα Μαθηματικά χωρίς να χρειάζεται να καταβληθεί μεγάλη προσπάθεια. Πιστεύουν πως επιδρά θετικά στην ικανότητα τους για νοερή οπτικοποίηση των αντικειμένων σε τρεις διαστάσεις και διευκολύνει τη διόρθωση κάποιων παρανοήσεών τους σε ό,τι αφορά το μαθησιακό περιεχόμενο. Λαμβάνοντας υπόψη ότι επρόκειτο για την πρώτη τους επαφή με ασκήσεις στην μορφή που παρουσιάστηκαν μέσα από την ΕΠ, χαρακτήρισαν την εφαρμογή εύκολη στη χρήση, άρτια σχεδιασμένη και αναγνώρισαν τη συνολική τους εμπειρία ως πολύ ενδιαφέρουσα. Στους/στις μαθητές/τριες και τον εκπαιδευτικό ζητήθηκε, ακόμα, η ανατροφοδότησή τους για τη λειτουργία της εφαρμογής, καθώς και να προτείνουν ιδέες σχετικά με τη βελτίωσή της.

Στην έρευνα των Sun and Chen (2020), στόχος ήταν ο σχεδιασμός ενός προγράμματος ενισχυτικής διδασκαλίας στα Μαθηματικά για την καλυτέρευση της μαθησιακής επίδοσης μαθητών/τριών και την ανάλυση της επίδρασής του στο μαθησιακό τους επίπεδο. Οι συμμετέχοντες/ουσες στην έρευνα ήταν 60 μαθητές/τριες της ΣΤ΄ τάξης ενός δημοτικού σχολείου στην Ταϊβάν. Καθώς επρόκειτο για δύο τμήματα της ΣΤ΄, το πρώτο τμήμα ορίστηκε ως ομάδα πειραματισμού και το δεύτερο ως ομάδα ελέγχου. Η παρέμβαση είχε διάρκεια 6 εβδομάδες και λάμβανε χώρα σε ημερήσια βάση για μία διδακτική ώρα στο πλαίσιο του μαθήματος των Μαθηματικών. Το αντικείμενο διδασκαλίας αφορούσε το εμβαδόν της επιφάνειας σύνθετου κύβου. Η

ομάδα πειραματισμού έκανε χρήση της εφαρμογής ΕΠ «AURASMA» και η ομάδα ελέγχου ακολούθησε το σχολικό βιβλίο. Η εφαρμογή ΕΠ προσέφερε στους/στις μαθητές/τριες επαυξημένα τρισδιάστατα γεωμετρικά στερεά, τα οποία μπορούσαν να χειριστούν μέσα από τη διχοτόμηση, συμπλήρωση και ανασυνδυασμό τους. Η συλλογή των δεδομένων της έρευνας έγινε μέσα από τεστ πριν και μετά την παρέμβαση. Από το τεστ που χορηγήθηκε πριν την παρέμβαση, οι ερευνητές διαπίστωσαν πως οι γνώσεις των μαθητών/τριών των δύο ομάδων πάνω στο αντικείμενο μελέτης βρίσκονταν στο ίδιο επίπεδο. Επιπροσθέτως, εντόπισαν τους τύπους λαθών στα οποία ενέπιπταν οι μαθητές/τριες και αφορούσαν τη σύγχυση των εννοιών όγκος και εμβαδόν, παραλείψεις ή επαναλήψεις στη μέτρηση κλπ. Ύστερα από την ολοκλήρωση του τεστ που ακολουθεί της παρέμβασης και την ανάλυση των δεδομένων, προέκυψε πως τόσο η ομάδα ελέγχου όσο και η ομάδα πειραματισμού βοηθήθηκαν από την ενισχυτική διδασκαλία και τα ποσοστά των προαναφερθέντων λαθών μειώθηκαν. Ωστόσο, η ομάδα πειραματισμού έφερε μεγαλύτερη βελτίωση. Σημαντικό να υπογραμμιστεί είναι πως η εφαρμογή ΕΠ παρείχε στους/στις μαθητές/τριες την ευκαιρία να ενισχύσουν και τη δεξιότητα της Χωρικής Οπτικοποίησης, λόγω των λειτουργιών διχοτόμησης, συμπλήρωσης και ανασυνδυασμού των γεωμετρικών στερεών και προτείνεται σε μελλοντικές έρευνες να αξιοποιηθεί με αυτόν τον σκοπό.

Σκοπός της έρευνας των Ibáñez, Uriarte Portillo, Zatarain Cabada and Barrón (2020) ήταν η διερεύνηση της επίδρασης της χρήσης τεχνολογίας ΕΠ στη μαθησιακή επίδοση και το κίνητρο μαθητών/τριών ιδιωτικών και δημόσιων γυμνασίων στο Μεξικό. Ακόμη, εξετάστηκε ο βαθμός που ο διαφορετικός τύπος σχολείου, επηρεάζει την μαθησιακή επίδοση και το κίνητρο των μαθητών/τριών. Μαθησιακό αντικείμενο της έρευνας αποτέλεσαν τα γεωμετρικά στερεά. Για την εξυπηρέτηση του σκοπού της έρευνας, δημιουργήθηκαν δύο εφαρμογές, πάνω στο ίδιο αντικείμενο μελέτης. Η μία ήταν εφαρμογή ΕΠ (AR-based) και η δεύτερη διαδικτυακή εφαρμογή (Web-based). Δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 93 μαθητές/τριες. Η συλλογή των δεδομένων έγινε μέσα από τεστ γνώσεων πριν και μετά την παρέμβαση και ερωτηματολόγιο κινήτρου σε ό,τι αφορά το εκπαιδευτικό υλικό. Η παρέμβαση έλαβε χώρα εντός 2 εβδομάδων, με συνολική διάρκεια 5 ώρες. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η μαθησιακή επίδοση εξαρτήθηκε από τον τύπο σχολείου που φοιτούσαν οι μαθητές/τριες. Ιδιαίτερα, οι

μαθητές/τριες των δημόσιων σχολείων είχαν καλύτερη επίδοση με τη χρήση της εφαρμογής ΕΠ σε σχέση με την διαδικτυακή εφαρμογή. Οι μαθητές/τριες των ιδιωτικών σχολείων βελτιώθηκαν, χωρίς να παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις ομάδες ελέγχου και πειραματισμού. Σε ό,τι αφορά το κίνητρο, αν και η χρήση της ΕΠ κινητοποίησε το σύνολο των μαθητών/τριών, διαπιστώθηκε διαφορά υπέρ των μαθητών/τριών των ιδιωτικών σχολείων.

Σκοπός της έρευνας των İbili and Şahin (2015) ήταν η διερεύνηση της επίδρασης της διδασκαλίας με χρήση τεχνολογίας ΕΠ στη μαθησιακή επίδοση και τη στάση των μαθητών/τριών απέναντι στα Μαθηματικά. Επίσης, μελετήθηκαν οι απόψεις των εκπαιδευτικών και των μαθητών/τριών πάνω στη χρήση της ΕΠ. Δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν μαθητές/τριες σχολείων πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην Τουρκία. Χωρίστηκαν σε ομάδες πειραματισμού και ελέγχου. Το αντικείμενο μελέτης ήταν τα γεωμετρικά στερεά. Η παρέμβαση διήρκησε 4 εβδομάδες. Η ομάδα πειραματισμού αξιοποίησε εφαρμογή ΕΠ «ARGE3D», που δημιουργήθηκε για τις ανάγκες της έρευνας, ενώ η ομάδα ελέγχου παρακολούθησε παραδοσιακή διδασκαλία. Η συλλογή δεδομένων έγινε μέσα από τεστ γνώσεων, τεστ γεωμετρικού συλλογισμού, κλίμακα στάσεων απέναντι στα Μαθηματικά, συνεντεύξεις μαθητών/τριών και εκπαιδευτικών και αρχεία παρατήρησης και βίντεο. Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε πως η μαθησιακή επίδοση και των δύο ομάδων βελτιώθηκε, χωρίς να υπάρχει κάποια διαφορά υπέρ της ομάδας πειραματισμού. Αντίθετα, σε ό,τι αφορά τον γεωμετρικό συλλογισμό η ομάδα πειραματισμού σημείωσε καλύτερα αποτελέσματα. Στον έλεγχο των στάσεων απέναντι στα Μαθηματικά στις ομάδες δεν εντοπίστηκαν διαφορές. Σημειώνεται πως βελτιωμένη στάση εκδήλωσαν οι μαθητές/τριες που αρχικά εμφανίζονταν αρνητικοί/ές απέναντι στο μάθημα. Τόσο οι εκπαιδευτικοί όσο και οι μαθητές/τριες δήλωσαν πως η ΕΠ βοηθάει στην κατανόηση αφηρημένων μαθηματικών εννοιών και στην αποφυγή παρανοήσεων, που μπορεί να προκύψουν από την άστοχη σχεδίαση των εννοιών από τους/τις εκπαιδευτικούς στον πίνακα της τάξης. Τέλος, παρατήρησαν πως το μάθημα με την εφαρμογή «ARGE3D» έγινε πιο ενδιαφέρον και διασκεδαστικό διότι διατήρησε αμείωτη τη συγκέντρωση των μαθητών/τριών.

Οι Iwano, Pereira and Scherer (2021) πραγματοποίησαν μία έρευνα με μαθητές/τριες Β΄ Λυκείου στη Βραζιλία. Σκοπός της έρευνας ήταν η έκθεση της

εμπειρίας από τη χρήση ενός εργαλείου ΕΠ στη διδασκαλία και η σύγκριση της με την παραδοσιακή διδασκαλία. Οι μαθητές/τριες χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, μία ελέγχου που ακολούθησε παραδοσιακή διδασκαλία και μία πειραματισμού που αξιοποίησε λογισμικό ΕΠ. Το εργαλείο ΕΠ που χρησιμοποιήθηκε για την έρευνα ήταν το λογισμικό «Flaras». Το περιεχόμενο διδασκαλίας αφορούσε τη χωρική γεωμετρία και συγκεκριμένα οι μαθητές/τριες διδάχθηκαν το σημείο, τη γραμμή και το επίπεδο, τη σχετική θέση μεταξύ δύο γραμμών, τις σχετικές θέσεις μεταξύ δύο επιπέδων και μεταξύ ευθείας και επιπέδου, τον παραλληλισμό, την καθετότητα και το πολύεδρο (γεωμετρικό στερεό). Η διάρκεια των μαθημάτων για την ομάδα ελέγχου ήταν 20 ώρες (10 δίωρες συναντήσεις) ενώ για την ομάδα πειραματισμού 8 ώρες (4 δίωρες συναντήσεις), λόγω ζητημάτων μετακίνησης. Το αναμενόμενο αποτέλεσμα της έρευνας ήταν πως η ομάδα πειραματισμού θα έχει καλύτερη μαθησιακή επίδοση από την ομάδα ελέγχου λόγω της μεγαλύτερης ενίσχυσης της Χωρικής Οπτικοποίησης των μαθητών/τριών. Ύστερα από την παρατήρηση και τη σύγκριση των εμπειριών των δύο ομάδων έγινε φανερό πως η χρήση του λογισμικού ΕΠ οδήγησε σε πιο αποδοτικές τάξεις, με καλύτερη κατανόηση του περιεχόμενου διδασκαλίας και σε μαθητές/τριες με περισσότερο κίνητρο για συμμετοχή στη μαθησιακή διαδικασία. Παράλληλα παρατηρήθηκε πως στην ομάδα πειραματισμού οι τέσσερις συναντήσεις ήταν αρκετές για να ολοκληρωθεί το περιεχόμενο διδασκαλίας, ενώ η ομάδα ελέγχου παρά τις περισσότερες σε αριθμό συναντήσεις δεν κατάφερε να τελειώσει την ύλη. Επιπλέον, στην ομάδα ελέγχου υπήρξαν δυσκολίες στην κατανόηση του περιεχομένου και την επίλυση απλών ασκήσεων και οι μαθητές έδειξαν έλλειψη κινήτρου. Τα προβλήματα που παρατηρήθηκαν με το λογισμικό ΕΠ ήταν τεχνικής φύσης και αφορούσαν την οθόνη και την κάμερα των υπολογιστών.

Στην έρευνα των Uriarte-Portillo, Zatarain-Cabada, Barrón-Estrada, Ibáñez and González-Barrón (2023) διερευνήθηκε η επίδραση δύο εφαρμογών ΕΠ στη μαθησιακή επίδοση και στο μαθησιακό κίνητρο. Δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 102 μαθητές/τριες της Γ΄ Γυμνασίου από ιδιωτικά και δημόσια σχολεία στο Μεξικό, οι οποίοι/ες διακρίθηκαν σε δύο ομάδες, μία πειραματισμού και μία ελέγχου. Η μία εφαρμογή ΕΠ λεγόταν «ARGeoITS», αξιοποιήθηκε από την ομάδα πειραματισμού, και περιλάμβανε ένα ευφυές σύστημα διδασκαλίας (intelligent tutoring system- ITS). Το

σύστημα ITS προσέφερε προσωποποίηση των δραστηριοτήτων που προτείνονται στους/στις μαθητές/τριες με βάση τις γνώσεις και τις δεξιότητές τους. Η δεύτερη εφαρμογή ΕΠ ονομαζόταν «ARGeo», χρησιμοποιήθηκε από την ομάδα ελέγχου, και κάλυπτε το ίδιο μαθησιακό περιεχόμενο και τις ίδιες δραστηριότητες με την πρώτη εφαρμογή, χωρίς να περιλαμβάνει το σύστημα ITS. Η παρέμβαση διήρκησε συνολικά δύο συνεδρίες της 1,5 ώρας. Αντικείμενο μελέτης ήταν η εκμάθηση βασικών εννοιών στη Γεωμετρία. Η συλλογή δεδομένων έγινε μέσα από ένα τεστ γνώσεων και ένα ερωτηματολόγιο που διέγνωσε τα μαθησιακά κίνητρα πριν και μετά την παρέμβαση. Τα πορίσματα της έρευνας έδειξαν πως και οι δύο εφαρμογές ΕΠ είχαν θετική επίδραση στην εκμάθηση του περιεχομένου της Γεωμετρίας. Ωστόσο, διαπιστώθηκε διαφορά υπέρ της ομάδας πειραματισμού, καθώς και υπέρ των μαθητών/τριών που προέρχονταν από ιδιωτικά σχολεία. Αντίστοιχα, θετική επίδραση στα μαθησιακά κίνητρα έφεραν και οι δύο εφαρμογές ΕΠ, λόγω του ενδιαφέροντος και της διασκέδασης που προσέφεραν, με την ομάδα πειραματισμού να διακρίνεται ιδιαίτερα ως προς τη συγκέντρωση στο μάθημα και την ενίσχυση της αυτοπεποίθησης. Οι ερευνητές/τριες με βάση τα αποτελέσματα υπογραμμίζουν πως η εφαρμογή ΕΠ εμπλουτισμένη με ITS μπορεί να προσφέρει καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα και μεγαλύτερο κίνητρο.

Στην έρευνα των Yaniawati, Sudirman, Mellawaty, Indrawan and Mubarika (2023) σκοπός ήταν η διερεύνηση των δυνατοτήτων της ΕΠ ως διδακτική πηγή για τη διδασκαλία της Γεωμετρίας, καθώς και η στάση των μαθητών/τριών απέναντι στη χρήση της ΕΠ στη μαθησιακή διαδικασία. Δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 26 μαθητές/τριες από τρία Γυμνάσια στην Ινδονησία, και όλοι χρησιμοποίησαν την ΕΠ, απαρτίζοντας την ομάδα πειραματισμού. Η παρέμβαση υλοποιήθηκε σε 7 διαδικτυακές συνεδρίες, καθώς έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια της πανδημίας του COVID-19. Αντικείμενο διδασκαλίας ήταν τα γεωμετρικά στερεά, και ιδιαίτερα η εκμάθηση των βασικών χαρακτηριστικών, των αναπτυγμάτων και του όγκου τους. Η συλλογή των δεδομένων έγινε με τεστ γνώσεων πάνω στην Στερεομετρία, με συνεντεύξεις μαθητών/τριών και με αρχεία παρατήρησης. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η ΕΠ μπορεί να διευκολύνει την κατανόηση εννοιών στη Γεωμετρία και να δημιουργήσει θετική στάση απέναντι στη μαθησιακή διαδικασία. Οι μαθητές/τριες βρήκαν την ενασχόληση με την ΕΠ ενδιαφέρουσα και τους προκάλεσε ενθουσιασμό. Ωστόσο,

κρίνεται σημαντικό να αναφερθεί πως ένα σημαντικό ποσοστό μαθητών/τριών έδωσε λαθεμένες απαντήσεις στις ερωτήσεις του τεστ γνώσεων, φανερώνοντας τα είδη των δυσκολιών τους.

Στην έρευνα των Weng et al. (2021), σκοπός ήταν η διερεύνηση της επίδρασης της χρήσης τεχνολογίας ΕΠ και άλλων ψηφιακών εργαλείων πάνω στη διδασκαλία, στα μαθησιακά αποτελέσματα και στη μαθησιακή ικανοποίηση των μαθητών/τριών με διαφορετική χωρική ικανότητα. Στην έρευνα συμμετείχαν 197 μαθητές/τριες τριών επαγγελματικών λυκείων με ειδικευση Πολιτικού Μηχανικού στην Ταϊβάν και το αντικείμενο διδασκαλίας ήταν η μέτρηση γωνίας και το σφάλμα στη μέτρηση. Σε κάθε σχολείο οι μαθητές/τριες χωρίστηκαν σε μία ομάδα ελέγχου και μία πειραματισμού. Ως μέσα διδασκαλίας η ομάδα πειραματισμού χρησιμοποίησε μία εφαρμογή ΕΠ (ένα τρισδιάστατο Θεοδόλιχο) και ψηφιακά εργαλεία (προτζέκτορα, διαδραστικό πίνακα, φορητό υπολογιστή), ενώ η ομάδα ελέγχου μόνο ψηφιακά εργαλεία. Θεωρήθηκε από τους ερευνητές πως κάποιος παράγοντας που μπορούν να επηρεάσουν τα μαθησιακά αποτελέσματα και τη μαθησιακή ικανοποίηση είναι η διαφορετική χωρική ικανότητα των μαθητών και τα διαφορετικά ψηφιακά εργαλεία. Η συλλογή δεδομένων έγινε μέσα από ένα τεστ χωρικής ικανότητας πριν την παρέμβαση για τη διερεύνηση των διαφορετικών επιπέδων των μαθητών/τριών, ένα τεστ γνώσεων πάνω στο αντικείμενο διδασκαλίας πριν και μετά και ένα ερωτηματολόγιο ικανοποίησης μετά την παρέμβαση. Πέραν των ποσοτικών δεδομένων, πραγματοποιήθηκε συλλογή και ποιοτικών μέσα από συνεντεύξεις. Οι συνεντεύξεις έγιναν σε 8 μαθητές/τριες ομάδων πειραματισμού, για να ληφθούν υπόψιν μη λεκτικά στοιχεία, όπως εκφράσεις προσώπου, και αφορούσαν τα μαθησιακά αποτελέσματα και την ικανοποίησή τους από τη χρήση της ΕΠ. Η ανάλυση των δεδομένων ανέδειξε πως τόσο τα μαθησιακά αποτελέσματα όσο και η μαθησιακή ικανοποίηση επηρεάστηκε σημαντικά από το είδος των ψηφιακών εργαλείων που αξιοποιήθηκαν στη διδασκαλία, με την ομάδα πειραματισμού να φέρει καλύτερα αποτελέσματα από την ομάδα ελέγχου. Σύμφωνα με τους ερευνητές, φαίνεται πως ο συνδυασμός της ΕΠ με άλλα ψηφιακά μέσα συμβάλλει σε μεγαλύτερο γνωστικό κέρδος και έξαψη ενδιαφέροντος σε σχέση με τη χρήση μόνο ψηφιακών μέσων. Οι μαθητές/τριες στις συνεντεύξεις τους ισχυρίστηκαν πως η ΕΠ τους βοήθησε να καταλάβουν αφηρημένες έννοιες, έκανε το μάθημα πιο ενδιαφέρον

και τους δημιούργησε κίνητρο και ενθουσιασμό για μελέτη του αντικειμένου και ενεργή συμμετοχή στην τάξη. Καταληκτικά, είναι ιδιαίτερα σημαντικό να υπογραμμιστεί πως η χωρική ικανότητα των συμμετεχόντων/ουσών δεν φάνηκε να τους/τις επηρεάζει ούτε σε μαθησιακό επίπεδο ούτε σε επίπεδο αλληλεπίδρασής τους με την τεχνολογία. Γίνεται πρόταση για προσεκτικότερη εξέταση της χωρικής ικανότητας σε μελλοντικές έρευνες, για την εμπειριστατωμένη ανάδειξη του παραπάνω πορίσματος.

2.2.3 Η επίδραση της ΕΠ στην ενίσχυση των χωρικών δεξιοτήτων ή/και στη μαθησιακή επίδοση στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση σε άλλα μαθησιακά αντικείμενα

Σκοπός της έρευνας των Phon et al. (2019) αποτέλεσε η διερεύνηση της επίδρασης ενός εργαλείου ΕΠ στην ενίσχυση της ικανότητας Χωρικής Οπτικοποίησης των μαθητών/τριών. Στην έρευνα συμμετείχαν 34 μαθητές/τριες Ε' Δημοτικού από τη Μαλαισία. Το εργαλείο που δημιουργήθηκε ήταν το «AR-Science Magic Book Learning System» (AR-SMB), και αξιοποιήθηκε στο πλαίσιο της διδασκαλίας του μαθήματος της Αστρονομίας. Το πρόγραμμα είχε διάρκεια 6 εβδομάδες και η μέθοδος συλλογής των δεδομένων ήταν ποσοτική. Στις εβδομάδες αυτές, οι μαθητές/τριες απάντησαν σε τεστ διερεύνησης της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης πριν την παρέμβαση, ήρθαν σε επαφή και εξοικειώθηκαν με το περιβάλλον του εργαλείου ΕΠ και πραγματοποίησαν τρεις μαθησιακές δραστηριότητες. Τέλος, πραγματοποίησαν το ίδιο τεστ για τη μετέπειτα σύγκριση των αποτελεσμάτων. Μέσα από τα αποτελέσματα έγινε αντιληπτό πως η δεξιότητα Χωρικής Οπτικοποίησης των μαθητών/τριών βελτιώθηκε σημαντικά. Σύμφωνα με τους ερευνητές, οι μαθητές/τριες κατάφεραν να σκεφτούν νοερά από διαφορετικές οπτικές γωνίες. Επομένως, η αξιοποίηση της τεχνολογίας της ΕΠ μπορεί να διευκολύνει τη διαδικασία ανάπτυξης και ενίσχυσης της Χωρικής Οπτικοποίησης. Χάρη στην ικανότητα που προσφέρει η ΕΠ για αλληλεπίδραση με και χειρισμό των ψηφιακών αντικείμενων, οι μαθητές/τριες έχουν την δυνατότητα να κινούν τα τρισδιάστατα αντικείμενα και να ρυθμίζουν την γωνία θέασής τους και κατ' επέκταση να κάνουν σύνδεση των πρότερων γνώσεών τους με νέων. Σημαντικό προς αναφορά είναι πως η έρευνα δεν περιλάμβανε ομάδα ελέγχου.

Συνεπακόλουθα, η βελτίωση των μαθητών θα μπορούσε να προκύπτει και από παράγοντες που δεν σχετίζονται με την ΕΠ.

Οι George, Howitt and Oakley (2020) πραγματοποίησαν μία μεμονωμένη μελέτη περίπτωσης. Μελέτησαν την επίδραση της ενασχόλησης με ένα εργαλείο ΕΠ, το «AR Sandbox», στην ενίσχυση της χωρικής σκέψης των μαθητών/τριών μέσα από το παιχνίδι. Συμμετέχοντες/ουσες ήταν τέσσερις μαθητές/τριες ηλικίας 4-5 ετών και οι δύο εκπαιδευτικοί τους από ένα μητροπολιτικό σχολείο στην Αυστραλία. Η επιλογή του σχολείου ήταν στοχευμένη, καθώς ακολουθούσε μία κοινωνικό-κονστрукτιβιστική φιλοσοφική προσέγγιση που ταίριαζε με το επιστημολογικό πλαίσιο της έρευνας. Στους/στις συμμετέχοντες/ουσες συγκαταλέγεται και ένας ερευνητής που άλλοτε λειτουργούσε ως παρατηρητής και άλλοτε ως ενεργός συμμετέχων στη μαθησιακή διαδικασία, παίζοντας, συζητώντας και κάνοντας ερωτήσεις στους/στις μαθητές/τριες. Η έρευνα είχε διάρκεια 8 εβδομάδων, λάμβανε χώρα δύο φορές τη βδομάδα (από 90 λεπτά τη φορά) και τα ποιοτικά δεδομένα που συλλέχθηκαν ήταν η παρατήρηση, η συνεδρίαση με κάθε μαθητή/τρια, η φωτογραφία, η οπτική του εκπαιδευτικού και η οπτική του ερευνητή. Κατά τη διάρκεια της παρέμβασης, ακολουθήθηκε μία σειρά από βινιέτες (εξερεύνησης και αναπαράστασης). Οι βινιέτες της εξερεύνησης εστίασαν στην εξερεύνηση του χώρου και της λειτουργικότητας του «AR Sandbox» ενώ οι βινιέτες της αναπαράστασης στα πολλαπλά εργαλεία χωρικής αναπαράστασης (όπως χάρτες, χαρτιά, χάρακες, πλαστικοί σωλήνες κ.α.) και στην ικανότητά τους να συμβάλλουν στην ενίσχυση της χωρικής σκέψης. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε πως η ενασχόληση με το «AR Sandbox», σε συνδυασμό με τη χρήση εργαλείων και την κοινωνική αλληλεπίδραση με τον ερευνητή και τους/τις εκπαιδευτικούς, μπορεί να ενισχύσει τη χωρική σκέψη των μαθητών/τριών. Παρέχει ευκαιρίες στους/στις μαθητές/τριες να χρησιμοποιήσουν τη χωρική τους σκέψη για να επιλύσουν προβλήματα, να ενισχύσουν τη Χωρική τους Οπτικοποίηση και Προσανατολισμό και να βελτιώσουν την εννοιολογική τους κατανόηση του χώρου (με τη χρήση επιπλέον εργαλείων). Ως ιδιαίτερα σημαντική κρίνεται η αλληλεπίδραση με τους/τις εκπαιδευτικούς και τον ερευνητή στην ενθάρρυνση των μαθητών/τριών να εκφράσουν τις απόψεις τους και να δοκιμάσουν τις ιδέες τους.

Στην έρευνα των Baltaci and Çetin (2022) εξετάστηκε η επίδραση της χρήσης μίας εφαρμογής ΕΠ στις δεξιότητες Χωρικής Οπτικοποίησης και στην ακαδημαϊκή επίδοση και διερευνήθηκαν οι αντιλήψεις των μαθητών/τριών ως προς την εφαρμογή. Το δείγμα της έρευνας ήταν 33 μαθητές/τριες της Α΄ τάξης ενός επαγγελματικού και τεχνικού λυκείου στην Τουρκία. Η παρέμβαση είχε διάρκεια οχτώ εβδομάδες, δύο διδακτικές ώρες εβδομαδιαία και πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του μαθήματος Τεχνικού Σχεδίου. Οι μαθητές/τριες διακρίθηκαν σε μία ομάδα πειραματισμού και μία ομάδα ελέγχου. Η ομάδα πειραματισμού διδάχθηκε το περιεχόμενο με χρήση της εφαρμογής ΕΠ «BTRS», η οποία αναπτύχθηκε από τους ερευνητές, ενώ η ομάδα ελέγχου με παραδοσιακή διδασκαλία. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν ήταν ποσοτικά και ποιοτικά. Αναφορικά με τα ποσοτικά δεδομένα, χορηγήθηκαν στους/στις μαθητές/τριες μία κλίμακα δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης, μία κλίμακα δεξιότητας Χωρικής Περιστροφής, ένα τεστ ακαδημαϊκής επίδοσης πριν και μετά την παρέμβαση και ένα ερωτηματολόγιο αντίληψης για τη χρήση της ΕΠ στην ομάδα πειραματισμού μετά την παρέμβαση. Στα ποιοτικά δεδομένα, διεξάχθηκαν συνεντεύξεις σε 12 μαθητές/τριες της ομάδας πειραματισμού πριν και μετά τη διδασκαλία. Τα αποτελέσματα δεν κατάφεραν να αναδείξουν την ΕΠ ως καταλληλότερη μέθοδο για την ενίσχυση της ακαδημαϊκής επίδοσης και των δεξιοτήτων Χωρικής Οπτικοποίησης, καθώς δεν υπήρχε διαφορά στα αποτελέσματα των δύο ομάδων ύστερα από την παρέμβαση. Ωστόσο, απεφάνθη πως η ΕΠ δημιούργησε θετική εντύπωση στους/στις μαθητές/τριες. Σύμφωνα με τους ίδιους, διευκόλυνε την αντίληψή τους και συνέβαλε στην διάκριση πολύπλοκων σχημάτων. Επιπλέον, η εφαρμογή τους δημιούργησε ενθουσιασμό και τους έδωσε κίνητρο για συμμετοχή στο μάθημα και διατήρηση της συγκέντρωσής τους. Το υλικό τους φάνηκε εύκολο στη χρήση, κατανοητό και ελκυστικό και η δυνατότητα πρόσβασης στο περιεχόμενο οποιαδήποτε στιγμή πολύ χρήσιμη. Ακόμη, ανέφεραν πως η ΕΠ θα μπορούσε να αξιοποιηθεί και σε άλλα μαθήματα που η οπτικοποίηση είναι ωφέλιμη, όπως στο μάθημα της Γεωγραφίας και πως ένα μάθημα μπορεί να γίνει πιο αποδοτικό με την επίδειξη δύσκολων εννοιών μέσω της ΕΠ. Η έρευνα καταλήγει με προτάσεις για αναβάθμιση της εφαρμογής ΕΠ, όπως με την ικανότητα αλληλεπίδρασης με τα επαυξημένα αντικείμενα μέσω φωνής και όχι με το άγγιγμα και με την ενσωμάτωση

game-based ασκήσεων για να γίνει η εφαρμογή πιο διασκεδαστική. Καταληκτικά, αναφέρεται πως πριν την παρέμβαση, πραγματοποιήθηκε μία πιλοτική έρευνα σε ένα διαφορετικό επαγγελματικό και τεχνικό λύκειο με δείγμα 15 μαθητές/τριες για δύο εβδομάδες. Στόχος της πιλοτικής έρευνας ήταν να εντοπιστούν και να λυθούν τεχνικά ζητήματα από τη χρήση της ΕΠ, για την αποφυγή τους στην επίσημη παρέμβαση.

2.2.4. Η επίδραση της ΕΠ στην ενίσχυση των χωρικών δεξιοτήτων/ή και στη μαθησιακή επίδοση στην τριτοβάθμια εκπαίδευση

Σκοπός της έρευνας των Akkuş and Yüksel Arslan (2022) ήταν η διερεύνηση της επίδρασης παρέμβασης με χρήση ΕΠ στην μαθησιακή επίδοση και στην χωρική ικανότητα φοιτητών/τριών Μηχανολογίας. Δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 33 πρωτοετείς φοιτητές/τριες του τμήματος Μηχανολογίας, πανεπιστημίου στην Τουρκία, πάνω στο μάθημα του Τεχνικού Σχεδίου. Η παρέμβαση διήρκησε 4 εβδομάδες. Ο τύπος της παρέμβασης ήταν ημι-πειραματικός. Οι φοιτητές/τριες διακρίθηκαν σε δύο ομάδες, μία πειραματισμού και μία ελέγχου. Η ομάδα πειραματισμού αξιοποίησε εφαρμογή ΕΠ, ενώ η ομάδα ελέγχου απτά υλικά από χαρτί. Η συλλογή των δεδομένων έγινε μέσα από τεστ μαθησιακής επίδοσης και τεστ χωρικής ικανότητας που δημιουργήθηκαν από τους ερευνητές και χορηγήθηκαν ως μετά-έλεγχος. Ως προ-έλεγχος λογαριάστηκαν τα διαγωνίσματα εξαμήνου των φοιτητών/τριών. Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε πως δεν υπήρξαν διαφορές τόσο ως προς την ακαδημαϊκή επίδοση όσο και ως προς την χωρική ικανότητα ανάμεσα στην ομάδα πειραματισμού και ελέγχου μετά το πέρας της παρέμβασης.

Σκοπός της έρευνας των Gargrish, Kaur, Mantri, Singh and Sharma (2021) ήταν η διερεύνηση της επίδρασης της ΕΠ στη μαθησιακή επίδοση και στη διατήρηση της νέας γνώσης στη μνήμη των συμμετεχόντων/ουσών σε σύγκριση με πρόγραμμα στον υπολογιστή. Δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 80 πρωτοετείς φοιτητές/τριες Μηχανικής ενός πολυτεχνείου στην Ινδία, για τη διδασκαλία Γεωμετρίας σε ένα μάθημα Μαθηματικών. Οι φοιτητές/τριες διακρίθηκαν σε ομάδα πειραματισμού και ομάδα ελέγχου. Η ομάδα πειραματισμού ακολούθησε διδασκαλία με τη χρήση εφαρμογής ΕΠ (AR-based Geometry Learning Assistant- GLA), η οποία αναπτύχθηκε για τις ανάγκες της έρευνας, και η ομάδα ελέγχου με ένα πρόγραμμα υπολογιστή, την εφαρμογή

«PhET» που προσφέρει δισδιάστατες διαδραστικές προσομοιώσεις σε μαθηματικές έννοιες, καθώς και έννοιες Φυσικής. Η διδακτική παρέμβαση μαζί με την εισαγωγική συνεδρία και την πρώτη αξιολόγηση διήρκεσαν μιάμιση ώρα. Η συλλογή δεδομένων έγινε μέσα από τεστ γνώσεων που συμπληρώθηκε τρεις φορές: αμέσως μετά, στις 2 και στις 4 εβδομάδες μετά το πέρας της παρέμβασης, με σκοπό να ελεγχθεί η διατήρηση της νέας γνώσης στη μνήμη. Ύστερα από την ανάλυση των δεδομένων και των τριών αξιολογήσεων, προέκυψε το πόρισμα πως αν και ακριβώς μετά την παρέμβαση δεν παρατηρήθηκαν διαφορές ανάμεσα στις ομάδες, ύστερα από το πέρας των 2 και των 4 εβδομάδων, η ομάδα πειραματισμού είχε πολύ καλύτερες επιδόσεις. Επομένως, γίνεται σαφές πως η χρήση της τεχνολογίας ΕΠ στη διδασκαλία, ενώ δεν είχε άμεσα μαθησιακά οφέλη στους/στις μαθητές/τριες, συνέβαλε σε σημαντικά μεγαλύτερο βαθμό στη διατήρηση της νέας γνώσης στη μνήμη, σε σύγκριση με δισδιάστατες διαδραστικές αναπαραστάσεις των μαθηματικών εννοιών. Ακόμη, στο πλαίσιο της έρευνας ζητήθηκε από τους/τις μαθητές/τριες της ομάδας πειραματισμού να καταθέσουν την άποψή τους ως προς την τεχνολογία ΕΠ. Σύμφωνα με τα λεγόμενά τους, πρόκειται για μία πολύ ενδιαφέρουσα και πρωτοποριακή τεχνολογία, που μέσα από την οπτικοποίηση των τρισδιάστατων γεωμετρικών στερεών, βοηθάει στην κατανόηση του περιεχομένου της Γεωμετρίας και τη διατήρησή του στη μνήμη. Έκριναν ως πολύ θετικό ότι η αξιοποίησή της μπορεί να πραγματοποιηθεί ανεξαρτήτως χώρου και χρόνου, χωρίς την προϋπόθεση υποστήριξης, καθώς προσφέρει ευελιξία και ευκολία στη χρήση.

Σκοπός της έρευνας της Fakh (2023) ήταν η διερεύνηση της επίδρασης της τεχνολογίας ΕΠ στην εκμάθηση περιεχομένου πάνω στο αντικείμενο της Γεωμετρίας, καθώς και η διερεύνηση της ικανοποίησης των συμμετεχόντων/ουσών από την αλληλεπίδραση με την εφαρμογή. Δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 30 συμμετέχοντες/ουσες ενός κολλεγίου εκπαίδευσης ενηλίκων στην Αγγλία. Η παρέμβαση υλοποιήθηκε διαδικτυακά, καθώς διεξήχθη κατά την περίοδο της πανδημίας του COVID-19. Οι φοιτητές/τριες χωρίστηκαν σε δύο ισομελείς ομάδες, μία ελέγχου και μία πειραματισμού. Η ομάδα ελέγχου παρακολούθησε παραδοσιακή διδασκαλία μέσω προβολής βίντεο και παρουσιάσεων σε Powerpoint. Η ομάδα πειραματισμού αξιοποίησε την εφαρμογή ΕΠ «Shapes 3D Geometry». Κατά την

παρέμβαση, αντικείμενο μελέτης ήταν τα γεωμετρικά στερεά, ιδιαίτερα η μελέτη των ιδιοτήτων και των αναπτυγμάτων τους. Η συλλογή των δεδομένων έγινε μέσα από ερωτηματολόγιο, συνεντεύξεις και παρατήρηση. Το ερωτηματολόγιο διέθετε ερωτήσεις που αφορούσαν την ικανοποίηση, την εμπλοκή στη διαδικασία, την ευκολία χρήσης της εφαρμογής και την κατανόηση του μαθησιακού αντικειμένου. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε πως η χρήση της ΕΠ έφερε περισσότερα μαθησιακά οφέλη σε σχέση με παραδοσιακές πρακτικές. Οι φοιτητές/τριες της ομάδας πειραματισμού εμπλέκονταν περισσότερο στη διαδικασία, κατανόησαν περισσότερο το μαθησιακό περιεχόμενο και εκτέλεσαν ορθά εργασίες, ενώ τα μέλη της ομάδας ελέγχου υπέπεσαν σε λάθη. Επιπλέον, η ομάδα πειραματισμού έκρινε την εφαρμογή ΕΠ εύκολη στη χρήση, δήλωσε πλήρως ικανοποιημένη από την αλληλεπίδραση μαζί της και χαρακτήρισε τη συνολική εμπειρία εξαιρετική.

Στην έρευνα των Martín-Gutiérrez et al. (2010) σχεδιάστηκε το βιβλίο ΕΠ «AR-Dehaes» και διερευνήθηκαν η επίδρασή του στην ενίσχυση χωρικών δεξιοτήτων και οι απόψεις των συμμετεχόντων/ουσών αναφορικά με τη χρησιμότητά του στην εκμάθηση του μαθησιακού αντικειμένου. Συμμετέχοντες ήταν 49 πρωτοετείς φοιτητές/τριες ενός πανεπιστημίου στην Ισπανία, οι οποίοι/ες χωρίστηκαν σε δύο ομάδες. Η ομάδα πειραματισμού περιλάμβανε 24 πρωτοετείς φοιτητές/τριες Μηχανολογίας και η ομάδα ελέγχου 25 πρωτοετείς φοιτητές/τριες Γεωργικής Μηχανικής. Αντικείμενο διδασκαλίας ήταν το Μηχανικό Σχέδιο. Η παρέμβαση έλαβε χώρα σε ένα εργαστήριο πληροφορικής του πανεπιστημίου και διήρκεσε 5 μέρες (9 διδακτικές ώρες συνολικά). Η συλλογή των δεδομένων έγινε με δύο τεστ χωρικών δεξιοτήτων, το ένα αναφορικά με τη δεξιότητα των Χωρικών Σχέσεων και το δεύτερο της Χωρικής Οπτικοποίησης, πριν και μετά την παρέμβαση. Στην ομάδα πειραματισμού δόθηκε και ένα ερωτηματολόγιο χρησιμότητας της εφαρμογής ΕΠ «AR-Dehaes». Από την ανάλυση των δεδομένων έγινε φανερό πως υπήρξε σημαντική ενίσχυση και των δύο χωρικών δεξιοτήτων για την ομάδα πειραματισμού. Αντίθετα, στην ομάδα ελέγχου η βελτίωση χαρακτηρίστηκε ως αμελητέα. Επιπλέον, ύστερα από την επαφή τους με το βιβλίο της ΕΠ, οι φοιτητές/τριες θεώρησαν πως πρόκειται για ένα εργαλείο χρήσιμο, αποτελεσματικό και κατάλληλο για τη διδασκαλία του εν λόγω μαθήματος. Επιπλέον, έκριναν πως πρόκειται για μία τεχνολογία ενδιαφέρουσα, η

οποία δημιουργεί κίνητρο για ενασχόληση με το μαθησιακό αντικείμενο. Οι ερευνητές καταλήγουν στην παρατήρηση ότι το «AR-Dehaes» είναι χρηστικό για τη βελτίωση των χωρικών δεξιοτήτων και για την εκμάθηση μηχανικού σχεδίου. Ακόμη, πρόκειται για ένα αρκετά οικονομικό εργαλείο, καθώς για την αξιοποίησή του απαιτείται μόνο ένας υπολογιστής και μία κάμερα.

Σκοπός της μικρής έρευνας των Roca-González, Martin-Gutierrez, García-Dominguez, and del Carmen Mato Carrodegua (2017) ήταν η εκτίμηση της βελτίωσης χωρικών δεξιοτήτων σε δύο ομάδες φοιτητών/τριών, ανάλογα τον τύπο της παρέμβασης που θα δέχονταν. Υποθέσεις της έρευνας ήταν πως και οι δύο ομάδες θα ενίσχυαν τις χωρικές τους δεξιότητες και πως δεν θα υπήρχαν διαφορές με βάση το φύλο των συμμετεχόντων/ουσών. Οι 31 φοιτητές/τριες Μηχανολογίας ενός πανεπιστημίου στην Ισπανία χωρίστηκαν σε μία ομάδα ελέγχου, 16 ατόμων, και μία πειραματισμού, 15 ατόμων. Η παρέμβαση διήρκεσε 2 εβδομάδες και το διδακτικό αντικείμενο ήταν Γραφιστική. Η ομάδα πειραματισμού δούλεψε με δύο εργαλεία, ένα ΕΠ και ένα VR, ενώ η ομάδα ελέγχου παρακολούθησε παραδοσιακή διδασκαλία. Το εργαλείο ΕΠ ήταν ένα λογισμικό σε συνδυασμό με το βιβλίο ΕΠ «Virtual Augmented Book» και η πλατφόρμα VR ήταν ένα παιχνίδι προσανατολισμού με όνομα «Catching Features». Οι χωρικές δεξιότητες που μελετήθηκαν ήταν οι Χωρικές Σχέσεις, η Χωρική Οπτικοποίηση και ο Χωρικός Προσανατολισμός. Η συλλογή δεδομένων έγινε μέσα από 3 τεστ χωρικών δεξιοτήτων (Χωρικών Σχέσεων, Χωρικής Οπτικοποίησης και Χωρικού Προσανατολισμού) πριν και μετά την παρέμβαση. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως οι υποθέσεις της έρευνας επιβεβαιώθηκαν. Τόσο η ομάδα ελέγχου όσο και η ομάδα πειραματισμού ενίσχυσαν τις χωρικές δεξιότητες. Ιδιαίτερα, στην ομάδα πειραματισμού, μέσω της ΕΠ βελτιώθηκαν οι δεξιότητες της Οπτικοποίησης και Χωρικών Σχέσεων και μέσω της VR η δεξιότητα του Χωρικού Προσανατολισμού. Παρατηρήθηκε, ωστόσο, πως η βελτίωση της ομάδας πειραματισμού ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από της ομάδας ελέγχου. Επιπλέον, απεφάνθη πως δεν υπήρχαν διαφορές επίδοσης με βάση το φύλο των συμμετεχόντων. Η έρευνα καταλήγει υπογραμμίζοντας πως οι δραστηριότητες με χρήση ΕΠ μπορούν να υλοποιηθούν και αυτόνομα, χωρίς την επίβλεψη εκπαιδευτικού, καθώς και πως προσφέρουν ευκαιρίες ενίσχυσης των γνώσεων πάνω στη γραφιστική, κάτι που δεν μπορεί να πραγματοποιήσει η VR.

Στην έρευνα των Omar and Farzeeha (2018) σκοπός ήταν η εξέταση των δυνατοτήτων της ΕΠ στην ενίσχυση δεξιοτήτων Οπτικοποίησης και συγκεκριμένα της Νοερής Περιστροφής και Τρισδιάστατης Ανάπτυξης στο πλαίσιο της διδασκαλίας του πανεπιστημιακού μαθήματος «Θεμελιώδη Στοιχεία του Σχεδίου Μηχανικής». Η παρέμβαση έλαβε χώρα σε ένα Τεχνικό Πανεπιστήμιο στη Μαλαισία. Πρωτοετείς φοιτητές/τριες Μηχανικής, 60 σε αριθμό, χωρίστηκαν σε δύο ισομελείς ομάδες, μία πειραματισμού και μία ελέγχου. Για την υλοποίηση της έρευνας αναπτύχθηκε μία εφαρμογή ΕΠ marker-based. Η συλλογή των ποσοτικών δεδομένων έγινε μέσα από δύο τεστ Χωρικής Οπτικοποίησης πριν και μετά την παρέμβαση. Τα ευρήματα έδειξαν πως ενώ και οι δύο ομάδες κατείχαν μέτριες δεξιότητες Οπτικοποίησης πριν την παρέμβαση, η μέθοδος διδασκαλίας είχε καταλυτικό ρόλο στην επίδοση των φοιτητών/τριών. Η ομάδα πειραματισμού βελτίωσε σε σημαντικό βαθμό τις δεξιότητες Νοερής Περιστροφής και Τρισδιάστατης Ανάπτυξης, κάνοντας φανερό κατ' αυτόν τον τρόπο πως η ΕΠ είναι κατάλληλη μέθοδος ενίσχυσής τους. Αντίθετα, η ομάδα ελέγχου που παρακολούθησε παραδοσιακή διδασκαλία είχε αμελητέα βελτίωση ύστερα από την παρέμβαση, οδηγώντας στο συμπέρασμα πως οι συμβατικές μέθοδοι διδασκαλίας δεν είναι αποτελεσματικές στην ανάπτυξη των εν λόγω χωρικών δεξιοτήτων. Σύμφωνα με τους ερευνητές η ΕΠ είναι ένα εργαλείο με πολλές δυνατότητες αναφορικά με την ενίσχυση της Χωρικής Οπτικοποίησης γενικά, αλλά και ιδιαίτερα πάνω στο εν λόγω πανεπιστημιακό μάθημα, οδηγώντας σε καλύτερη επίδοση των φοιτητών/τριών.

2.3 Ομαδοποίηση των αποτελεσμάτων σχετικά με την επίδραση των τεχνολογιών Επαυξημένης Πραγματικότητας στη μαθησιακή επίδοση και στην ενίσχυση των χωρικών δεξιοτήτων στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση

Στην εν λόγω ενότητα καταγράφονται συλλήβδην και ομαδοποιημένα τα αποτελέσματα των ερευνών που μελετήθηκαν κατά την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας. Τα αποτελέσματα αφορούν την επίδραση της αξιοποίησης της τεχνολογίας της ΕΠ, κατά τη μαθησιακή διαδικασία, στη μαθησιακή επίδοση και στην ενίσχυση των χωρικών δεξιοτήτων των μαθητών/τριών πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης καθώς και των φοιτητών/τριών τριτοβάθμιας

εκπαίδευσης. Μέσα από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας εντοπίστηκαν περισσότερα οφέλη από τα προαναφερθέντα, τα οποία και αποφασίστηκε να προστεθούν κατηγοριοποιημένα. Γίνεται λόγος για τα οφέλη της ΕΠ στη στάση και στα κίνητρα ως προς την ενασχόλησή με το εκάστοτε μαθησιακό αντικείμενο, καθώς και στην αποδοχή της ΕΠ από τους/τις συμμετέχοντες/ουσες των ερευνών.

2.3.1. Αποτελέσματα της επίδρασης της ΕΠ στη μαθησιακή επίδοση

Ένα μεγάλο μέρος των ερευνών της βιβλιογραφικής ανασκόπησης εξέτασε την επίδραση της ΕΠ στη μαθησιακή επίδοση των μαθητών/τριών. Πρόκειται για μία τεχνολογία που επιτρέπει την κιναισθητική μάθηση, καθώς καθιστά εφικτή την αλληλεπίδραση του χρήστη με τα ψηφιακά αντικείμενα, που βρίσκονται επαυξημένα στο φυσικό του περιβάλλον. Μέσα από τα αποτελέσματα έγινε σαφές πως λόγω της φύσης της είναι μία τεχνολογία που προσφέρει μαθησιακά οφέλη τόσο στο αντικείμενο της Γεωμετρίας όσο και σε άλλα μαθησιακά αντικείμενα, στα οποία αξιοποιήθηκε. Παρακάτω διακρίνεται η επίδραση της ΕΠ ανάλογα το μαθησιακό αντικείμενο.

2.3.1.1 Αποτελέσματα της επίδρασης της ΕΠ στη μαθησιακή επίδοση στο μάθημα της Γεωμετρίας

Ένα μεγάλο μέρος των ερευνών που μελετήθηκαν, εξέτασε την επίδραση της ΕΠ στην ενίσχυση της μαθησιακής επίδοσης στο μάθημα της Γεωμετρίας. Στις έρευνες πραγματοποιήθηκαν διδακτικές παρεμβάσεις με ποικίλα αντικείμενα διδασκαλίας, όπως είναι τα γεωμετρικά σχήματα και τα στερεά, οι όψεις των στερεών και οι μετρήσεις του εμβαδόν, της περιμέτρου, του όγκου και των γωνιών. Επίσης, διδάχθηκαν έννοιες χωρικής γεωμετρίας όπως το σημείο, η γραμμή και το επίπεδο, η σχετική θέση μεταξύ δύο γραμμών, οι σχετικές θέσεις μεταξύ δύο επιπέδων και μεταξύ ευθείας και επιπέδου, ο παραλληλισμός και η καθετότητα.

Οι περισσότερες εκ των ερευνών κατέληξαν στο πόρισμα πως η ΕΠ είναι η καταλληλότερη μέθοδος για τη διδασκαλία των γεωμετρικών στερεών. Οι ερευνητές υπογράμμισαν πως η ΕΠ βοήθησε σημαντικά τους/τις μαθητές/τριες στην εκμάθηση εννοιών της Γεωμετρίας, καθώς και στη διατήρησή τους στη μνήμη. Η εν λόγω τεχνολογία επιτρέπει την οπτικοποίηση και τον χειρισμό ψηφιακών σχημάτων, παρέχοντας παράλληλα πολύτιμες πληροφορίες που τα αφορούν. Κατ' αυτόν τον

τρόπο, συμβάλλει στην ικανότητα των μαθητών/τριών να αναγνωρίζουν και να δημιουργούν γεωμετρικά σχήματα και στερεά, να τα διακρίνουν με βάση τις ιδιότητές τους και να τα συγκρίνουν. Επιπλέον, βοηθάει στη διόρθωση λαθών στα οποία μπορεί να εμπίπτουν οι μαθητές/τριες, όπως η σύγχυση των εννοιών του εμβαδόν με τον όγκο, λάθη στις μετρήσεις κ.ά. καθώς προσφέρει πιο ρεαλιστική απεικόνισή τους σε τρεις διαστάσεις, σε σύγκριση με την παραδοσιακή διδασκαλία που συνήθως απεικονίζονται σε δύο διαστάσεις, μέσω εικόνας ή σχεδίασης στον πίνακα της τάξης (Cetintav & Yilmaz, 2023; Demitriadou et al., 2020; Fakih, 2023; Flores-Bascuñana et al., 2020; Gargrish, Kaur, Mantri, Singh & Sharma, 2021; Gargrish, Mantri & Kaur, 2022; Gün & Atasoy, 2017; Hwang, Nurtantyana, Purba, Hariyanti & Suprpto, 2023; Ibáñez, Uriarte Portillo, Zatarain Cabada & Barrón, 2020; İbili et al., 2020; Iwano et al., 2021; Pujiastuti & Haryadi, 2023; Rossano, Lanzilotti, Cazzolla & Rosselli, 2020; Sarkar et al., 2018; Sun & Chen; 2020; Yaniawati, Sudirman, Mellawaty, Indrawan & Mubarika, 2023; Uriarte-Portillo, Zatarain-Cabada, Barrón-Estrada, Ibáñez & González-Barrón, 2023; Weng et al., 2021).

Ωστόσο, σ' αυτό το σημείο είναι απαραίτητο να υπογραμμιστεί πως σε έναν μικρό αριθμό ερευνών της βιβλιογραφικής ανασκόπησης η ΕΠ δεν ξεχώρισε ως μέσο ενίσχυσης της μαθησιακής επίδοσης των μαθητών/τριών. Όλοι οι μαθητές/τριες, ανεξαρτήτως ομάδας επωφελήθηκαν μαθησιακά και έφεραν καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα στο τεστ γνώσεων του μετα-ελέγχου. Τα αποτελέσματα οδηγούν στο συμπέρασμα πως όπως και με την ΕΠ, οι παρεμβάσεις παραδοσιακής διδασκαλίας αλλά και η αξιοποίηση τεχνολογιών/ ψηφιακών εργαλείων, όπως η VR, ο διαδραστικός πίνακας και ο προτζέκτορας, οδήγησαν σε θετικά μαθησιακά αποτελέσματα (Akkuş & Yüksel Arslan, 2022; Alves et al., 2017; Baltacı & Çetin, 2022; İbili & Şahin, 2015; Lin et al., 2015). Ιδιαίτερα στις έρευνες των Alves et al. (2017), και Lin et al. (2015) η αδυναμία ανάδειξης της χρήσης της ΕΠ ως αποτελεσματικότερης μεθόδου πιθανώς οφείλεται στη μικρή χρονική διάρκεια των παρεμβάσεων οι οποίες διήρκεσαν μία διδακτική ώρα και μία μέρα αντίστοιχα. Στην έρευνα των Baltacı and Çetin (2022) το διδακτικό περιεχόμενο ήταν χαμηλής δυσκολίας και επομένως, εύκολο για το σύνολο των μαθητών/τριών.

Κρίνεται σημαντικό να υπογραμμιστεί πως η μαθησιακή επίδοση στη Γεωμετρία επηρεάστηκε και από άλλους παράγοντες. Έρευνες έδειξαν την επίδραση του πρότερου μαθησιακού επιπέδου και της χωρικής ικανότητας των μαθητών/τριών στην επίδοσή τους. Ιδιαίτερα, σε ό,τι αφορά το μαθησιακό επίπεδο, περισσότερο ωφελημένοι βρέθηκαν οι μαθητές/τριες, οι οποίοι/ες δεν είχαν διδαχθεί το διδακτικό αντικείμενο πριν την παρέμβαση ή είχαν χαμηλές ακαδημαϊκές επιδόσεις. Παράλληλα, σε έρευνες παρατηρήθηκε σύνδεση μεταξύ των χωρικών δεξιοτήτων και της επίδοσης στη Γεωμετρία. Όσοι είχαν ανεπτυγμένες χωρικές δεξιότητες, είχαν καλύτερη επίδοση στο μάθημα της Γεωμετρίας (Alves et al., 2017; Duenser et al., 2006; Lin et al.; 2015).

Καταληκτικά, σύμφωνα με την πλειοψηφία των ερευνών, η ΕΠ είναι καταλληλότερη μέθοδος από την παραδοσιακή για τη διδασκαλία του μαθήματος της Γεωμετρίας προσφέροντας ωφέλιμες ευκαιρίες μάθησης. Ωστόσο, τα θετικά αποτελέσματα δεν εξαρτώνται αποκλειστικά από τη χρήση της εν λόγω τεχνολογίας. Η οποιασδήποτε μορφής εξάσκηση, με παραδοσιακά ή ψηφιακά μέσα, μπορεί να είναι ευεργετική σε μαθησιακό επίπεδο για τους/τις μαθητές/τριες.

2.3.1.2 Αποτελέσματα της επίδρασης της ΕΠ στη μαθησιακή επίδοση σε άλλα μαθησιακά αντικείμενα

Εξετάστηκε η επίδραση της ΕΠ σε μαθησιακά αντικείμενα, όπως το Τεχνικό Σχέδιο, το Μηχανικό Σχέδιο και τη Γραφιστική, που διδάχθηκαν σε μαθητές επαγγελματικών και τεχνικών λυκείων και σε φοιτητές Μηχανολογίας και Μηχανικής αντίστοιχα και τη Γεωγραφία σε μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Τα πορίσματα των ερευνών δεν κατάφεραν να αναδείξουν την ΕΠ ως τη καταλληλότερη μέθοδο ενίσχυσης της μαθησιακής επίδοσης. Ωστόσο, από τους/τις μαθητές/τριες και φοιτητές/τριες τονίστηκε πως η ΕΠ είναι ένα εργαλείο χρήσιμο και κατάλληλο για τη διδασκαλία των παραπάνω μαθησιακών αντικειμένων, καθώς προσφέρει ευκαιρίες ενίσχυσης της αντίληψής τους αναφορικά με δύσκολες έννοιες. Επιπλέον, παρατηρήθηκε πως η παράλληλη αλληλεπίδραση με τους/τις εκπαιδευτικούς μέσω συζήτησης κατά τη διάρκεια της ενασχόλησης με την ΕΠ μπορεί να προσφέρει περισσότερα οφέλη καθώς ενεργοποιεί τη νοερή τους σκέψη (Baltacı & Çetin, 2022;

George et al., 2020; Martín-Gutiérrez et al., 2010; Omar & Farzeeha, 2018; Roca-González et al., 2017)

2.3.2. Αποτελέσματα της επίδρασης της ΕΠ στην ενίσχυση των χωρικών δεξιοτήτων

Η ΕΠ αποδείχθηκε πως φέρει θετική επίδραση στην ενίσχυση των χωρικών δεξιοτήτων των μαθητών/τριών. Η αλληλεπίδραση με τα ψηφιακά αντικείμενα, τα οποία εμφανίζονται επαυξημένα μέσω της οθόνης στο φυσικό περιβάλλον του χρήστη, δημιουργεί ευκαιρίες για εξάσκηση και κατ' επέκταση ενίσχυση των χωρικών δεξιοτήτων. Σημειώνεται πως η μοναδικότητά της ως τεχνολογικό μέσο μπορεί να δημιουργήσει ένα ισχυρό πρότυπο στο μυαλό των μαθητών/τριών (İbili et al., 2020; Omar & Farzeeha, 2018).

Στην πλειοψηφία των ερευνών που μελετήθηκαν, η ΕΠ αναδείχθηκε ως επιδραστικότερη μέθοδος για τη βελτίωση των χωρικών δεξιοτήτων σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία. Οι ομάδες πειραματισμού έφεραν από ελαφρώς έως σημαντικά καλύτερες επιδόσεις από τις ομάδες ελέγχου και ενίσχυσαν τις χωρικές τους δεξιότητες. Μετά το πέρας των παρεμβάσεων, ήταν σε θέση να οπτικοποιούν και να αναδιατάσσουν επαυξημένα αντικείμενα νοερά αλλά και να διακρίνουν, να επεξεργάζονται και να αναλύουν απλά και σύνθετα σχήματα. Ακόμη, ενδυνάμωσαν την εννοιολογική κατανόηση του χώρου συμβάλλοντας στον καλύτερο προσανατολισμό τους. Αυτό έφερε σαν επακόλουθο την αξιοποίηση των χωρικών στρατηγικών που κατακτούν στην επίλυση νέων χωρικών προβλημάτων, στην οικοδόμηση νέας γνώσης και στην περαιτέρω ενίσχυση της χωρικής ικανότητας (Gecu-Parmaksiz & Delialioğlu, 2020; Gün & Atasoy, 2017; Hanid et al., 2022; İbili et al., 2020; Martín-Gutiérrez et al., 2010; Omar & Farzeeha, 2018; Roca-González et al., 2017).

Ωστόσο, ένα μικρό μέρος των ερευνών δεν κατάφερε να τη ξεχωρίσει ως μέθοδο ενίσχυσης των χωρικών δεξιοτήτων. Τα πορίσματα των εν λόγω ερευνών δεν τη διέκριναν από την παραδοσιακή διδασκαλία, ή από τη διδασκαλία που αξιοποιεί άλλα ψηφιακά μέσα ως προς την επιδραστικότητά της. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα πως οι συμβατικές μορφές παρέμβασης, αλλά και οι παρεμβάσεις με

αξιοποίηση άλλων ψηφιακών μέσων μπορούν να φέρουν εξίσου ευεργετικά αποτελέσματα. Αντίθετα, παράγοντες όπως το είδος της παρέμβασης και το φύλο διαδραμάτισαν σημαντικό ρόλο στην ενίσχυση της εκάστοτε χωρικής δεξιότητας που μελετήθηκε. Ακόμη, το είδος της παρέμβασης σε συνάρτηση με το φύλο του/της μαθητή/τριας μπορεί να διαδραματίσει ρόλο στην ενίσχυση της χωρικής ικανότητας (Akkuş & Yüksel Arslan, 2022; Baltacı & Çetin, 2022; Duenser, et al., 2006; Lin et al., 2015).

Ακόμη, υπήρξαν έρευνες που διερεύνησαν τα πιθανά οφέλη της ΕΠ χωρίς τη σύγκριση της πειραματικής παρέμβασης με παραδοσιακή διδασκαλία (George et al., 2020; Kaur et al., 2018; Özçakır & Çakiroğlu, 2022; Phon et al., 2019). Οι έρευνες αυτές επεσήμαναν τη θετική επίδραση της ΕΠ στην εξάσκηση και ενίσχυση των χωρικών δεξιοτήτων. Συμπέραναν πως η ΕΠ είναι δυνατό να καταστεί ωφέλιμη σε μαθητές/τριες ποικίλων επιπέδων χωρικής ικανότητας. Συνέβαλε στην ενίσχυση της νοερής τους οπτικοποίησης και χειρισμού αντικειμένων, στη βελτίωση της εννοιολογικής κατανόησης του χώρου και στην επίλυση χωρικών προβλημάτων.

Οι έρευνες που πραγματοποίησαν διερεύνηση της επίδρασης της ΕΠ στις χωρικές δεξιότητες, αξιοποίησαν τεστ χωρικών δεξιοτήτων. Ανάλογα την έρευνα, διερευνήθηκαν και διαφορετικές δεξιότητες. Όπως οι ίδιες αναφέρονται από τους ερευνητές οι δεξιότητες που μελετήθηκαν συνολικά στις έρευνες ήταν η Χωρική Οπτικοποίηση, ο Χωρικός Προσανατολισμός, οι Χωρικές Σχέσεις, η Νοερή Περιστροφή, η Αναπαράσταση, η Αναδόμηση και ο Εποικοδομητικός Χώρος. Καθώς όπως έχει ειπωθεί και από το Κεφάλαιο 1 δεν υπάρχει συμφωνία από τους ερευνητές ως προς τον αριθμό και την ονομασία των χωρικών δεξιοτήτων που απαρτίζουν την χωρική ικανότητα, αποφασίστηκε να γίνει σύμπτυξή τους στις βασικές χωρικές δεξιότητες που απασχόλησαν τις έρευνες και κρίνονται ως κύριες χωρικές δεξιότητες στο Κεφάλαιο 1· τη Χωρική Οπτικοποίηση, τον Χωρικό Προσανατολισμό και τις Χωρικές Σχέσεις. Λόγος για κάθε μία από αυτές γίνεται στις παρακάτω διακριτές υποενότητες.

2.3.2.1 Αποτελέσματα της επίδρασης της ΕΠ στη βελτίωση της δεξιότητας της Χωρικής Οπτικοποίησης

Η πλειοψηφία των ερευνών που μελετήθηκαν επιδίωξε να εξετάσει την επίδραση της ΕΠ στη βελτίωση της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης. Τα πορίσματα ανέδειξαν πως η ΕΠ είναι κατάλληλη μέθοδος ενίσχυσης της Χωρικής Οπτικοποίησης των μαθητών/τριών. Όπως επισημαίνεται από τις έρευνες, οι μαθητές/τριες ενδυνάμωσαν την ικανότητά τους στο χειρισμό τρισδιάστατων αντικειμένων. Τα τεστ ύστερα από τις παρεμβάσεις έδειξαν βελτίωση στην περιστροφή, αναδίπλωση και αλλαγή θέσης των μερών τους. Αυτό είναι δυνατό, καθώς η ΕΠ δίνει τη δυνατότητα της οπτικοποίησης, αναδιάταξης και ανάλυσης των δισδιάστατων και τρισδιάστατων σχημάτων, παρέχοντας ταυτόχρονα επιπλέον πληροφορίες γι' αυτά χωρίς να τα απομονώνει από το φυσικό περιβάλλον. Από πολλές έρευνες η ΕΠ αναδείχθηκε ως η καταλληλότερη μέθοδος ενίσχυσης της εν λόγω δεξιότητας, σε σύγκριση με την παραδοσιακή διδασκαλία, αλλά και τη διδασκαλία με χρήση άλλων ψηφιακών εργαλείων, όπως τη VR (Gecu-Parmaksiz & Delialioğlu, 2020; George et al., 2020; Gün & Atasoy, 2017; Hanid et al., 2022; Kaur et al., 2018; Martín-Gutiérrez et al., 2010; Özçakır & Çakıroğlu, 2022; Omar & Farzeeha, 2018; Phon et al., 2019; Roca-González et al., 2017).

2.3.2.2 Αποτελέσματα της επίδρασης της ΕΠ στη βελτίωση της δεξιότητας του Χωρικού Προσανατολισμού

Ένα μέρος των ερευνών διερεύνησε την επίδραση της ΕΠ στην ενίσχυση του Χωρικού Προσανατολισμού των μαθητών/τριών (Duenser et al., 2006; Gecu-Parmaksiz & Delialioğlu, 2020; George et al., 2020). Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η χρήση της ΕΠ μπορεί με επιτυχία να βελτιώσει την εν λόγω χωρική δεξιότητα. Ιδιαίτερα, αναφέρεται πως οι μαθητές/τριες χάρη στην ενασχόληση με την ΕΠ κατάφεραν να σκέφτονται νοερά από διαφορετικές οπτικές γωνίες. Η δυνατότητα θέασης των δισδιάστατων και τρισδιάστατων σχημάτων από διαφορετικές όψεις, όπως είναι οι βασικές πρόσοψη, κάτοψη και πλαϊνή όψη, που δίνεται μέσω της ΕΠ, δημιουργεί ευκαιρίες επεξεργασίας τους. Οι μαθητές/τριες αντλούν πληροφορίες για χαρακτηριστικά που τα καθορίζουν και κατανοούν ομοιότητες και διαφορές μεταξύ

δύο ή περισσότερων αντικειμένων. Ακόμη, τεχνολογίες ΕΠ όπως το AR Sandbox βοηθούν στην εννοιολογική κατανόηση του χώρου με αποτέλεσμα τον καλύτερο νοερό αλλά και σωματικό προσανατολισμό τους. Ωστόσο, είναι σωστό να επισημανθεί πως σε μία έρευνα η τεχνολογία VR αποδείχθηκε περισσότερο αποτελεσματική από την ΕΠ στην ενίσχυση του Χωρικού Προσανατολισμού (Roca-González et al., 2017).

2.3.2.3 Αποτελέσματα της επίδρασης της ΕΠ στη βελτίωση της δεξιότητας των Χωρικών Σχέσεων

Σε ένα ακόμα μικρότερο μέρος των ερευνών διερευνήθηκε η επίδραση της ΕΠ στην ενίσχυση της δεξιότητας των Χωρικών Σχέσεων των μαθητών. Η εν λόγω δεξιότητα αναφέρεται στην ταχεία νοερή περιστροφή εικόνας. Τα αποτελέσματα των ερευνών επιβεβαιώνουν πως η ΕΠ μπορεί να αποτελέσει ένα αποτελεσματικό μέσο στην βελτίωση των Χωρικών Σχέσεων. Ωστόσο, δεν μπορεί να κριθεί ως η πιο αποτελεσματική μέθοδος, καθώς άλλες μορφές παρέμβασης, όπως η παραδοσιακή διδασκαλία και η χρήση άλλων ψηφιακών εργαλείων αποδεικνύεται εξίσου αποτελεσματική (Duenser et al., 2006; Roca-González et al., 2017).

2.3.3 Αποτελέσματα της επίδρασης της ΕΠ στις στάσεις και στα κίνητρα των μαθητών/τριών ως προς την ενασχόλησή τους με το εκάστοτε μαθησιακό αντικείμενο

Είναι σημαντικό να γίνει λόγος για την προσφορά της ΕΠ στην ενίσχυση του κινήτρου των μαθητών/τριών ως προς την εμπλοκή τους στη μαθησιακή διαδικασία. Έρευνες έδειξαν πως το κίνητρο των μαθητών/τριών εξαρτήθηκε από τα εργαλεία που αξιοποιήθηκαν. Η ΕΠ φάνηκε να προηγείται της χρήσης απτών αντικειμένων κατά την παραδοσιακή διδασκαλία, αλλά και άλλων ψηφιακών εργαλείων, όπως είναι ο προτζέκτορας και ο διαδραστικός πίνακας. Η τεχνολογία της ΕΠ από τη φύση της καθιστά το μάθημα πιο ελκυστικό και ενδιαφέρον. Δημιουργεί περιέργεια και ενθουσιασμό στους/στις μαθητές/τριες, καθώς η ενσωμάτωσή της δεν αποτελεί μία συνήθη πρακτική στην εκπαιδευτική πραγματικότητα. Επομένως, οι μαθητές/τριες αποκτούν μεγαλύτερο κίνητρο για συμμετοχή στο μάθημα και ενασχόληση με το μαθησιακό αντικείμενο. Είναι σημαντικό να επισημανθεί πως σε έρευνες που έγινε

διερεύνηση της αντίληψης των συμμετεχόντων/ουσών και του μαθησιακού κινήτρου, φάνηκε πως η ικανοποίηση και το κίνητρο των μαθητών/τριών ήταν αρκετά υψηλό λόγω της χρήσης της ΕΠ. Από έρευνα απεφάνθη πως και ο συνδυασμός της με άλλα ψηφιακά αντικείμενα, εξάπτει ακόμα περισσότερο ενδιαφέρον των μαθητών/τριών (Alves et al., 2017; Baltaci & Çetin, 2022; Cetintav & Yilmaz, 2023; Demitriadou et al., 2020; Fakih, 2023; Gargish et al., 2021; Gecu-Parmaksiz & Delialioğlu, 2020; Gün & Atasoy, 2017; Ibáñez et al., 2020; İbili et al., 2020; Lin et al., 2015; Martín-Gutiérrez et al., 2010; Rossano et al., 2020; Sarkar et al., 2018; Schutera et al., 2021; Yaniawati et al., 2023; Uriarte-Portillo et al., 2023; Weng et al., 2021).

Η ΕΠ συμβάλλει στην πιο θετική στάση απέναντι στο μάθημα των Μαθηματικών, και ιδιαίτερα της Γεωμετρίας. Η δυνατότητα αλληλεπίδρασης με τα επαυξημένα αντικείμενα καθιστά τον/την μαθητή/τρια ενεργό/ή συμμετέχων/ουσα στη μαθησιακή διαδικασία και υπεύθυνο/η για την οικοδόμηση της γνώσης του/της. Ακόμη, η θέαση πιθανώς δυσνόητων και αφηρημένων εννοιών, κάνει πιο εύκολη την κατανόηση και την εκμάθησή τους. Από τα παραπάνω, αυξάνεται η αυτοπεποίθηση των μαθητών/τριών και η διάθεσή τους, ιδιαίτερα όσων είχαν αρχικά αρνητική στάση, για ενασχόληση με το αντικείμενο (Baltaci & Çetin, 2022; Gün & Atasoy, 2017; İbili & Şahin, 2015; Iwano et al., 2021; Kaur et al., 2018; Weng et al., 2021).

Ακόμη, είναι σωστό να αναφερθούν κάποια ακόμα θετικά στοιχεία που επισημάνθηκαν στις έρευνες από την ενασχόληση με την ΕΠ. Ένα θετικό της χρήσης της ΕΠ στη μαθησιακή διαδικασία είναι η ολοκλήρωση του περιεχομένου διδασκαλίας σε σύντομο χρονικό διάστημα. Η παράδοση της ύλης ολοκληρώνεται σε συντομότερο χρονικό διάστημα μέσω της ΕΠ, καθώς δυσνόητες έννοιες που πολλές φορές απαιτούν αρκετή επεξήγηση και χρήση παραδειγμάτων, βρίσκονται οπτικοποιημένες στην οθόνη της κινητής συσκευής. Κατ' αυτόν τον τρόπο η κατανόηση του περιεχομένου γίνεται πιο εύκολα και γρήγορα και δεν κουράζει τους/τις μαθητές/τριες. Αυτό βρίσκεται σε αντίθεση με την παραδοσιακή διδασκαλία που απαιτεί περισσότερες διδακτικές ώρες, ιδιαίτερα για την παράδοση δυσνόητων και αφηρημένων εννοιών (Iwano et al., 2021).

2.3.4. Η αποδοχή της τεχνολογίας ΕΠ από τους/τις μαθητές/τριες

Σε έναν μικρό αριθμό ερευνών της βιβλιογραφικής ανασκόπησης έγινε αναφορά και στις απόψεις και τη στάση των μαθητών/τριών απέναντι στην τεχνολογία ΕΠ. Ιδιαίτερα, εξετάστηκε κατά πόσο έκριναν την ΕΠ χρήσιμη, εύκολη στη χρήση της και διασκεδαστική. Απεδείχθη πως οι μαθητές/τριες που ερωτήθηκαν έκριναν το εργαλείο χρήσιμο και αρκετά εύκολο στη χρήση. Θεώρησαν πως τους προκαλεί το ενδιαφέρον και ενθουσιασμό και πως μέσα από την διασκεδαστική ενασχόληση μαζί της δεν γίνεται αντιληπτός ο φόρτος εργασίας. Θετική φάνηκε να είναι και η δυνατότητα πρόσβασης στο περιεχόμενο οποιαδήποτε στιγμή και αυτόνομα, χωρίς την επίβλεψη κάποιου εκπαιδευτικού (Baltaci & Çetin, 2022; Cetintav & Yilmaz, 2023; Gargrish et al., 2021; Roca-González, 2017; Rossano et al., 2020; Schutera et al., 2021; Yaniawati et al., 2023).

Σ' αυτό το σημείο είναι σημαντικό να υπογραμμιστεί πως η θετική αντίληψη των μαθητών/τριών κρίνεται ανεξάρτητη του επιπέδου χωρικής ικανότητάς τους. Όλοι/ες οι μαθητές/τριες, οι οποίοι/ες παρουσιάζουν ποικιλία επιπέδων χωρικής ικανότητας βρίσκουν την ΕΠ ένα ιδιαίτερα ελκυστικό μέσο διδασκαλίας. Ωστόσο, η θετική στάση απέναντι στην ΕΠ και το αυξημένο κίνητρο μπορούν να οδηγήσουν και σε μεγαλύτερη ενασχόληση με την εφαρμογή και κατ' επέκταση στην ενίσχυση των χωρικών δεξιοτήτων. Αξίζει να γίνει αναφορά στο πόρισμα έρευνας σύμφωνα με την οποία η αντίληψη των μαθητών απέναντι στην ΕΠ είναι αντιστρόφως ανάλογη της επίδοσής τους. Οι μαθητές που είχαν χαμηλότερες μαθησιακές επιδόσεις είχαν θετικότερη εντύπωση από την εφαρμογή, καθώς κατάφεραν να κατανοήσουν περισσότερο το μάθημα και να αποκτήσουν αυτοπεποίθηση (Lin et al., 2015).

2.4 Σύνοψη

Συμπερασματικά, ύστερα από τη σύνοψη των συμπερασμάτων των ερευνών, γίνονται φανερά τα οφέλη της χρήσης της ΕΠ στη μαθησιακή επίδοση και στην ενίσχυση των χωρικών δεξιοτήτων των μαθητών/τριών.

Ιδιαίτερα, η ΕΠ χάρη στη δυνατότητα που προσφέρει για την αλληλεπίδραση του χρήστη με επαυξημένα ψηφιακά αντικείμενα, που δεν βρίσκονται απομονωμένα από το φυσικό περιβάλλον, δημιουργεί μοναδικές ευκαιρίες εξάσκησης και βελτίωσης των

χωρικών δεξιοτήτων. Η ΕΠ αναδεικνύεται ως κατάλληλη μέθοδος για την ενίσχυση των βασικών χωρικών δεξιοτήτων, της Χωρικής Οπτικοποίησης, του Χωρικού Προσανατολισμού και των Χωρικών Σχέσεων. Οι μαθητές/τριες με την εν λόγω τεχνολογία καταφέρνουν να ενδυναμώσουν την ικανότητά τους να χειρίζονται δισδιάστατα και τρισδιάστατα σχήματα, να τα οπτικοποιούν νοερά από διαφορετικές οπτικές γωνίες, να τα περιστρέφουν με ταχύτητα και ακρίβεια, καθώς και να προσανατολίζονται στον χώρο.

Επιπροσθέτως, η ΕΠ έχει θετική επίδραση και στη μαθησιακή επίδοση των μαθητών τόσο στο αντικείμενο της Γεωμετρίας, όσο και σε άλλα μαθησιακά αντικείμενα. Συγκεκριμένα, αναφορικά με τη Γεωμετρία, η ΕΠ, χάρη στη ρεαλιστική απεικόνιση που προσφέρει, συμβάλλει στην ικανότητα των μαθητών/τριών να αναγνωρίζουν, να διακρίνουν, να δημιουργούν γεωμετρικά σχήματα και στερεά και να τα συγκρίνουν μεταξύ τους, καθώς και να κατανοούν έννοιες όπως το εμβαδόν και ο όγκος και άλλου τύπου μετρήσεις. Σε άλλα μαθησιακά αντικείμενα κρίθηκε επίσης χρήσιμη λόγω της οπτικοποίησης αφηρημένων και δυσνόητων εννοιών. Ωστόσο, παραδοσιακά μέσα διδασκαλίας και άλλα ψηφιακά εργαλεία δείχνουν να φέρουν εξίσου θετικά μαθησιακά αποτελέσματα.

Καταληκτικά, η ΕΠ δημιούργησε θετική εντύπωση σε όλους τους/τις μαθητές/τριες. Κατέστησε το εκάστοτε μάθημα ενδιαφέρον, ελκυστικό και δημιούργησε ενθουσιασμό, κίνητρο για ενασχόληση και θετικότερες στάσεις απέναντί του. Η παρουσία κινήτρου, αν και δεν μπορεί να εγγυηθεί την καλύτερη μαθησιακή επίδοση, είναι βέβαιο πως οδηγεί σε περισσότερη εξάσκηση και ως φυσικό επακόλουθο, μεγαλύτερη ενίσχυση των χωρικών δεξιοτήτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. Μεθοδολογία της έρευνας

3.1. Εισαγωγή

Στο Κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολούθησε η παρούσα έρευνα. Γίνεται λόγος για τη μέθοδο που αξιοποιήθηκε και αναλύονται οι φάσεις της έρευνας. Οι φάσεις της έρευνας ξεκινούν από την παρουσίαση της διαδικασίας αναζήτησης και ανασκόπησης της διεθνούς βιβλιογραφίας και συνεχίζουν με την παροχή στοιχείων σε ό,τι αφορά το σχολείο και την τάξη που έγινε η παρέμβαση. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα εργαλεία συλλογής δεδομένων που χορηγήθηκαν στους/στις μαθητές/τριες πριν και μετά την παρέμβαση, η εφαρμογή ΕΠ και αναλύεται η εκπαιδευτική διαδικασία κατά την πιλοτική έρευνα, την πειραματική διδασκαλία, καθώς και τη διδασκαλία στην ομάδα ελέγχου. Τέλος, γίνεται αναφορά στο εργαλείο και στη διαδικασία μέσα από την οποία έγινε η στατιστική ανάλυση των δεδομένων.

3.2. Μεθοδολογική προσέγγιση

Η παρούσα έρευνα ακολούθησε ως μεθοδολογία τον ημι-πειραματικό σχεδιασμό (quasi-experimental design) ή, όπως ορίζεται διαφορετικά, οιονεί πειραματική έρευνα. Ο όρος ημι-πειραματικός σχεδιασμός δίνεται σε πειράματα που χειρίζονται μεταβλητές και μετρήσεις, στα οποία το δείγμα της έρευνας δεν είναι τυχαιοποιημένο. Η διαφορά της ημι-πειραματικής μεθόδου με το κλασικό πείραμα είναι η αδυναμία τυχαιοποίησης του δείγματος. Στόχο της εν λόγω μεθόδου αποτελεί η υπόδειξη μίας πιθανής αιτιώδους σχέσης μεταξύ μίας παρέμβασης (ανεξάρτητης μεταβλητής) και ενός αποτελέσματος (εξαρτημένης μεταβλητής) και η μέτρηση της επίδρασης της ανεξάρτητης μεταβλητής πάνω στην εξαρτημένη (Campbell & Stanley, 1963; Cook & Campbell, 1979; Shadish, Cook, & Campbell, 2002).

Κατά την έρευνα με χρήση της ημι-πειραματικής μεθόδου υπάρχουν δύο ομάδες, η ομάδα πειραματισμού και η ομάδα ελέγχου, που δεν έχουν επιλεγεί τυχαία. Η έρευνα διακρίνεται σε τρία στάδια, το στάδιο του προ-ελέγχου, της παρέμβασης για την ομάδα πειραματισμού και του μετά-ελέγχου. Κατά τον προ-έλεγχο γίνεται η αρχική μέτρηση των εξαρτημένων μεταβλητών και στις δύο ομάδες. Έπειτα, η ομάδα πειραματισμού δέχεται την πειραματική διδασκαλία και η ομάδα ελέγχου παρακολουθεί παραδοσιακή διδασκαλία, προκειμένου να γίνει σύγκριση μεταξύ τους. Ύστερα από την παρέμβαση,

ακολουθεί ο μετά-έλεγχος (μετά-μέτρηση) των εξαρτημένων μεταβλητών. Ακόμη, στην ημι-πειραματική μέθοδο γίνεται εκτίμηση της συνδιακύμανσης, δηλαδή πώς οι μεταβολές μίας μεταβλητής ακολουθούνται από αλλαγές στη συμπεριφορά.

Ωστόσο, είναι σημαντικό να υπογραμμιστεί πως η ημι-πειραματική μέθοδος φέρει κάποιους περιορισμούς. Μπορεί να αντιμετωπίζει ζητήματα εσωτερικής εγκυρότητας, καθώς οι ομάδες είναι πιθανό να διαφέρουν μεταξύ τους και να μην είναι δυνατή η εξαγωγή έγκυρων αποτελεσμάτων. Επιπλέον, υπάρχει μία σειρά από παράγοντες (μεταβλητές), οι οποίοι ονομάζονται ημι-ανεξάρτητες μεταβλητές και δεν μπορούν να ελεγχθούν από την έρευνα. Οι ερευνητές δεν έχουν τη δυνατότητα να ελέγξουν πλήρως τις μεταβλητές που μπορεί να αποτελέσουν απειλή για την εσωτερική εγκυρότητα της μελέτης. Γι' αυτόν τον λόγο είναι σημαντικός ο εντοπισμός των ημι-ανεξάρτητων μεταβλητών, ώστε να μπορέσουμε να αποτρέψουμε την επίδρασή τους.

Σύμφωνα με τους Cook and Campbell (1979), οι ημι-ανεξάρτητες μεταβλητές είναι γεγονότα που έχουν συμβεί στη ζωή των μαθητών/τριών κατά τη διάρκεια της έρευνας, η ωρίμανση των μαθητών/τριών, στην οποία συμπεριλαμβάνεται και η ανάπτυξή τους αλλά και βιολογικές ανάγκες που προκύπτουν κατά την έρευνα όπως πείνα ή κούραση. Επιπλέον, η εμπειρία που απέκτησαν οι μαθητές/τριες από την αρχή της παρέμβασης, η πιθανή αποχώρησή τους από την έρευνα πριν την ολοκλήρωσή της, η στατιστική παλινδρόμηση, οι διαφορές μεταξύ των ομάδων και τέλος η αλλαγή του εργαλείου μέτρησης (Rossi, Lipsey, & Freeman, 2004; Χαλικιάς, Λάλου, & Μανωλέσου, 2015).

Παρά τους προαναφερθέντες περιορισμούς, η ημι-πειραματική μέθοδος κρίνεται ως η πλέον κατάλληλη για την υλοποίηση της έρευνας. Η δυνατότητα που προσφέρει προς εφαρμογή σε μικρό δείγμα, καθώς και το γεγονός ότι το δείγμα δεν είναι τυχαίο, εφόσον η έρευνα εφαρμόζεται σε ήδη διαχωρισμένες τάξεις μαθητών, την καθιστά περιζήτητη σε εκπαιδευτικές έρευνες.

3.3. Οι φάσεις της έρευνας

3.3.1. Φάση 1: Ανασκόπηση της βιβλιογραφίας

Για την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, πραγματοποιήθηκε αναζήτηση σε τέσσερις διαφορετικές βάσεις δεδομένων: την ERIC- Educational Resources Information Center, τη Science Direct, την Tandofline, τη Springer Link, τη Semantic Scholar και τη Research Gate. Κατά την αναζήτηση χρησιμοποιήθηκαν οι λέξεις κλειδιά «Augmented Reality AND Mathematics AND Geometry AND Primary school AND students AND spatial ability AND spatial skills». Η αναζήτηση με τους εν λόγω όρους περιορίστηκε ως προς τον τύπο των ερευνών σε «research articles» και ως προς τις χρονολογίες αναζήτησης 2010-2023. Τα αποτελέσματα ήταν 387 στο Eric, 31 στο Science Direct, 194 στο Tandofline, 58 στη Springer Link, Semantic Scholar 163, 600 στο Research Gate. Αναζητήθηκαν εμπειρικές έρευνες, με δείγμα μαθητές/τριες πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, στις οποίες πραγματοποιήθηκε διδασκαλία/παρέμβαση με χρήση τεχνολογίας ΕΠ για τη διδασκαλία του μαθήματος της Γεωμετρίας και την εξάσκηση χωρικών δεξιοτήτων των μαθητών/τριών. Λόγω του περιορισμένου αριθμού των ευρημάτων, η αναζήτηση επεκτάθηκε και συμπεριέλαβε εμπειρικές έρευνες που αφορούσαν και την τριτοβάθμια εκπαίδευση, καθώς και παλαιότερες χρονολογίες, ξεκινώντας από το 2006.

Οι εμπειρικές έρευνες, οι οποίες παρατίθενται στο Κεφάλαιο 2, αναδεικνύουν την αξία της χρήσης της τεχνολογίας ΕΠ στην εκπαιδευτική διαδικασία αναφορικά με την εξάσκηση των χωρικών τους δεξιοτήτων, αλλά και την βελτίωση της μαθησιακής τους επίδοσης. Η ΕΠ διακρίνεται ως η πλέον κατάλληλη ανάμεσα σε άλλες μεθόδους διδασκαλίας με τα οφέλη της να είναι εμφανή σε σύγκριση με την παραδοσιακή διδασκαλία.

3.3.2. Φάση 2: Η παρέμβαση

3.3.2.1. Η ομάδα πειραματισμού

Για τη διεξαγωγή της ημι-πειραματικής έρευνας επελέγησαν τα δύο τμήματα της Δ' Δημοτικού του 7^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ηλιούπολης. Το δείγμα δεν ήταν τυχαίο και αποτελούταν από 33 μαθητές/τριες συνολικά. Τα δύο τμήματα της Δ' τάξης του

σχολείου χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, μία πειραματισμού και μία ελέγχου. Η ομάδα πειραματισμού αποτελούνταν από 16 μαθητές/τριες (7 αγόρια- 9 κορίτσια) και η ομάδα ελέγχου από 17 μαθητές/τριες (10 αγόρια- 7 κορίτσια).

Πριν την πραγματοποίηση της παρέμβασης, η ερευνήτρια χορήγησε στους/στις μαθητές/τριες ένα έγγραφο ζητώντας την ενυπόγραφη συναίνεση των γονέων-κηδεμόνων για τη συμμετοχή τους στην έρευνα. Στο εν λόγω έγγραφο, η ερευνήτρια παρείχε πληροφορίες αναφορικά με τη φύση της έρευνας, την τεχνολογία της ΕΠ και τα ερωτηματολόγια που θα χορηγούνταν στους/στις μαθητές/τριες. Ύστερα από τη συλλογή των εγγράφων-υπεύθυνων δηλώσεων και την προσκόμισή τους στη Διεύθυνση του σχολείου, η υλοποίηση της έρευνας ήταν εφικτή.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως η επιλογή του σχολείου δεν ήταν τυχαία. Η ερευνήτρια εργαζόταν ως αναπληρώτρια εκπαιδευτικός παράλληλης στήριξης στο 7^ο Δημοτικό Σχολείο Ηλιούπολης και ήταν οικεία με το περιβάλλον, τη διεύθυνση, τους/τις εκπαιδευτικούς και την πλειοψηφία των μαθητών/τριών.

3.3.2.2. Εργαλεία συλλογής δεδομένων

Η συλλογή των δεδομένων της έρευνας έγινε με ποσοτικά εργαλεία. Ιδιαίτερα, χορηγήθηκε στις ομάδες μία σειρά ερωτηματολογίων για τη διερεύνηση της μαθησιακής επίδοσης, των στάσεων απέναντι στη Γεωμετρία, των κινήτρων ως προς την ενασχόληση με το μάθημα της Γεωμετρίας, αλλά και τεστ για τη δεξιότητα της Χωρικής Οπτικοποίησης. Στην ομάδα πειραματισμού δόθηκε ένα επιπρόσθετο ερωτηματολόγιο διερεύνησης της αποδοχής της τεχνολογίας ΕΠ από τους/τις μαθητές/τριες. Όλα τα ερωτηματολόγια χορηγήθηκαν πριν και μετά την παρέμβαση, πλην του τελευταίου που συμπληρώθηκε μετά το πέρας της παρέμβασης.

Για τη διερεύνηση της μαθησιακής επίδοσης των μαθητών/τριών πριν και μετά την παρέμβαση, χορηγήθηκε ερωτηματολόγιο πάνω σε μαθησιακό περιεχόμενο της Γεωμετρίας που δημιουργήθηκε από την ερευνήτρια (Παράρτημα 1). Στο ερωτηματολόγιο αυτό, οι μαθητές/τριες έπρεπε να απαντήσουν σε ερωτήσεις ανοιχτού τύπου. Οι ερωτήσεις αφορούσαν την ονοματοδοσία τεσσάρων γεωμετρικών στερεών, την απαρίθμηση των βασικών χαρακτηριστικών τους και τον εντοπισμό τους στο εκάστοτε γεωμετρικό στερεό, καθώς και την σύγκριση των γεωμετρικών στερεών

μεταξύ τους ανά δυάδες (εύρεση ομοιοτήτων και διαφορών). Η δημιουργία των ερωτήσεων στηρίχθηκε στις ασκήσεις που δίνονται προς επίλυση στο σχολικό βιβλίο μαθητή και τετράδιο εργασιών του μαθήματος των Μαθηματικών.

Για τη διερεύνηση της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης αξιοποιήθηκε το Mental Rotation Test (MRT-A) των Peters et al. (1995). Το τεστ αυτό είναι μία επανασχεδιασμένη εκδοχή του ίδιου τεστ που δημιουργήθηκε από τους Vandenberg and Kuse (1978). Αποτελείται από 24 προβλήματα προς επίλυση. Σε κάθε πρόβλημα υπάρχει μία φιγούρα-στόχος στην αριστερή πλευρά και τέσσερις φιγούρες-ερεθίσματα στη δεξιά πλευρά. Δύο εκ των τεσσάρων ερεθισμάτων αποτελούν μία περιστραμμένη εκδοχή της φιγούρας-στόχου. Σε κάθε πρόβλημα ο/η μαθητής/τρια καλείται να εντοπίσει τις δύο σωστές φιγούρες-ερεθίσματα. Στόχος του τεστ είναι να γίνει φανερός ο βαθμός στον οποίο οι μαθητές/τριες είναι σε θέση να περιστρέψουν νοερά ένα αντικείμενο, ώστε να φανταστούν τις πιθανές του εκδοχές σε διαφορετικές οπτικές γωνίες. Το ίδιο τεστ έχει αξιοποιηθεί στο παρελθόν σε μαθητές/τριες 9-10 ετών (Δ΄ τάξης) στις έρευνες των Blüchel, Lehmann, Kellner and Jansen (2013), Moè (2018), Quaiser-Pohl, Neuburger, Heil, Jansen and Schmelter (2014), Titze, Jansen and Heil (2010a), Titze, Jansen and Heil (2010b). Το συγκεκριμένο τεστ δεν παρέχεται στα παραρτήματα καθώς το περιεχόμενό του είναι απόρρητο και δεν επιτρέπεται η αναπαραγωγή του.

Επιπλέον, με στόχο τη διερεύνηση της στάσης των μαθητών/τριών απέναντι στο μάθημα της Γεωμετρίας, ως σχολικό μάθημα αλλά και ως επιστήμη, χορηγήθηκε το ερωτηματολόγιο «Student Attitude toward STEM Survey-Upper Elementary School Students» (S-STEM) που αναπτύχθηκε από την Friday Institute for Educational Innovation (2012), όπως παρουσιάζεται στο Παράρτημα 2. Το ερωτηματολόγιο αυτό μετράει τη στάση των μαθητών/τριών, την αλλαγή στην αυτοπεποίθησή τους και στην αποτελεσματικότητά τους σε όλα τα αντικείμενα STEM, το ενδιαφέρον τους προς επαγγέλματα STEM και την κατάκτηση δεξιοτήτων του 21^{ου} αιώνα. Στην εν λόγω έρευνα δόθηκε ένα ερωτηματολόγιο που αποτελεί προσαρμογή του αρχικού ερωτηματολογίου, εστιασμένο στο πεδίο των Μαθηματικών. Πρόκειται για ένα ερωτηματολόγιο 8 ερωτήσεων με πεντάβαθμη κλίμακα Likert, όπου το 1 συμβολίζει το *Διαφωνώ απόλυτα* και το 5 το *Συμφωνώ απόλυτα*. Η λέξη «Μαθηματικά» στην

εκάστοτε ερώτηση αντικαταστάθηκε με τη λέξη «Γεωμετρία», καθώς στην εν λόγω έρευνα έγινε εστίαση στο συγκεκριμένο πεδίο των Μαθηματικών. Στο παρελθόν, το ερωτηματολόγιο έχει αξιοποιηθεί σε μαθητές/τριες Δημοτικού, στις έρευνες των Ching et al. (2019), Conrad, Polly, Binns and Algozzine (2018) και Yang and Chittori (2022).

Επιπλέον, για να διερευνηθούν τα κίνητρα των μαθητών/τριών ως προς την ενασχόληση με το μάθημα της Γεωμετρίας, έγινε τροποποίηση του ερωτηματολογίου «Patterns of Adaptive Learning Scales» (PALS) των Midgley et al. (2000) καθώς και του ερωτηματολογίου των Elliot and Church (1997), όπως δίνεται στο Παράρτημα 3. Το ερωτηματολόγιο που δόθηκε στους/στις μαθητές/τριες περιλάμβανε 24 δηλώσεις για να εκτιμηθούν οι σκοποί μάθησης, οι σκοποί επίδοσης, οι σκοποί επίδοσης για την αποφυγή συνεπειών, οι πεποιθήσεις επάρκειας, καθώς και ο φόβος αποτυχίας των μαθητών/τριών. Οι προτάσεις δίνονται με πεντάβαθμη κλίμακα Likert, όπου το 1 συμβολίζει το *Διαφωνώ απόλυτα* και το 5 το *Συμφωνώ απόλυτα*. Τα δύο ερωτηματολόγια έχουν χρησιμοποιηθεί συνδυαστικά στο παρελθόν σε μαθητές/τριες Δημοτικού στις έρευνες των Pantziara και Philippou (2015) και Χριστοδούλου (2020).

Τέλος, ύστερα από την παρέμβαση, με σκοπό τη διερεύνηση της αποδοχής της τεχνολογίας ΕΠ χορηγήθηκε στους/στις μαθητές/τριες της ομάδας πειραματισμού ερωτηματολόγιο αποδοχής της τεχνολογίας ΕΠ (Παράρτημα 4). Το εν λόγω ερωτηματολόγιο αποτελεί προσαρμογή του ερωτηματολογίου που προτάθηκε από τους Koutromanos and Mitropoulos (2021). Αξιοποιεί το μοντέλο αποδοχής της κινητής επαυξημένης πραγματικότητας MARAM (Mobile Augmented Reality Acceptance Model), το οποίο αποτελεί μία προέκταση του μοντέλου αποδοχής τεχνολογίας TAM (Technology Acceptance Model). Το εν λόγω ερωτηματολόγιο διαθέτει 5 μεταβλητές: επιθυμία χρήσης εφαρμογών ΕΠ στα σχολικά μαθήματα, στάση απέναντι στη χρήση εφαρμογών ΕΠ στα σχολικά μαθήματα, αντιληπτή διασκέδαση από τη χρήση εφαρμογών ΕΠ στα σχολικά μαθήματα, αντιληπτή ευκολία χρήσης της εφαρμογής «Arete Geometry App» και αντιληπτή χρησιμότητα της εφαρμογής «Arete Geometry App». Ακόμη το ερωτηματολόγιο περιλαμβάνει 5 ερωτήσεις ανοιχτού τύπου. Οι ερωτήσεις ζητούν την καταγραφή των απόψεων των μαθητών/τριών αναφορικά με τι τους άρεσε, τι δεν τους άρεσε, τι έμαθαν και τι τους έκανε εντύπωση στην εφαρμογή «Arete Geometry App», καθώς και την αποτύπωση των συναισθημάτων τους με το

πέρας του μαθήματος και την πιθανή επιθυμία τους για επαναχρησιμοποίηση ΕΠ προτείνοντας και κάποιο άλλο μάθημα.

3.3.2.3 Πιλοτική έρευνα

Πριν την τελική έγκριση των ερωτηματολογίων και την έναρξη της παρέμβασης, πραγματοποιήθηκε πιλοτική έρευνα στο 21^ο Δημοτικό Σχολείο Ηλιούπολης. Το εν λόγω σχολείο ήταν συστεγαζόμενο του 7^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ηλιούπολης στο οποίο έλαβε χώρα η έρευνα. Πριν την πιλοτική παρέμβαση η ερευνήτρια χορήγησε το σύνολο των ερωτηματολογίων που απαριθμήθηκαν στην υποενότητα 3.3.2.2 σε έναν μικρό αριθμό μαθητών/τριών της Δ΄ τάξης, για να επιβεβαιωθεί η ικανότητά τους να τα συμπληρώσουν με βάση την ηλικία τους. Στη συνέχεια, η ερευνήτρια υλοποίησε πιλοτική πειραματική έρευνα στο ένα τμήμα της Δ΄ τάξης του σχολείου.

Η πιλοτική έρευνα ήταν χρήσιμη στον εντοπισμό δυσκολιών και στη διόρθωσή τους κατά την επίσημη παρέμβαση. Ιδιαίτερα, ο διαχωρισμός των μαθητών/τριών έγινε σε τέσσερις ομάδες των τεσσάρων ατόμων, με ένα tablet ανά ομάδα. Παρατηρήθηκε πως οι μαθητές/τριες χρησιμοποιούσαν το tablet ανά δύο και πως χρειαζόντουσαν χρόνο, για να παρατηρήσουν τις επαυξήσεις της εφαρμογής και να κάνουν τις εργασίες τους. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τα άλλα δύο μέλη της ομάδας να παραμένουν άπραγα για αρκετή ώρα και ο χρόνος ολοκλήρωσης των ασκήσεων να διπλασιάζεται. Στην επίσημη παρέμβαση το ζήτημα αυτό επιλύθηκε με τη χορήγηση τεσσάρων επιπλέον tablet, ώστε να αντιστοιχεί ένα tablet ανά ζευγάρι μαθητών/τριών. Επιπλέον, οι μαθητές/τριες εύλογα μπερδεύτηκαν με ορισμένες ονομασίες βασικών χαρακτηριστικών των γεωμετρικών στερεών. Η εφαρμογή ΕΠ ανέφερε τις ακμές και τις έδρες ως άκρες και πρόσωπα αντίστοιχα. Στην επίσημη παρέμβαση χρειάστηκε να δοθούν διευκρινήσεις αναφορικά με την διαφορά αυτή πριν την ενασχόληση με την εφαρμογή, καθώς και να γραφτούν αυτές οι διαφορές στον πίνακα της τάξης. Τέλος, ενώ ο χρόνος διδασκαλίας είχε υπολογιστεί στις 2 διδακτικές ώρες, χρειάστηκε να αναθεωρηθεί για την επίσημη έρευνα και να προστεθεί μισή ώρα, φτάνοντας στις δύομιση διδακτικές ώρες (2 ώρες εργασίας). Στόχος ήταν να δοθεί περισσότερος χρόνος στην ολοκλήρωση της εκάστοτε δραστηριότητας.

3.3.2.4. Η παρέμβαση στην ομάδα πειραματισμού

Οι μαθησιακοί στόχοι που καλούνταν οι μαθητές/τριες να κατακτήσουν με το πέρας της παρέμβασης ήταν:

A. Να αναγνωρίζουν και να ονοματίζουν τα γεωμετρικά στερεά κύβος, ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο, τριγωνική και τετραγωνική πυραμίδα.

B. Να διακρίνουν και να ονοματίζουν τα χαρακτηριστικά των γεωμετρικών στερεών (κορυφή, ακμή, έδρα).

Γ. Να περιγράφουν τον κύβο, το ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο, την τριγωνική και τετραγωνική πυραμίδα με τους όρους «έδρα», «κορυφή» και «ακμή».

Δ. Να συγκρίνουν τα γεωμετρικά στερεά μεταξύ τους (τον κύβο με το ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο και την τριγωνική με την τετραγωνική πυραμίδα) με βάση τα χαρακτηριστικά τους (κάνοντας χρήση των όρων «κορυφή», «έδρα», «ακμή»).

Διδακτικό αντικείμενο αποτέλεσε η ενότητα 52 «Μαθαίνω για τα στερεά σώματα», του Γ' Κεφαλαίου των Μαθηματικών Δ' Δημοτικού. Σε ό,τι αφορά την ομάδα πειραματισμού, μία μέρα πριν την παρέμβαση οι μαθητές/τριες ήρθαν σε επαφή με την εφαρμογή ΕΠ που θα αξιοποιούσαν κατά τη διδασκαλία. Η εφαρμογή ΕΠ που χρησιμοποιήθηκε ονομάζεται «Arete Geometry App». Πρόκειται για μία εφαρμογή που προσφέρει στους χρήστες τη δυνατότητα να δουν τα γεωμετρικά στερεά σε τρεις διαστάσεις από όλες τις πλευρές και να κατανοήσουν τις ιδιότητές τους. Λόγος για την εφαρμογή «Arete Geometry App» σε αναλυτικό επίπεδο δίνεται παρακάτω. Οι μαθητές/τριες ήρθαν σε επαφή με την εφαρμογή, ώστε να γνωρίζουν πώς να τη χρησιμοποιήσουν σε συνδυασμό με τις κάρτες-marker που την συνόδευαν. Την ίδια μέρα, οι μαθητές/τριες συμπλήρωσαν τα πέντε ερωτηματολόγια που αναφέρονται στην υποενότητα 3.3.2.2.

3.3.2.4.1 Οι φάσεις της διδασκαλίας

Η διδακτική προσέγγιση που ακολουθείται για την εν λόγω παρέμβαση βασίζεται στο μοντέλο κonstruktivistικής μάθησης που προτείνεται από τους Driver και Oldham (όπ. ανάφ. Χαλκιά, 2014). Το εν λόγω μοντέλο χωρίζεται σε πέντε φάσεις: τον προσανατολισμό, την ανάδειξη ιδεών των μαθητών, την εισαγωγή της νέας γνώσης, την εφαρμογή των νέων ιδεών των μαθητών και την ανασκόπηση.

Φάση 1^η – Προσανατολισμός (διάρκεια 15 λεπτά)

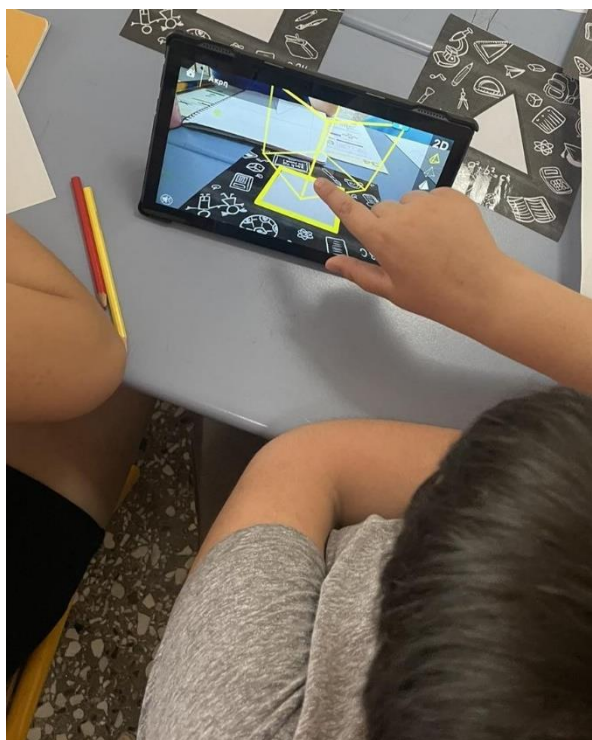
Κατά την πρώτη φάση οι μαθητές/τριες σε ομάδες των δύο, παρατηρούν τις κάρτες επαύξησης που τους έχουν χορηγηθεί, χωρίς να θέσουν σε λειτουργία την εφαρμογή. Έπειτα απαντούν στα εξής ερωτήματα:

- Το κάθε ένα από τα εικονιζόμενα γεωμετρικά σχήματα που βλέπετε στις κάρτες, σε ποιο γεωμετρικό στερεό αντιστοιχεί; Θυμάστε το όνομά του;
- Μπορείτε στον χώρο της τάξης να δείξετε μερικά παραδείγματα αυτών των γεωμετρικών στερεών που προαναφέρατε;

Η εκπαιδευτικός για να τους βοηθήσει να οραματιστούν τα γεωμετρικά στερεά, στα οποία αντιστοιχούν τα γεωμετρικά σχήματα στις κάρτες-επαύξησης, τα ζωγραφίζει στον πίνακα και τους δείχνει εκτυπωμένες εικόνες που τα απεικονίζουν. Οι μαθητές/τριες, καθώς δεν θυμούνται τα ονόματα των γεωμετρικών στερεών από τις προηγούμενες τάξεις του Δημοτικού, προσπαθούν να τα περιγράψουν όσο καλύτερα μπορούν. Τον κύβο τον αναφέρουν ως «τετράγωνο με πολλές πλευρές», το ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο ως «παραλληλόγραμμο με πολλές πλευρές», την τριγωνική πυραμίδα την αποκαλούν «διαμάντι» και «ρόμβο» και την τετραγωνική πυραμίδα «τρίγωνο».

Φάση 2^η – Ανάδειξη των ιδεών των μαθητών (διάρκεια 20 λεπτά)

Στη 2^η φάση της παρέμβασης, οι μαθητές/τριες ανοίγουν την κάμερα της εφαρμογής «Arete Geometry App», η οποία έχει μπει ήδη σε λειτουργία από την εκπαιδευτικό, ώστε η εφαρμογή να «διαβάσει» τις κάρτες επαύξησης. Παρατηρούν τα επαυξημένα γεωμετρικά στερεά που προκύπτουν από το γεωμετρικό σχήμα της εκάστοτε κάρτας, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.1. Πάνω αριστερά στην οθόνη τους παρατίθεται το όνομα του γεωμετρικού στερεού που παρατηρούν.

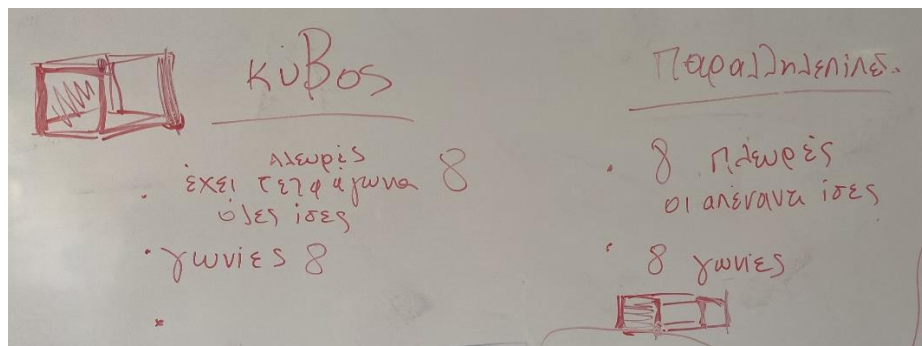


Εικόνα 1.1. Παρατήρηση των γεωμετρικών στερεών μέσα από την εφαρμογή ΕΠ «Arete Geometry App»

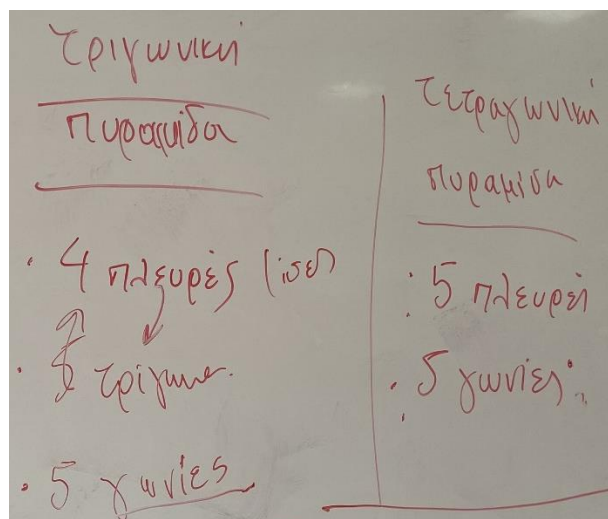
Αφού παρατηρήσουν και τα τέσσερα γεωμετρικά στερεά, τους ζητείται να εντοπίσουν τα βασικά τους στοιχεία και να προσπαθήσουν να τα ονοματίσουν. Εφόσον δεν έχουν διδαχθεί τη νέα ορολογία, χρησιμοποιούν όρους που ήδη γνωρίζουν για να τα περιγράψουν. Επομένως, σε μία προσπάθεια αναφοράς των χαρακτηριστικών κάνουν λόγο για «πλευρά» ή «γύρω-γύρω» αντί του όρου «έδρα», «γωνία» αντί του «κορυφή» και «γραμμή» αντί του όρου «ακμή». Επίσης, προχωρούν στην όσο δυνατότερη απαρίθμηση του πλήθους των χαρακτηριστικών των στερεών. Η εκπαιδευτικός καταγράφει στον πίνακα της τάξης όσα λένε, όπως φαίνεται στις εικόνες 1.2 και 1.3.

Σ' αυτό το σημείο τους ζητείται να εντοπίσουν τις ομοιότητες και τις διαφορές που παρατηρούν ανάμεσα στον κύβο και το ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο και ανάμεσα στην τριγωνική και τετραγωνική πυραμίδα με βάση όσα έχουν σημειωθεί στον πίνακα ή όσα παρατηρούν. Σαν ομοιότητες αναφέρουν πως ο κύβος και το ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο έχουν έξι «πλευρές» («πάνω-κάτω» και «γύρω-γύρω»), και πως οι δύο πυραμίδες έχουν τέσσερις «πλευρές» («γύρω- γύρω» και από κάτω). Ως διαφορές παρατηρούν πως όλες οι «πλευρές» του κύβου είναι ίδιες, ενώ του ορθογώνιου

παράλληλεπίπεδου μόνο οι απέναντι. Ακόμη, πως η βάση της τριγωνικής πυραμίδας είναι ένα τρίγωνο, ενώ της τετραγωνικής ένα τετράγωνο.



Εικόνα 1.2. Καταγραφή των χαρακτηριστικών του κύβου και του ορθογώνιου παραλληλεπίπεδου όπως αναφέρονται από τους/τις μαθητές/τριες



Εικόνα 1.3. Καταγραφή των χαρακτηριστικών της τριγωνικής και τετραγωνικής πυραμίδας όπως αναφέρονται από τους/τις μαθητές/τριες

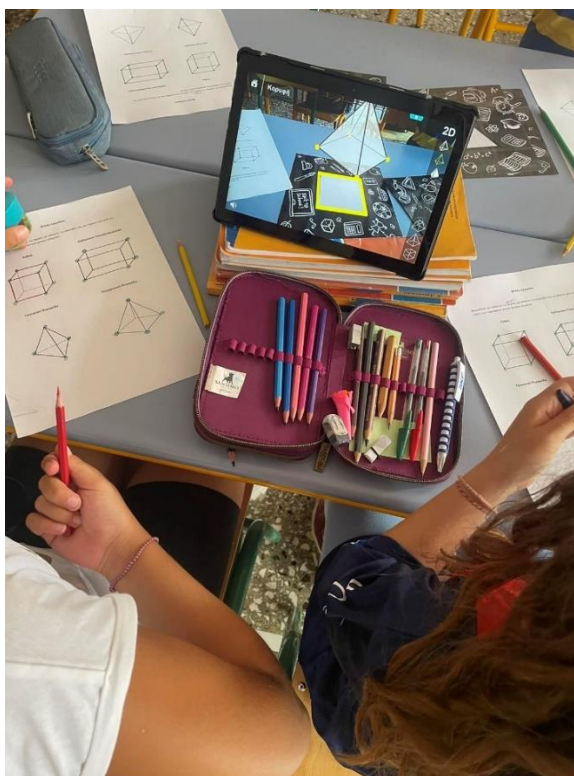
Φάση 3^η – Αναδόμηση των ιδεών των μαθητών (διάρκεια 30 λεπτά)

Στη 3^η φάση της παρέμβασης, η εκπαιδευτικός προβληματίζει τους/τις μαθητές/τριες αναφορικά με τον τρόπο που επέλεξαν να ονομάσουν τα χαρακτηριστικά των στερεών, προκειμένου να τα περιγράψουν. Τους παρέχει το Φύλλο Εργασίας 1 (Παράρτημα 5), που τους ζητείται να χρωματίσουν με διαφορετικό χρώμα το εκάστοτε χαρακτηριστικό των στερεών, βλέποντας παράλληλα μέσα από την πλοήγησή τους στην εφαρμογή ΕΠ τις «κορυφές», τις «έδρες» και τις «ακμές» (όπως φαίνεται στις

εικόνες 1.4 και 1.5). Με τον έλεγχο της άσκησης, προκύπτουν συμπερασματικά τα ονόματα των βασικών χαρακτηριστικών των γεωμετρικών στερεών.



Εικόνα 1.4. Παρατήρηση των «εδρών» του κύβου και συμπλήρωση του Φύλλου Εργασίας 1



Εικόνα 1.5. Παρατήρηση των «κορυφών» της τετραγωνικής πυραμίδας και συμπλήρωση του Φύλλου Εργασίας 1

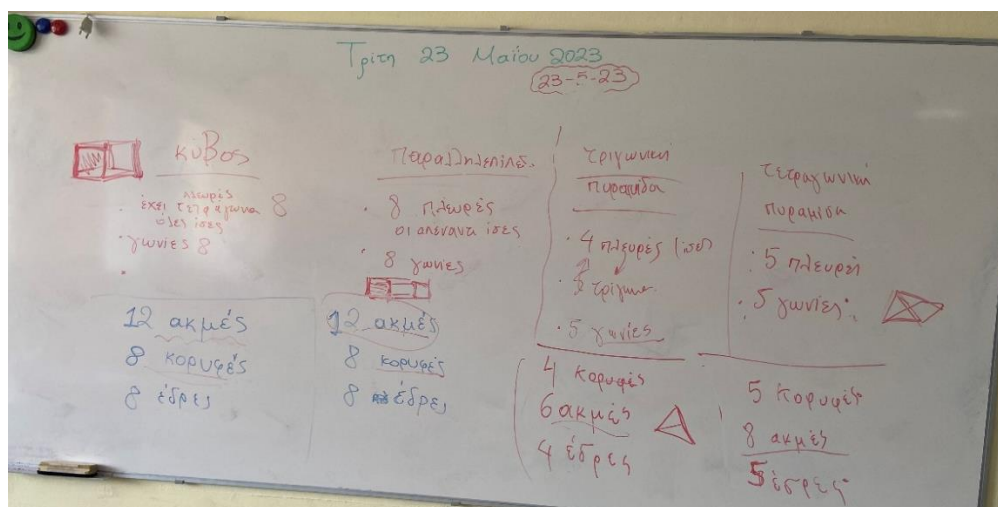
Ύστερα, χρησιμοποιώντας ως εποπτικό μέσο την ΕΠ, πραγματοποιούν άσκηση από το Βιβλίο Μαθητή (Β.Μ.), κατά την οποία καλούνται να μετρήσουν τις «έδρες», τις «κορυφές» και τις «ακμές» των τεσσάρων γεωμετρικών στερεών και να τις καταγράψουν. Με τον έλεγχο της άσκησης και μέσα από συζήτηση καταλήγουν στον σωστό τρόπο καταμέτρησης των χαρακτηριστικών για αποφυγή λαθών κατά τη μέτρηση (π.χ. διπλή καταμέτρηση ακμών). Οι μαθητές/τριες πετυχαίνουν την ορθή καταμέτρηση των χαρακτηριστικών είτε περιστρέφοντας τις κάρτες επαύξησης είτε γυρνώντας το tablet γύρω από τις κάρτες. Κατ' αυτόν τον τρόπο μπορούν να δουν τα γεωμετρικά στερεά από όλες τις οπτικές γωνίες. Μέσα από την φύση της παρατήρησης των στερεών σωμάτων που προσφέρει η ΕΠ, εξασκούν τη δεξιότητα της Χωρικής Οπτικοποίησης.

Φάση 4^η- Εφαρμογή των ιδεών σε νέες καταστάσεις (διάρκεια 40 λεπτά)

Οι μαθητές/τριες εφαρμόζουν τις νέες τους γνώσεις στην επίλυση του Φύλλου Εργασίας 2 (Παράρτημα 6), κατά το οποίο πρέπει να σημειώσουν ποιο εκ των τεσσάρων γεωμετρικών στερεών φέρει τα χαρακτηριστικά που παρουσιάζονται σε κάθε πρόταση που δίνεται. Επίσης, υλοποιούν και ασκήσεις του Τετραδίου Εργασιών (Τ.Ε.) χρησιμοποιώντας και πάλι την εφαρμογή ΕΠ ως εποπτικό μέσο. Ύστερα από την επίλυση των ασκήσεων, γίνεται συζήτηση στην τάξη αναφορικά με τις ομοιότητες και τις διαφορές των στερεών με στόχο την εμπέδωσή τους.

Φάση 5^η – Αναστοχασμός (διάρκεια 15 λεπτά)

Η εκπαιδευτικός ζητά από τους/τις μαθητές/τριες να επαυξήσουν ένα-ένα τα γεωμετρικά στερεά μέσω της ΕΠ και να τα περιγράψουν αξιοποιώντας τις νέες τους γνώσεις. Όσα αναφέρουν τα καταγράφει στον πίνακα, κάτω από όσα είχαν καταγράψει στην αρχή της παρέμβασης, όπως φαίνεται στην εικόνα 1.6. Ύστερα, κοιτώντας τον πίνακα, τους ζητείται να αντιπαραβάλουν τις νέες τους γνώσεις με τις αρχικές τους ιδέες. Στόχος της εν λόγω φάσης είναι οι μαθητές/τριες να συνειδητοποιήσουν την πορεία που ακολούθησαν για να φτάσουν στην κατάκτηση της νέας τους γνώσης.



Εικόνα 1.6. Οι αρχικές παρατηρήσεις των μαθητών/τριών (πάνω) μαζί με τις τελικές (κάτω)

3.3.2.5. Η εφαρμογή ΕΠ

Για την έρευνα επιλέχθηκε η εφαρμογή ΕΠ «Arete Geometry App» της εταιρίας CleverBooks. Η εταιρία CleverBooks, με την ομώνυμη ιστοσελίδα www.cleverbooks.eu προσφέρει διαδραστικές και πολυαισθητηριακές εκπαιδευτικές εφαρμογές ΕΠ για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση.

Η εφαρμογή «Arete Geometry App» έχει αναπτυχθεί ως εκπαιδευτικό υλικό στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού ερευνητικού προγράμματος «Arete Pilot 2». Το ερευνητικό πρόγραμμα «Arete Pilot 2» έχει χορηγηθεί από το πρόγραμμα έρευνας και καινοτομίας H2020 της Ευρωπαϊκής Ένωσης με στόχο την υποστήριξη και ενίσχυση των υπάρχουσών διαδραστικών τεχνολογιών ΕΠ στην Ευρώπη, καθώς και τη δημιουργία νέων. Επιπλέον στόχος είναι η καλύτερη κατανόηση εννοιών της Γεωμετρίας. Στο πλαίσιο του πιλοτικού προγράμματος 2, αναπτύχθηκαν δύο εφαρμογές ΕΠ, μία για τη διδασκαλία της Γεωμετρίας και μία για την Γεωγραφία. Οι εφαρμογές αυτές παρέχονται δωρεάν και βρίσκονται διαθέσιμες για tablet και κινητά τηλέφωνα με λογισμικό Android και iOS. Ο γραπτός τους λόγος είναι μεταφρασμένος σε αρκετές ευρωπαϊκές γλώσσες, συμπεριλαμβανομένων και των ελληνικών. Συνοδεύονται από Τετράδιο Εργασιών που μπορεί να αγοραστεί μέσω της ιστοσελίδας της CleverBooks.

3.3.2.5.1. Η περιγραφή της εφαρμογής

Σε ό,τι αφορά την εφαρμογή ΕΠ «Arete Geometry App», δημιουργήθηκε για μαθητές/τριες Δημοτικού, ηλικίας 7-11 ετών. Στόχος δημιουργίας της είναι η ενσωμάτωση ενός επιπρόσθετου εργαλείου ΕΠ, το οποίο θα προσφέρει πολύτιμη οπτικοποίηση του μαθήματος των Μαθηματικών. Οι μαθητές/τριες μέσα από την εφαρμογή είναι σε θέση να αλληλεπιδράσουν άμεσα με τα γεωμετρικά σώματα, με τα οφέλη αυτής της αλληλεπίδρασης να κρίνονται σημαντικά.

Βασικό όφελος της εφαρμογής ΕΠ «Arete Geometry App» είναι πως συμβάλλει στην εξάσκηση και κατ' επέκταση ενίσχυση της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης των μαθητών/τριών, μέσα από την τρισδιάστατη θέαση των γεωμετρικών στερεών. Επιπλέον, η φύση της τεχνολογίας ΕΠ δημιουργεί ενδιαφέρον και περιέργεια στα παιδιά, ώστε παραμείνουν συγκεντρωμένα στη μαθησιακή διαδικασία. Απόρροια της συγκέντρωσης και της ικανότητας Οπτικοποίησης των γεωμετρικών μοντέλων είναι η αύξηση του ρυθμού μάθησης και του βαθμού συγκράτησης των νέων γνώσεων (CleverBooks Ireland, 2017).

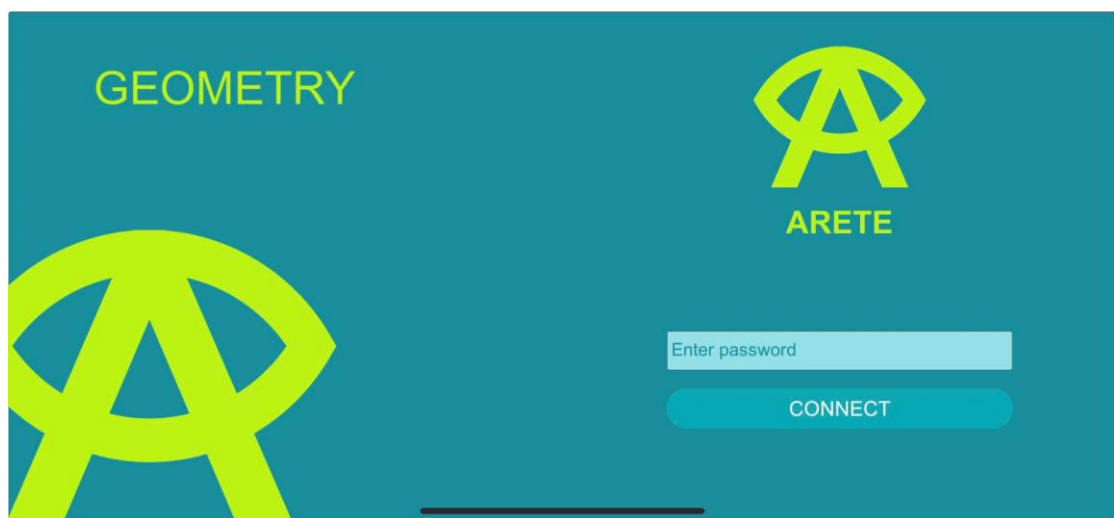
Είναι σημαντικό να υπογραμμιστεί πως η εφαρμογή συνοδεύεται από πέντε κάρτες επαύξησης (Εικόνα 2.1). Σε κάθε κάρτα επαύξησης απεικονίζεται ένα γεωμετρικό σχήμα (κύκλος, τετράγωνο, τρίγωνο, ορθογώνιο παραλληλόγραμμο, εξαγώνο), το οποίο αντιστοιχεί σε μία σειρά γεωμετρικών στερεών με έδρα ίδια με αυτή του σχήματος. Ιδιαίτερα, ο κύκλος επαυξάνεται σε σφαίρα/ κύλινδρο/ τόρο, το τετράγωνο σε κύβο/ τετραγωνική πυραμίδα, το τρίγωνο σε τριγωνική πυραμίδα/ τριγωνικό πρίσμα, το ορθογώνιο παραλληλόγραμμο σε ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο/ πλάγιο παραλληλεπίπεδο και το εξαγώνο σε εξαγωνικό πρίσμα/ εξαγωνικό τόρο.



Εικόνα 2.1. Οι κάρτες επαύξησης της εφαρμογής ΕΠ «Arete Geometry App»

3.3.2.5.2. Το περιβάλλον της εφαρμογής

Η αρχική σελίδα της εφαρμογής ζητάει έναν κωδικό για να επιτραπεί η εισαγωγή στο περιεχόμενό της, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.2. Ο κωδικός “9ΑΟVH9” βρίσκεται ελεύθερα διαθέσιμος και αναγράφεται μέσα στον διαδικτυακό οδηγό του πιλοτικού προγράμματος 2 που προσφέρεται από την CleverBooks. Στη συνέχεια ζητάει να γίνει σύνδεση ως εκπαιδευτικός ή μαθητής/τρια για να δημιουργηθεί μία ψηφιακή τάξη ή να γίνει σύνδεση σε ψηφιακή τάξη αντίστοιχα (Εικόνα 2.3.). Στην ίδια σελίδα δίνεται πάνω δεξιά η δυνατότητα αλλαγής της γλώσσας, στην οποία θα προσφέρεται το κείμενο. Οι επιλογές είναι αρκετές, ανάμεσα στις οποίες και τα ελληνικά.



Εικόνα 2.2. Η αρχική σελίδα της εφαρμογής



Εικόνα 2.3. Επιλογή σύνδεσης ως μαθητής/τρια ή εκπαιδευτικός

Αν πατηθεί η επιλογή «Εγγραφείτε στην τάξη», τότε εμφανίζεται μία σελίδα στην οποία πρέπει να μπει ο κωδικός της τάξης που θα δημιουργηθεί από τον/την εκπαιδευτικό. Στην επιλογή «Συνδεθείτε ως Δάσκαλος» κάνει εισαγωγή στο αρχικό μενού της εφαρμογής, στο οποίο δίνονται τέσσερις επιλογές (εικόνα 2.4.). Στην εν λόγω έρευνα έγινε χρήση της πρώτης επιλογής από το μενού «ΣΧΗΜΑΤΑ». Πατώντας την επιλογή αυτή, η εφαρμογή μεταφέρει τον χρήστη στην κάμερα. Ο χρήστης τότε πρέπει να τοποθετήσει μπροστά στην κάμερα μία από τις κάρτες επαύξησης.



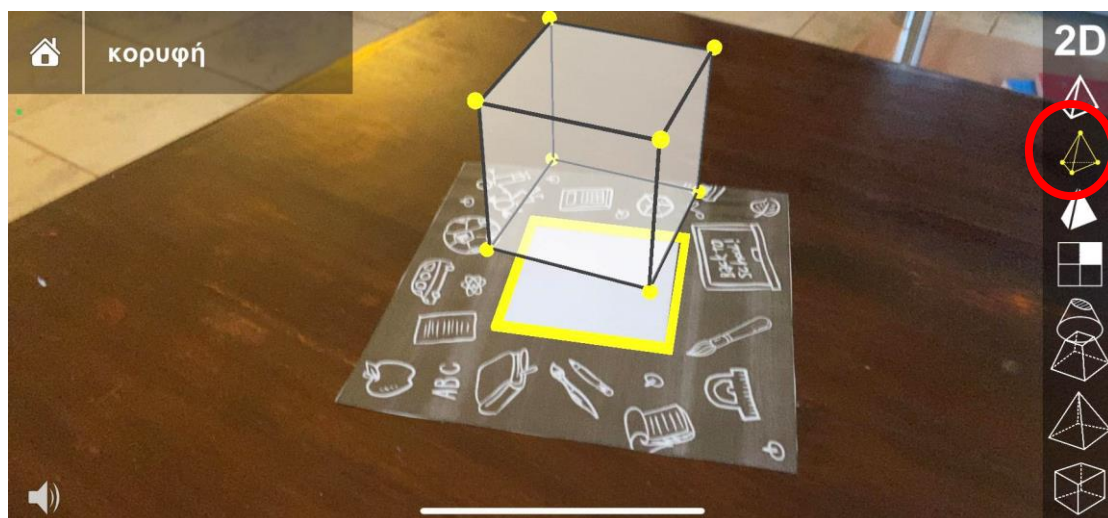
Εικόνα 2.4. Μενού επιλογών

Όπως γίνεται εμφανές από την ίδια εικόνα, το μενού δίνει εκτός της επιλογής «ΣΧΗΜΑΤΑ», και άλλες τρεις επιλογές «ΔΟΚΙΜΗ», «ΠΑΙΧΝΙΔΙ ΜΕ ΦΙΓΟΥΡΕΣ» και «ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΠΑΙΧΝΙΔΙ». Η επιλογή «ΔΟΚΙΜΗ» οδηγεί σε ένα διαδραστικό τεστ πολλαπλής επιλογής, το «ΠΑΙΧΝΙΔΙ ΜΕ ΦΙΓΟΥΡΕΣ» σε ένα παιχνίδι σύγκρισης πραγματικών αντικειμένων με γεωμετρικά στερεά. Η επιλογή «ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΠΑΙΧΝΙΔΙ» είναι ένα παιχνίδι που συνδυάζει γνώσεις πάνω στα γεωμετρικά σχήματα και στερεά με αριθμητικές ασκήσεις. Στο πλαίσιο της έρευνας έγινε χρήση της επιλογής «ΣΧΗΜΑΤΑ» για την επαύξηση των γεωμετρικών στερεών.

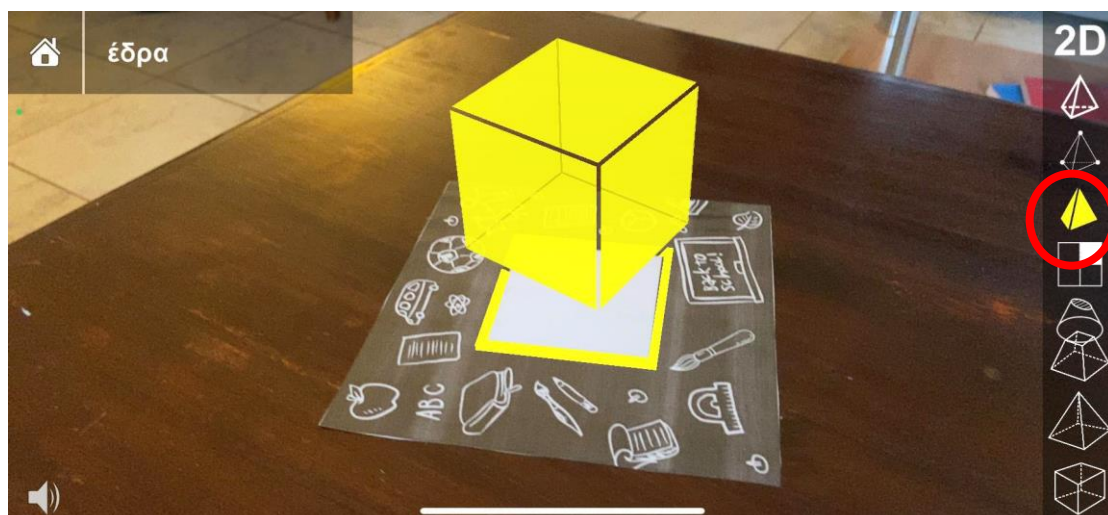
Εφόσον η κάμερα της εφαρμογής διαβάσει την κάρτα επαύξησης εμφανίζει δεξιά της οθόνης ένα μενού επιλογών. Μέσα από το μενού, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ποιο γεωμετρικό στερεό επιθυμεί να επαυξηθεί μπροστά του (όπως για παράδειγμα τον κύβο στην Εικόνα 2.5), και στη συνέχεια τι θέλει να μελετήσει πάνω σε αυτό. Οι επιλογές που δίνονται είναι η θέαση του αναπτύγματος του γεωμετρικού στερεού, η προβολή ακμών, κορυφών και εδρών, η διατομή και τα κλάσματα (Εικόνα 2.6. και 2.7).



Εικόνα 2.5. Επαύξηση κύβου και μενού επιλογών στα δεξιά



Εικόνα 2.6. Θέαση των κορυφών του κύβου



Εικόνα 2.7. Θέαση των εδρών του κύβου

3.3.2.6. Η παρέμβαση στην ομάδα ελέγχου

Στην ομάδα ελέγχου πραγματοποιήθηκε παραδοσιακή διδασκαλία του μαθήματος «Μαθαίνω για τα στερεά σώματα». Οι στόχοι που τέθηκαν ήταν οι ίδιοι ακριβώς με την διδασκαλία που ακολουθήθηκε στην ομάδα πειραματισμού. Για την ολοκλήρωση της διδασκαλίας χρειάστηκαν 2 διδακτικές ώρες. Οι δραστηριότητες έγιναν ως εξής:

Δραστηριότητα 1^η (Εισαγωγή) (διάρκεια 5 λεπτά)

Παρουσιάστηκαν στους/στις μαθητές/τριες φωτογραφίες από τα γεωμετρικά σχήματα τετράγωνο, ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο και τρίγωνο, μέσω προτζέκτορα.

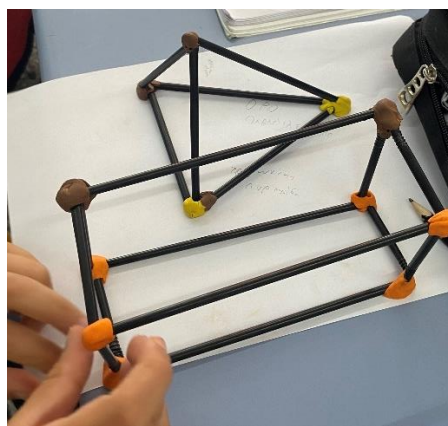
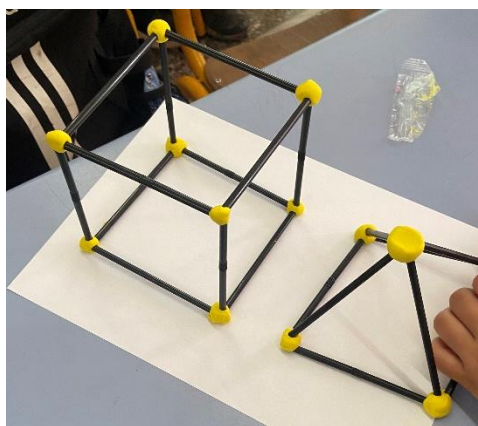
Αφού τα κατονόμασαν, ρωτήθηκαν αν γνώριζαν σε ποια γεωμετρικά στερεά αντιστοιχούν πριν τους δοθεί η σωστή απάντηση. Με τη βοήθεια του προτζέκτορα είδαν εικόνες των γεωμετρικών στερεών του κύβου, του ορθογώνιου παραλληλεπίπεδου, της τριγωνικής και της τετραγωνικής πυραμίδας και τους ζητήθηκε να παρατηρήσουν αν υπάρχουν αντικείμενα με το εκάστοτε σχήμα στην τάξη τους.

Δραστηριότητα 2^η (Διδασκαλία της θεωρίας) (διάρκεια 20 λεπτά)

Τα γεωμετρικά στερεά ζωγραφίστηκαν από την εκπαιδευτικό στον πίνακα της τάξης. Παρουσιάστηκε στους/στις μαθητές/τριες η θεωρία αναφορικά με τα χαρακτηριστικά τους (έδρες, ακμές, κορυφές) και καταμετρήθηκαν στο εκάστοτε στερεό, σημειώνοντας παράλληλα τους αριθμούς του κάθε χαρακτηριστικού στον πίνακα. Σ' αυτό το σημείο ζητήθηκε από τους/τις μαθητές/τριες πολύ σύντομα να παρατηρήσουν ομοιότητες και διαφορές των χαρακτηριστικών ανάμεσα στον κύβο και το ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο και ανάμεσα στην τριγωνική και τετραγωνική πυραμίδα και αυτές σημειώθηκαν στον πίνακα από την εκπαιδευτικό.

Δραστηριότητα 3^η (Δημιουργία γεωμετρικών στερεών με απλά υλικά) (διάρκεια 30 λεπτά)

Οι μαθητές/τριες χωρίστηκαν σε δυάδες. Τους χορηγήθηκαν καλαμάκια, πλαστελίνη και ψαλίδι και τους ζητήθηκε να κατασκευάσουν δύο γεωμετρικά στερεά, χρησιμοποιώντας τα καλαμάκια ως ακμές και την πλαστελίνη ως κορυφές. Κάποιες ομάδες κατασκεύασαν τον κύβο και την τετραγωνική πυραμίδα (Εικόνα 3.1) και κάποιες άλλες το ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο και την τριγωνική πυραμίδα (Εικόνα 3.2).

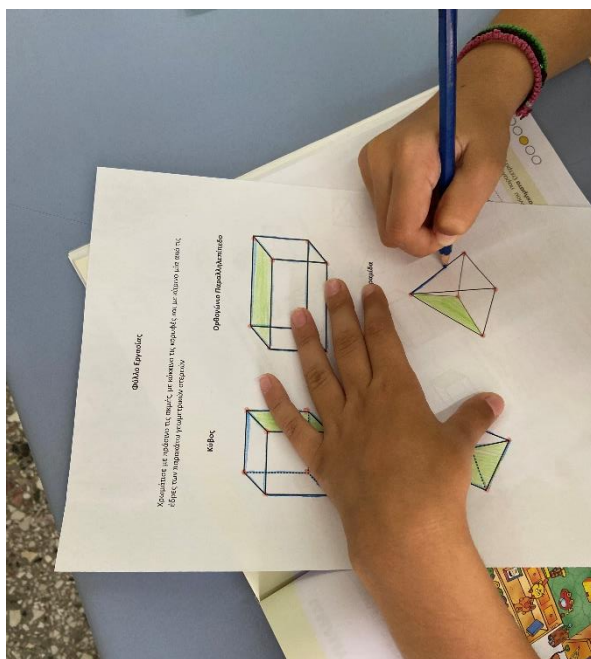


Εικόνα 3.1. Κύβος και τετραγωνική πυραμίδα με καλαμάκια και πλαστελίνη

Εικόνα 3.2. Τριγωνική πυραμίδα και ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο με καλαμάκια και πλαστελίνη

Δραστηριότητα 4^η (Επίλυση ασκήσεων) (διάρκεια 30 λεπτά)

Χορηγήθηκε στους/στις μαθητές/τριες το Φύλλο Εργασίας 1 (Παράρτημα 5), στο οποίο έπρεπε να χρωματίσουν τα χαρακτηριστικά των γεωμετρικών στερεών, παρατηρώντας παράλληλα εκείνα που κατασκεύασαν (Εικόνα 3.3) και ύστερα συμπλήρωσαν αντίστοιχη άσκηση στο Β.Μ. των Μαθηματικών Δ' Δημοτικού. Συνέχισαν με τη συμπλήρωση του Φύλλου Εργασίας 2 (Παράρτημα 6), που αφορούσε τον αριθμό των χαρακτηριστικών του κάθε στερεού και με την επίλυση ασκήσεων του Τ.Ε των Μαθηματικών της Δ' τάξης.



Εικόνα 3.3. Συμπλήρωση Φύλλου Εργασίας 1

Δραστηριότητα 5^η (Ανακεφαλαίωση) (διάρκεια 5 λεπτά)

Στο τέλος του μαθήματος έγινε ανακεφαλαίωση της θεωρίας και ζητήθηκε από τους/τις μαθητές/τριες να διατυπώσουν απορίες που δεν επιλύθηκαν κατά τη διάρκεια του μαθήματος.

3.3.3. Φάση 3: Η ανάλυση των δεδομένων

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν μέσα από τα ερωτηματολόγια και το τεστ της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης, κωδικοποιήθηκαν και αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας το λογισμικό IBM SPSS (Superior Performance Software System) Statistics στην έκδοση 28.

Στην αρχή, προκειμένου να ελεγχθεί η εγκυρότητα και η αξιοπιστία (reliability) πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος αξιοπιστίας Cronbach's Alpha. Ο έλεγχος αξιοπιστίας υλοποιήθηκε για τις ποσοτικές μεταβλητές που προέκυψαν από τις προτάσεις των ερωτηματολογίων με κλίμακα Likert 1-5. Ο έλεγχος της εγκυρότητας έγινε με την σύγκριση των εσωτερικών συσχετίσεων των μεταβλητών. Μέσα από τον έλεγχο εγκυρότητας και αξιοπιστίας διαπιστώθηκε πως τα αποτελέσματα των ερωτηματολογίων ήταν αξιόπιστα. Ιδιαίτερα, στο ερωτηματολόγιο των κινήτρων ενασχόλησης με το μάθημα της Γεωμετρίας, των στάσεων απέναντι στο μάθημα της Γεωμετρίας και της αποδοχής της τεχνολογίας ΕΠ προέκυψε υψηλή αξιοπιστία του εκάστοτε εργαλείου με δείκτη $.965 > .600$, $.784 > .600$ και $.955 > .600$ αντίστοιχα.

Η διαδικασία εξαγωγής των αποτελεσμάτων εξαρτήθηκε από τους στόχους που διατυπώθηκαν και τις υποθέσεις που τέθηκαν προς διερεύνηση στην έρευνα. Γι' αυτόν τον λόγο γίνεται διάκριση σε δύο υποενότητες.

3.3.3.1. Σύγκριση της μαθησιακής επίδοσης, του επιπέδου Χωρικής Οπτικοποίησης, των στάσεων απέναντι στο μάθημα της Γεωμετρίας και των κινήτρων ως προς την ενασχόληση με το μάθημα της Γεωμετρίας

Στόχοι της έρευνας ήταν η πραγματοποίηση συγκρίσεων ανάμεσα στην ομάδα πειραματισμού και ελέγχου με το πέρας της παρέμβασης, ως προς τη μαθησιακή τους επίδοση, το επίπεδο της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης, τις στάσεις τους απέναντι στο μάθημα της Γεωμετρίας και τα κίνητρά τους ως προς την ενασχόληση με το μάθημα της Γεωμετρίας. Υποθέσεις της έρευνας ήταν πως με το πέρας της παρέμβασης η ομάδα πειραματισμού, σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου, θα έχει καλύτερη μαθησιακή επίδοση, θα βελτιώσει σε μεγαλύτερο βαθμό το επίπεδο της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης, θα αποκτήσει θετικότερη στάση απέναντι στο μάθημα της

Γεωμετρίας, καθώς και θα αποκτήσει περισσότερα κίνητρα ως προς την ενασχόλησή της με το μάθημα της Γεωμετρίας.

Η διαδικασία εξαγωγής των αποτελεσμάτων ξεκίνησε με την πραγματοποίηση ελέγχου της αρχικής ομοιογένειας των ομάδων πειραματισμού και ελέγχου με τη σύγκριση του Μ.Ο. και της Τ.Α. των ερωτηματολογίων του προ-ελέγχου. Για να γίνει έλεγχος των προ-μετρήσεων διατυπώθηκαν δύο υποθέσεις. Κατά τη μηδενική υπόθεση (H_0) υποστηρίζεται πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων πριν από την παρέμβαση, ενώ κατά την εναλλακτική υπόθεση (H_1) πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά. Η σύγκριση των προ-μετρήσεων έγινε με τη χρήση του μη συσχετισμένου ελέγχου t test μεταξύ ανεξάρτητων δειγμάτων (Independent Samples t test). Η υπόθεση της ισότητας των διακυμάνσεων ελέγχθηκε μέσα από το “Levene’s Test for Equality of Variances”.

Έπειτα, εξετάστηκαν πιθανές αλλαγές στα αποτελέσματα εντός της εκάστοτε ομάδας με σύγκριση των αποτελεσμάτων του προ-ελέγχου και του μετά-ελέγχου της. Για τον σκοπό αυτό σχηματίστηκαν δύο υποθέσεις. Η μηδενική υπόθεση (H_0) υποστηρίζει πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά των απαντήσεων των μαθητών/τριών των ομάδων πριν και μετά την παρέμβαση. Αντίθετα, η εναλλακτική υπόθεση (H_1) υποστηρίζει πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά. Η σύγκριση του προ-ελέγχου και του μετά-ελέγχου για την κάθε ομάδα έγινε με τη χρήση του μη συσχετισμένου ελέγχου t test εξαρτημένων δειγμάτων (Paired Samples t test). Η υπόθεση της ισότητας των διακυμάνσεων ελέγχθηκε μέσα από το “Levene’s Test for Equality of Variances”.

Τέλος, προκειμένου να εξεταστεί αν κάποια εκ των δύο ομάδων, πειραματική και ελέγχου, φέρει καλύτερα στατιστικά αποτελέσματα ύστερα από την παρέμβαση, στο εκάστοτε ερωτηματολόγιο, έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων του μετά-ελέγχου ανάμεσα στις δύο ομάδες. Σχηματίστηκαν δύο υποθέσεις. Σύμφωνα με τη μηδενική υπόθεση (H_0), δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων στις απαντήσεις τους στον μετά-έλεγχο, ενώ με βάση την εναλλακτική υπόθεση (H_1) υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων στον μετά-έλεγχο. Η σύγκριση των Μ.Ο. του μετά-ελέγχου των δύο ομάδων έγινε με τον μη συσχετισμένο έλεγχο t test ανεξάρτητων δειγμάτων (Independent Samples t test). Η υπόθεση της

ισότητας των διακυμάνσεων ελέγχθηκε μέσα από το “Levene’s Test for Equality of Variances”.

3.3.3.2. Η αποδοχή της τεχνολογίας της Επαυξημένης Πραγματικότητας

Ένας ακόμα στόχος της έρευνας ήταν η διερεύνηση της αποδοχής της τεχνολογίας Επαυξημένης Πραγματικότητας από τους/τις μαθητές/τριες της ομάδας πειραματισμού. Η υπόθεση που διατυπώθηκε ήταν πως οι μαθητές/τριες της ομάδας πειραματισμού θα παρουσιάσουν υψηλά επίπεδα αποδοχής της τεχνολογίας Επαυξημένης Πραγματικότητας με το πέρας της παρέμβασης.

Πραγματοποιήθηκε περιγραφική ανάλυση των δεδομένων, ύστερα από την ολοκλήρωση του αρχικού ελέγχου αξιοπιστίας Cronbach’s Alpha σε όλες τις μεταβλητές (16 προτάσεις του ερωτηματολογίου). Ιδιαίτερα, σε ό,τι αφορά τα ποσοτικά δεδομένα, πραγματοποιήθηκε έλεγχος του μέσου όρου (Μ.Ο.) και της τυπικής απόκλισης (Τ.Α.) των επιμέρους προτάσεων και του συνόλου της εκάστοτε μεταβλητής (επιθυμία χρήσης, στάση, αντιληπτή διασκέδαση, αντιληπτή ευκολία χρήσης, αντιληπτή χρησιμότητα). Η μέτρηση της τιμής της Τ.Α. δείχνει την απόσταση των μετρήσεων από τον Μ.Ο.

Τα ποιοτικά δεδομένα, ερωτήσεις ανοιχτού τύπου στις οποίες αποτυπώθηκαν οι απόψεις των μαθητών/τριών αναφορικά με την εφαρμογή ΕΠ «Arete Geometry App», ομαδοποιήθηκαν με βάση το περιεχόμενό τους και καταγράφηκαν από την ερευνήτρια.

3.4 Σύνοψη

Για την πραγματοποίηση της έρευνας αξιοποιήθηκε η ημι-πειραματική μέθοδος έρευνας, λόγω της απουσίας τυχαίου δείγματος. Η έρευνα έλαβε χώρα στο 7^ο Δημοτικό Σχολείο Ηλιούπολης, στα δύο τμήματα της Δ΄ τάξης, με τους/τις μαθητές/τριες να διακρίνονται σε ομάδες πειραματισμού και ελέγχου. Στην πειραματική παρέμβαση, επιλέχθηκε το μοντέλο της κοντρουκτιβιστικής μάθησης, διότι συνάδει με τη φύση της τεχνολογίας ΕΠ, μέσα από την οποία η νέα γνώση οικοδομείται βιωματικά από το ίδιο το άτομο. Η παρέμβαση στην ομάδα ελέγχου έγινε με παραδοσιακά μέσα και χρήση απτών υλικών, προκειμένου οι μαθητές/τριες να έχουν άμεση και βιωματική επαφή με τα γεωμετρικά στερεά. Η επιλογή των 5 εργαλείων συλλογής δεδομένων έγινε με

κριτήριο αφενός την πρότερη χρήση τους σε παρεμφερείς έρευνες της διεθνούς βιβλιογραφίας και αφετέρου την αντιστοίχιση κάθε εργαλείου σε έναν εκ των στόχων της διπλωματικής εργασίας. Στο τέλος του Κεφαλαίου, γίνεται λόγος για τα βήματα που ακολουθούνται κατά την ανάλυση των δεδομένων, τα οποία παρουσιάζονται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 4.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. Αποτελέσματα της έρευνας

4.1. Εισαγωγή

Το παρόν Κεφάλαιο παρουσιάζει τα αποτελέσματα των ερωτηματολογίων και του τεστ που χορηγήθηκαν στους/στις μαθητές/τριες των ομάδων πειραματισμού και ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Γίνεται σύγκριση της αρχικής ομοιογένειας των ομάδων με στόχο τον εντοπισμό πιθανών διαφορών μεταξύ τους πριν την παρέμβαση, συγκρίνονται τα αποτελέσματα του προ-ελέγχου και του μετά-ελέγχου στην εκάστοτε ομάδα και τα αποτελέσματα του μετά-ελέγχου των ομάδων μεταξύ τους. Επιπλέον, αναφορικά με τον στόχο της διερεύνησης της αποδοχής της τεχνολογίας ΕΠ, παρουσιάζεται ο Μ.Ο. και η Τ.Α. της εκάστοτε μεταβλητής (επιθυμία χρήσης, στάση, αντιληπτή διασκέδαση, αντιληπτή ευκολία χρήσης, αντιληπτή χρησιμότητα) και διατυπώνονται οι απόψεις των μαθητών/τριών για την εφαρμογή ΕΠ «Arete Geometry App», που χρησιμοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρέμβασης.

4.2. Σύγκριση της μαθησιακής επίδοσης μαθητών/τριών των ομάδων πειραματισμού και ελέγχου

Ένας από τους στόχους της έρευνας ήταν η σύγκριση της μαθησιακής επίδοσης των μαθητών/τριών της ομάδας πειραματισμού και της ομάδας ελέγχου με το πέρας της παρέμβασης. Υπόθεση της έρευνας ήταν πως με το πέρας της παρέμβασης η ομάδα πειραματισμού θα έχει καλύτερη μαθησιακή επίδοση από την ομάδα ελέγχου.

Με στόχο τη διαπίστωση πιθανής αρχικής ομοιογένειας των Μ.Ο. των δύο ομάδων πριν την παρέμβαση, έγινε εξαγωγή και σύγκριση του Μ.Ο. του προ-ελέγχου της ομάδας πειραματισμού και ελέγχου. Σχηματίστηκαν δύο υποθέσεις, η μηδενική υπόθεση (H_0) και η εναλλακτική υπόθεση (H_1). Κατά τη μηδενική υπόθεση, δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στους Μ.Ο. μεταξύ των δύο ομάδων στις απαντήσεις τους στον προ-έλεγχο. Αντίθετα, σύμφωνα με την εναλλακτική υπόθεση υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στους Μ.Ο. μεταξύ των δύο ομάδων στις απαντήσεις τους στον προ-έλεγχο. Ο Πίνακας 4.1 δείχνει τον Μ.Ο. και την Τ.Α. του προ-ελέγχου στις ομάδες πειραματισμού και ελέγχου.

Για τη σύγκριση των Μ.Ο. του προ-ελέγχου των δύο ομάδων πραγματοποιήθηκε ο μη συσχετισμένος έλεγχος t test ανεξάρτητων δειγμάτων (Independent Samples t test). Ο έλεγχος της ισότητας των διακυμάνσεων έγινε μέσα από το Levene's Test for Equality of Variances (Πίνακας 4.2.). Εφόσον η διακύμανση ήταν η ίδια τότε η διαδικασία συνεχίστηκε με το t test που χρησιμοποιεί την εν λόγω υπόθεση. Συνεπώς, με $F = .329$, $Sig. = .570 > .05$, το συμπέρασμα είναι ότι οι διακυμάνσεις μπορούν να θεωρηθούν ίσες. Στο t test φαίνεται πως σε επίπεδο σημαντικότητας 5% το $t = -.856$ και $Sig. = .399 > .05$. Επομένως η διαφορά των Μ.Ο. (-.04849) μεταξύ των δυο ομάδων δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Πίνακας 4.1. Ο μέσος όρος και τυπική απόκλιση του προ-ελέγχου μαθησιακής επίδοσης στην ομάδα πειραματισμού και ελέγχου

Group Statistics						
	Ομάδα	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	
Προ-έλεγχος μαθησιακής επίδοσης	Προ-έλεγχος ομάδας πειραματισμού	15	,2271	,17055	,04404	
	Προ-έλεγχος ομάδας ελέγχου	16	,2756	,14445	,03611	

Πίνακας 4.2. Αποτελέσματα από τον μη συσχετισμένο έλεγχο t σε ανεξάρτητα δείγματα για τους προ-ελέγχους μαθησιακής επίδοσης των δύο ομάδων

Independent Samples Test			
		Προ-έλεγχος μαθησιακής επίδοσης	
		Equal variances assumed	Equal variances not assumed
Levene's Test for Equality of Variances	F	,329	
	Sig.	,570	
t-test for Equality of Means	t	-,856	-,851
	df	29	27,538
	Sig. (2-tailed)	,399	,402

Mean Difference		-,04849	-,04849
Std. Error Difference		,05664	,05695
95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-,16433	-,16524
	Upper	,06735	,06826

Στη συνέχεια, έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων του προ-ελέγχου και του μετά-ελέγχου στην κάθε ομάδα. Διατυπώνονται δύο υποθέσεις, η μηδενική (H_0) και η εναλλακτική υπόθεση (H_1). Κατά τη μηδενική υπόθεση, δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στους Μ.Ο. του προ-ελέγχου και του μετά-ελέγχου στην κάθε ομάδα. Η εναλλακτική υπόθεση υποστηρίζει πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στους Μ.Ο. του προ-ελέγχου και του μετά-ελέγχου στην κάθε ομάδα. Ο Πίνακας 4.3 και 4.4 δείχνουν τον Μ.Ο. και την Τ.Α. του προ-ελέγχου και μετά-ελέγχου στην ομάδα πειραματισμού και ομάδα ελέγχου αντίστοιχα. Για τη σύγκριση των Μ.Ο. στην κάθε περίπτωση πραγματοποιήθηκε ο μη συσχετισμένος έλεγχος t test ανεξάρτητων δειγμάτων (Independent Samples t test). Ο έλεγχος της ισότητας των διακυμάνσεων έγινε μέσα από το Levene's Test for Equality of Variances. Ο Πίνακας 4.5 δείχνει τα αποτελέσματα των ελέγχων t test και Levene's Test για την ομάδα πειραματισμού και ο Πίνακας 4.6 τα αποτελέσματα για την ομάδα ελέγχου.

Πίνακας 4.3. Ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση του προ-ελέγχου και του μετά-ελέγχου μαθησιακής επίδοσης στην ομάδα πειραματισμού.

Paired Samples Statistics					
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Μαθησιακή επίδοση ομάδας πειραματισμού	Προ-έλεγχος Ομάδας Πειραματισμού	,2271	15	,17055	,04404
	Μετά-έλεγχος Ομάδας Πειραματισμού	,5501	15	,34765	,08976

Πίνακας 4.4. Ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση του προ-ελέγχου και του μετά-ελέγχου μαθησιακής επίδοσης στην ομάδα ελέγχου.

Paired Samples Statistics					
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error
Μαθησιακή επίδοση ομάδας ελέγχου	Προ-έλεγχος Ομάδας Ελέγχου	,2731	15	,14917	,03851
	Μετά-έλεγχος Ομάδας Ελέγχου	,6668	15	,24417	,06304

Πίνακας 4.5. Στατιστικός έλεγχος του μέσου όρου του προ-ελέγχου και του μετά-ελέγχου της μαθησιακής επίδοσης για την ομάδα πειραματισμού

Paired Samples Test									
		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Μαθησιακή επίδοση ομάδας πειραματισμού	Προ-έλεγχος Ομάδας Πειραματισμού-Μετά-έλεγχος Ομάδας Πειραματισμού	-,32300	,31790	,08208	-,49905	-,14695	3,935	14	,001

Σύμφωνα με τον Πίνακα 4.5, σε επίπεδο σημαντικότητας 5% υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του προ-ελέγχου και του μετά-ελέγχου [$t(14) = -3.935$, $p = .001 < .050$]. Επομένως, μέσω του ελέγχου p-value σε επίπεδο σημαντικότητας 5% απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση ισότητας των Μ.Ο. Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στον προ-έλεγχο και μετά-έλεγχο για την ομάδα πειραματισμού.

Πίνακας 4.6. Στατιστικός έλεγχος του μέσου όρου του προ-ελέγχου και του μετά-ελέγχου μαθησιακής επίδοσης για την ομάδα ελέγχου

Paired Samples Test				
Paired Differences				

		Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval of the Difference		t	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper		
Μαθησιακή επίδοση ομάδας ελέγχου	Προ-έλεγχος Ομάδας Ελέγχου / Μετά-έλεγχος Ομάδας Ελέγχου	3,39367	,095	,08545	-,57694	-,21039	4,6074	,000

Σύμφωνα με τον πίνακα 4.6, σε επίπεδο σημαντικότητας 5% υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του προ-ελέγχου και του μετά-ελέγχου [$t(14) = -4.607, p = .001 < .050$]. Επομένως, μέσω του ελέγχου p-value σε επίπεδο σημαντικότητας 5% απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση ισότητας των Μ.Ο. Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στον προ-έλεγχο και τον μετά-έλεγχο για την ομάδα ελέγχου.

Τέλος, πραγματοποιήθηκε σύγκριση ανάμεσα στα αποτελέσματα μετά-ελέγχου ανάμεσα στις δύο ομάδες. Διατυπώθηκαν δύο υποθέσεις, η μηδενική υπόθεση (H_0) και η εναλλακτική υπόθεση (H_1). Σύμφωνα με τη μηδενική υπόθεση, δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων στις απαντήσεις τους στον μετά-έλεγχο. Αντίθετα, η εναλλακτική υπόθεση υποστηρίζει πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων στις απαντήσεις τους στον μετά-έλεγχο. Ο πίνακας 4.7 παρουσιάζει τον Μ.Ο. και την Τ.Α. των μετά-ελέγχων για την κάθε ομάδα. Η σύγκριση των Μ.Ο. έγινε με τον μη συσχετισμένο έλεγχο t test ανεξάρτητων δειγμάτων (Independent Samples t test). Ο έλεγχος της ισότητας των διακυμάνσεων έγινε μέσα από το Levene's Test for Equality of Variances. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 4.8.

Πίνακας 4.7. Ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση του μετά-ελέγχου μαθησιακής επίδοσης των ομάδων πειραματισμού και ελέγχου

Group Statistics

	Groups	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Σύγκριση μετά-ελέγχου μαθησιακής επίδοσης	Ομάδα Πειραματισμού	15	,3230	,31790	,08208
	Ομάδα Ελέγχου	15	,3937	,33095	,08545

Πίνακας 4.8. Στατιστικός έλεγχος της διαφοράς του μέσου όρου του μετά-ελέγχου μαθησιακής επίδοσης μεταξύ των δύο ομάδων

Independent Samples Test				
		Σύγκριση μαθησιακής επίδοσης μετά-ελέγχου		
		Equal variances assumed	Equal variances not assumed	
Levene's Test for Equality of Variances	F	,067		
	Sig.	,797		
t-test for Equality of Means	t	-,596	-,596	
	df	28	27,955	
	Sig. (2-tailed)	,556	,556	
	Mean Difference	-,07067	-,07067	
	Std. Error Difference	,11849	,11849	
	95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-,31338	-,31340
		Upper	,17205	,17206

Σύμφωνα με τον πίνακα 4.8, μέσα από το Independent Samples t test γίνεται εμφανές πως σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, δεν προκύπτουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στον μετά-έλεγχο ανάμεσα στην ομάδα πειραματισμού και την ομάδα ελέγχου [$t = -.596$, $p = .556 > .050$]. Επομένως, μέσω του ελέγχου p-value σε επίπεδο σημαντικότητας 5% δεν είναι δυνατό να απορριφθεί η μηδενική υπόθεση (H_0) ισότητας των Μ.Ο.

4.3. Η σύγκριση του επιπέδου της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης των μαθητών/τριών των ομάδων πειραματισμού και ελέγχου

Ένας από τους στόχους της έρευνας ήταν η σύγκριση του επιπέδου της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης των μαθητών/τριών μετά τη διδασκαλία με ΕΠ

και μετά την παραδοσιακή διδασκαλία. Υπόθεση της έρευνας ήταν πως η ομάδα πειραματισμού θα βελτιώσει σε μεγαλύτερο βαθμό το επίπεδο της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης, σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου, με το πέρας της παρέμβασης.

Κατά τη διαδικασία εξαγωγής των αποτελεσμάτων, αρχικά πραγματοποιήθηκε σύγκριση του Μ.Ο. του προ-ελέγχου των δύο ομάδων, προκειμένου να διαπιστωθεί η ομοιογένεια ή ανομοιογένειά τους. Σχηματίστηκαν δύο υποθέσεις. Η μηδενική υπόθεση (H_0) υποστηρίζει πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στους Μ.Ο. μεταξύ των δύο ομάδων στις απαντήσεις τους στον προ-έλεγχο. Η εναλλακτική υπόθεση (H_1) υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στους Μ.Ο. μεταξύ των δύο ομάδων στις απαντήσεις τους στον προ-έλεγχο. Ο Πίνακας 4.9. δείχνει τον Μ.Ο. και την Τ.Α. του προ-ελέγχου στις ομάδες πειραματισμού και ελέγχου.

Σύμφωνα με τον πίνακα 4.10, για τον έλεγχο της υπόθεσης ισότητας των διακυμάνσεων αξιοποιήθηκε το Levene's Test for Equality of Variances. Καθώς διαπιστώθηκε η ισότητά τους, η διαδικασία συνεχίστηκε με το t-test που χρησιμοποιεί την εν λόγω υπόθεση. Παρατηρώντας πως $F = .012$ και $\text{Sig.} = .913 > .05$, είναι έκδηλο πως οι διακυμάνσεις μπορούν να θεωρηθούν ίσες. Στο t test, φαίνεται σε επίπεδο σημαντικότητας 5% το $t = -.880$, $\text{Sig.} = .386 > .05$. Συμπερασματικά, η διαφορά των Μ.Ο. της τάξης του $-.06687$, μεταξύ των δυο ομάδων δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Πίνακας 4.9. Ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση του προ-ελέγχου της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης στην ομάδα πειραματισμού και ελέγχου

Group Statistics					
	Ομάδα	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error
Προ-έλεγχος της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης	Προ-έλεγχος ομάδα πειραματισμού	16	,3944	,22613	,05653
	Προ-έλεγχος ομάδα ελέγχου	16	,4613	,20304	,05076

Πίνακας 4.10. Αποτελέσματα από τον μη συσχετισμένο έλεγχο t σε ανεξάρτητα δείγματα για τον προ-έλεγχο της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης των δύο ομάδων

Independent Samples Test				
		Προ-έλεγχος της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης		
		Equal variances assumed	Equal variances not assumed	
Levene's Test for Equality of Variances	F	,012		
	Sig.	,913		
t-test for Equality of Means	t	-,880	-,880	
	df	30	29,659	
	Sig. (2-tailed)	,386	,386	
	Mean Difference	-,06687	-,06687	
	Std. Error Difference	,07598	,07598	
	95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-,22204	-,22211
		Upper	,08829	,08836

Στη συνέχεια, έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων του προ-ελέγχου και του μετά-ελέγχου στην κάθε ομάδα. Διατυπώθηκαν δύο υποθέσεις, η μηδενική (H_0) και η εναλλακτική υπόθεση (H_1). Κατά τη μηδενική υπόθεση, δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στους Μ.Ο. του προ-ελέγχου και του μετά-ελέγχου στην κάθε ομάδα, ενώ κατά την εναλλακτική υπόθεση υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στους Μ.Ο. Ο Πίνακας 4.11 και 4.12 δείχνουν τον Μ.Ο. και την Τ.Α. του προ-ελέγχου και μετά-ελέγχου στην ομάδα πειραματισμού και ομάδα ελέγχου αντίστοιχα. Για τη σύγκριση των Μ.Ο. στα αποτελέσματα του προ-ελέγχου και μετά-ελέγχου στην κάθε ομάδα, έγινε μη συσχετισμένος έλεγχος t test ανεξάρτητων δειγμάτων (Independent Samples t test), καθώς και έλεγχος της ισότητας των διακυμάνσεων έγινε μέσα από το Levene's Test for Equality of Variances, όπως φαίνεται στους πίνακες 4.13 και 4.14.

Πίνακας 4.11. Ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση του προ-ελέγχου και του μετά-ελέγχου της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης στην ομάδα πειραματισμού.

Paired Samples Statistics				
	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean

Δεξιότητα Χωρικής Οπτικοποίησης ομάδας πειραματισμού	Προ- έλεγχος ομάδας πειραματισμού	,3944	16	,22613	,05653
	Μετά- έλεγχος ομάδας πειραματισμού	,4425	16	,23150	,05788

Πίνακας 4.12. Ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση του προ-ελέγχου και του μετά-ελέγχου της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης στην ομάδα ελέγχου.

Paired Samples Statistics					
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Δεξιότητα Χωρικής Οπτικοποίησης ομάδας ελέγχου	Προ- έλεγχος ομάδας ελέγχου	,4753	15	,20191	,05213
	Μετά- έλεγχος ομάδας ελέγχου	,5840	15	,22484	,05805

Πίνακας 4.13. Στατιστικός έλεγχος του μέσου όρου του προ-ελέγχου και του μετά-ελέγχου της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης για την ομάδα πειραματισμού

Paired Samples Test										
		Paired Differences					t	df	Sig. (2- tailed)	S (-)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference					
					Lower Bound	Upper Bound				
Χωρική Οπτικοποίηση ομάδας πειραματισμού	Προ- έλεγχος ομάδας πειραματισμού/ Μετά- έλεγχος ομάδας πειραματισμού	-,04812	,715	,179	-,22245	,12620	-,5885	,565	,	

Κατά τον πίνακα 4.13, μέσω του ελέγχου Paired Samples t-test παρατηρείται πως σε επίπεδο σημαντικότητας 5% δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του προ-ελέγχου και του μετά-ελέγχου στην ομάδα πειραματισμού [$t(14) = -.588, p = .565 > .050$]. Επομένως, μέσω του ελέγχου p-value σε επίπεδο σημαντικότητας 5 % δεν είναι δυνατό να απορριφθεί η μηδενική υπόθεση (H_0) ισότητας των Μ.Ο.

Πίνακας 4.14. Στατιστικός έλεγχος του μέσου όρου του προ-ελέγχου και του μετά-ελέγχου της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης για την ομάδα ελέγχου

Paired Samples Test										
		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval of the Difference					
					Lower	Upper				
Δεξιότητα Χωρικής Οπτικοποίησης ελέγχου	Προ-ελέγχου ομάδας ελέγχου/ Μετά-ελέγχου ομάδας ελέγχου	-.10867	.489	.07872	-.27751	.01706	-1.3804	.189		

Στον πίνακα 4.14, μέσω του ελέγχου Paired Samples t-test παρατηρείται πως σε επίπεδο σημαντικότητας 5% δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του προ-ελέγχου και του μετά-ελέγχου στην ομάδα ελέγχου [$t(14) = -1,380, p = .189 > .050$]. Επομένως, μέσω του ελέγχου p-value σε επίπεδο σημαντικότητας 5 % δεν είναι δυνατό να απορριφθεί η μηδενική υπόθεση (H_0) ισότητας των Μ.Ο.

Έπειτα, έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων του μετά-ελέγχου των δύο ομάδων. Ορίστηκαν δύο υποθέσεις. Σύμφωνα με τη μηδενική υπόθεση (H_0) δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων στις απαντήσεις τους στον μετά-έλεγχο, ενώ κατά την εναλλακτική υπόθεση (H_1) υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων στις απαντήσεις τους στον μετα-έλεγχο. Ο πίνακας

4.15 δείχνει τον Μ.Ο. και την Τ.Α. των μετά-ελέγχων για την κάθε ομάδα. Όπως φαίνεται στον πίνακα 4.16 πραγματοποιήθηκε έλεγχος ισότητας των διακυμάνσεων με το Levene's Test for Equality of Variances. Καθώς η διακύμανση ήταν ίδια ακολούθησε ο μη συσχετισμένος έλεγχος t test ανεξάρτητων δειγμάτων (Independent Samples t test) που χρησιμοποιεί την εν λόγω υπόθεση.

Πίνακας 4.15. Ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση του μετά-ελέγχου της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης των ομάδων πειραματισμού και ελέγχου

Group Statistics					
	Groups	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Σύγκριση μετά-ελέγχου της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης	Ομάδα πειραματισμού	16	,1727	,13253	,03313
	Ομάδα ελέγχου	16	,2591	,17492	,04373

Πίνακας 4.16. Στατιστικός έλεγχος της διαφοράς του μέσου όρου του μετά-ελέγχου της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης μεταξύ των δύο ομάδων

Independent Samples Test					
		Σύγκριση δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης μετά-ελέγχου			
		Equal variances assumed	Equal variances not assumed		
Levene's Test for Equality of Variances	F	,537			
	Sig.	,469			
t-test for Equality of Means	t	-1,574		-1,574	
	df	30		27,953	
	Sig. (2-tailed)	,126		,127	
	Mean Difference	-,08638		-,08638	
	Std. Error Difference	,05486		,05486	
	95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-,19843		-,19877
		Upper	,02566		,02601

Από τον έλεγχο Independent-samples t-test, όπως φαίνεται στον πίνακα 4.16, δεν προκύπτει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στα αποτελέσματα του μετά-ελέγχου των δύο ομάδων [$t = -1,574$, $p = .126$] σε επίπεδο σημαντικότητας 5%. Επομένως, μέσω του ελέγχου p-value σε επίπεδο σημαντικότητας 5 % δεν είναι δυνατό να απορριφθεί η μηδενική υπόθεση (H_0) ισότητας των Μ.Ο.

4.4. Σύγκριση των στάσεων των μαθητών/τριών των ομάδων πειραματισμού και ελέγχου απέναντι στο μάθημα της Γεωμετρίας

Ένας επιπλέον στόχος της έρευνας ήταν η σύγκριση των στάσεων των μαθητών/τριών των ομάδων πειραματισμού και ελέγχου απέναντι το μάθημα της Γεωμετρίας με το πέρας της παρέμβασης. Υπόθεση της έρευνας ήταν πως με το πέρας της παρέμβασης η ομάδα πειραματισμού θα αποκτήσει θετικότερη στάση απέναντι στο μάθημα της Γεωμετρίας, σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου.

Αρχικά, κατά την εξαγωγή των αποτελεσμάτων συγκρίθηκαν οι Μ.Ο. και οι Τ.Α. του προ-ελέγχου των ομάδων πειραματισμού και ελέγχου, προκειμένου να διαπιστωθεί πιθανή ομοιογένεια των δύο ομάδων πριν την παρέμβαση. Στον πίνακα 4.17 παρουσιάζεται ο Μ.Ο. και η Τ.Α. του προ-ελέγχου της κάθε ομάδας. Διατυπώθηκαν δύο υποθέσεις, όπου σύμφωνα με την μηδενική υπόθεση (H_0) δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στους Μ.Ο. των δύο ομάδων κατά τον προ-έλεγχο. Αντίθετα, σύμφωνα με την εναλλακτική υπόθεση (H_1), υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στους Μ.Ο. μεταξύ των δύο ομάδων στις απαντήσεις τους στον προ-έλεγχο.

Η σύγκριση των Μ.Ο. έγινε με τη χρήση του μη συσχετισμένου ελέγχου t test ανεξάρτητων δειγμάτων (Independent Samples t test). Προηγήθηκε ο έλεγχος της ισότητας των διακυμάνσεων με το Levene's Test for Equality of Variances ελέγχου, όπως φαίνεται στον πίνακα 4.18. Με $F = 2.151$ και $Sig. = .153 > .05$, το συμπέρασμα είναι πως οι διακυμάνσεις είναι ίσες. Στο t test φαίνεται ότι σε επίπεδο σημαντικότητας 5% υπάρχει $t = 1.236$, $Sig. = .216 > .05$. Επομένως, η διαφορά των Μ.Ο., της τάξης του .08125, μεταξύ των δυο ομάδων δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Πίνακας 4.17. Ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση του προ-ελέγχου των στάσεων των ομάδων πειραματισμού και ελέγχου απέναντι στο μάθημα της Γεωμετρίας

Group Statistics

	Group	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error
Σύγκριση προ-ελέγχου των στάσεων απέναντι στο μάθημα της Γεωμετρίας	Προ-έλεγχος ομάδας	16	,6625	,13844	,03461
	Προ-έλεγχος ομάδας ελέγχου	16	,5812	,21689	,05422

Πίνακας 4.18. Αποτελέσματα από τον μη συσχετισμένο έλεγχο *t* σε ανεξάρτητα δείγματα για τον προ-έλεγχο των στάσεων των δύο ομάδων απέναντι στο μάθημα της Γεωμετρίας

Independent Samples Test				
		Σύγκριση προ-ελέγχου των στάσεων απέναντι στο μάθημα της Γεωμετρίας		
		Equal variances assumed	Equal variances not assumed	
Levene's Test for Equality of Variances	F	2,151		
	Sig.	,153		
t-test for Equality of Means	t	1,263	1,263	
	df	30	25,483	
	Sig. (2-tailed)	,216	,218	
	Mean Difference	,08125	,08125	
	Std. Error Difference	,06433	,06433	
	95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-,05012	-,05111
		Upper	,21262	,21361

Ακολούθως, έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων του προ-ελέγχου και του μετά-ελέγχου στην εκάστοτε ομάδα. Τέθηκαν δύο υποθέσεις, η μηδενική (H_0) και η εναλλακτική υπόθεση (H_1). Σύμφωνα με τη μηδενική υπόθεση, δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά των Μ.Ο., ενώ κατά την εναλλακτική υπόθεση υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά των Μ.Ο. του προ-ελέγχου και μετά-ελέγχου στην κάθε ομάδα. Ο

Πίνακας 4.19 και 4.20 δείχνουν τον Μ.Ο. και την Τ.Α. του προ-ελέγχου και μετά-ελέγχου στην ομάδα πειραματισμού και ομάδα ελέγχου αντίστοιχα. Η σύγκριση των Μ.Ο του προ-ελέγχου και μετά-ελέγχου στην εκάστοτε ομάδα πραγματοποιήθηκε με τον μη συσχετισμένο έλεγχο t test ανεξάρτητων δειγμάτων (Independent Samples t test). Προηγήθηκε ο έλεγχος της ισότητας των διακυμάνσεων με το Levene's Test for Equality of Variances. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 4.21 για την ομάδα πειραματισμού και 4.22 για την ομάδα ελέγχου.

Πίνακας 4.19. Ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση του προ-ελέγχου και του μετά-ελέγχου των στάσεων απέναντι στο μάθημα της Γεωμετρίας στην ομάδα πειραματισμού.

Paired Samples Statistics					
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Στάσεις της ομάδας πειραματισμού απέναντι στο μάθημα της Γεωμετρίας	Προ-έλεγχος ομάδας πειραματισμού	,6625	16	,13844	,03461
	Μετά-έλεγχος ομάδας πειραματισμού	,6859	16	,12516	,03129

Πίνακας 4.20. Ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση του προ-ελέγχου και του μετά-ελέγχου των στάσεων απέναντι στο μάθημα της Γεωμετρίας στην ομάδα ελέγχου.

Paired Samples Statistics					
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Στάσεις της ομάδας ελέγχου απέναντι στο μάθημα της Γεωμετρίας	Προ-έλεγχος ομάδας ελέγχου	,5933	15	,21886	,05651
	Μετά-έλεγχος ομάδας ελέγχου	,6767	15	,25782	,06657

Πίνακας 4.21. Στατιστικός έλεγχος του μέσου όρου του προ-ελέγχου και του μετά-ελέγχου των στάσεων απέναντι στο μάθημα της Γεωμετρίας για την ομάδα πειραματισμού

Paired Samples Test										
		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)	S
		Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval of the Difference					
					Lower	Upper				
Στάσεις της ομάδας πειραματισμού απέναντι στο μάθημα της Γεωμετρίας	Προ-έλεγχος ομάδας πειραματισμού/ Μετά-έλεγχος ομάδας πειραματισμού	-,02344	,809	,702	-,03841	,00847	3,337	5	,004	

Μέσω του ελέγχου Paired Samples t test για τους Μ.Ο. του προ-ελέγχου και του μετα-ελέγχου της ομάδας πειραματισμού προκύπτει ως υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές [$t(15) = -3.337$, $p = .004 < .050$], όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 4.21. Επομένως, μέσω του ελέγχου p-value σε επίπεδο σημαντικότητας 5 % απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση (H_0) ισότητας των Μ.Ο και αναδεικνύεται ως ορθή η εναλλακτική υπόθεση (H_1).

Πίνακας 4.22. Στατιστικός έλεγχος του μέσου όρου του προ-ελέγχου και του μετά-ελέγχου απέναντι στο μάθημα της Γεωμετρίας για την ομάδα ελέγχου

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)	S
		Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval of the Difference					
					Lower	Upper				

Στά	Π	-	,40	,10	-	,14		1	,
σεις	της ρο-	,08333	484	453	,30753	086	,797	4	439
ομάδας	έλεγχος								
ελέγχου	ομάδας								
απέναντι	ελέγχου/								
στο	Μετά-								
μάθημα	έλεγχος								
της	ομάδας								
Γεωμετρία	ελέγχου								
ς									

Μέσω του ελέγχου Paired Samples t-test για τους Μ.Ο. του προ-ελέγχου και του μετα-ελέγχου της ομάδας ελέγχου προκύπτει ως δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές [$t(15) = -,797, p = .439 > .050$], όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 4.22. Επομένως, μέσω του ελέγχου p-value σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, αναδεικνύεται ως ορθή η μηδενική υπόθεση (H_0) ισότητας των Μ.Ο και η εναλλακτική υπόθεση απορρίπτεται (H_1).

Ως τελευταίο βήμα, έγινε σύγκριση του Μ.Ο. του μετά-ελέγχου των δύο ομάδων. Ορίστηκαν δύο υποθέσεις. Σύμφωνα με τη μηδενική υπόθεση (H_0) δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων στις απαντήσεις τους στον μετά-έλεγχο, ενώ κατά την εναλλακτική υπόθεση (H_1) υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων στις απαντήσεις τους στον μετά-έλεγχο. Ο πίνακας 4.23 δείχνει τον Μ.Ο. και την Τ.Α. του μετά-ελέγχου για την κάθε ομάδα. Η σύγκριση των Μ.Ο. έγινε με τον μη συσχετισμένο έλεγχο t test ανεξάρτητων δειγμάτων (Independent Samples t test) και με τον έλεγχο της ισότητας των διακυμάνσεων έγινε μέσα από το Levene's Test for Equality of Variances, όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 4.24.

Πίνακας 4.23. Ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση του μετα-ελέγχου των στάσεων των ομάδων πειραματισμού και ελέγχου απέναντι στο μάθημα της Γεωμετρίας

Group Statistics					
	Ομάδα	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Σύγκριση μετά-ελέγχου των στάσεων	Ομάδα πειραματισμού	16	,0234	,02809	,00702

απέναντι στο μάθημα της Γεωμετρίας	Ομάδα ελέγχου	15	,0833	,40484	,10453
------------------------------------	---------------	----	-------	--------	--------

Πίνακας 4.24. Στατιστικός έλεγχος της διαφοράς του μέσου όρου του μετά-ελέγχου των στάσεων απέναντι στο μάθημα της Γεωμετρίας μεταξύ των δύο ομάδων

Independent Samples Test				
		Σύγκριση μετά-ελέγχου των στάσεων απέναντι στο μάθημα της Γεωμετρίας		
		Equal variances assumed	Equal variances not assumed	
Levene's Test for Equality of Variances	F	26,492		
	Sig.	,000		
t-test for Equality of Means	t	-,591	-,572	
	df	29	14,126	
	Sig. (2-tailed)	,559	,577	
	Mean Difference	-,05990	-,05990	
	Std. Error Difference	,10136	,10477	
	95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-,26719	-,28441
		Upper	,14740	,16462

Από το Independent Samples t-test αποδεικνύεται πως δεν προκύπτουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στην ομάδα πειραματισμού και την ομάδα ελέγχου σε επίπεδο σημαντικότητας 5% [$t = -.572$, $p = .577$], όπως φαίνεται στον πίνακα 4.24. Επομένως, μέσω του ελέγχου p-value σε επίπεδο σημαντικότητας 5 % δεν είναι δυνατό να απορριφθεί η μηδενική υπόθεση (H_0) ισότητας των Μ.Ο.

4.5. Σύγκριση των κινήτρων των μαθητών/τριών ως προς την ενασχόληση με το μάθημα της Γεωμετρίας

Ένας ακόμη στόχος της έρευνας ήταν να πραγματοποιηθεί σύγκριση των κινήτρων των μαθητών/τριών της ομάδας πειραματισμού και ελέγχου ως προς την ενασχόλησή τους με το μάθημα της Γεωμετρίας με το πέρας της παρέμβασης. Υπόθεση της έρευνας ήταν πως η ομάδα πειραματισμού θα αποκτήσει περισσότερα κίνητρα ως

προς την ενασχόλησή της με το μάθημα της Γεωμετρίας, σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου, με το πέρας της παρέμβασης.

Αρχικά, με στόχο τη διαπίστωση πιθανής αρχικής ομοιογένειας των Μ.Ο. των δύο ομάδων πριν την παρέμβαση, έγινε εξαγωγή και στη συνέχεια σύγκριση του Μ.Ο. και της Τ.Α του προ-ελέγχου τους. Ο πίνακας 4.25 παρουσιάζει τον Μ.Ο. και την Τ.Α. κατά τον προ-έλεγχο στην εκάστοτε ομάδα. Προκειμένου να πραγματοποιηθεί σύγκριση των Μ.Ο. τέθηκαν δύο υποθέσεις. Η πρώτη ήταν η μηδενική υπόθεση (H_0), κατά την οποία δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στους Μ.Ο. των δύο ομάδων κατά τον προ-έλεγχο. Κατά τη δεύτερη, την εναλλακτική υπόθεση (H_1), υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στους Μ.Ο. μεταξύ των δύο ομάδων στον προ-έλεγχο.

Η σύγκριση των Μ.Ο. έγινε με τον έλεγχο ανεξάρτητων δειγμάτων (Independent Samples) t test. Προκειμένου να ελεγχθεί η υπόθεση ισότητας των διακυμάνσεων αξιοποιήθηκε το Levene's Test for Equality of Variances. Εφόσον η διακύμανση ήταν η ίδια τότε ακολούθησε ο έλεγχος t test, που χρησιμοποιεί την εν λόγω υπόθεση. Τα αποτελέσματα του Levene's Test και του t test δίνονται στον πίνακα 4.26. Με $F = 8.507$ και $Sig. = .007 < .05$, το πόρισμα είναι πως οι διακυμάνσεις δεν μπορούν να θεωρηθούν ίσες. Στο t test, γίνεται ορατό ότι σε επίπεδο σημαντικότητας 5% υπάρχει $t = 2.307$ και $Sig. = .031 < .05$. Επομένως, η διαφορά των μέσων, της τάξης του .15581, μεταξύ των δυο ομάδων παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές. Συγκεκριμένα, η ομάδα πειραματισμού κατά τον προ-έλεγχο έχει υψηλότερο Μ.Ο.

Πίνακας 4.25. Ο μέσος όρος και τυπική απόκλιση του προ-ελέγχου των κινήτρων ενασχόλησης με το μάθημα της Γεωμετρίας στην ομάδα πειραματισμού και ελέγχου

Group Statistics					
	Groups	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Σύγκριση προ-ελέγχου των κινήτρων ενασχόλησης με το μάθημα της Γεωμετρίας	Προ-έλεγχος ομάδας πειραματισμού	16	,7428	,12436	,03109
	Προ-έλεγχος ομάδας ελέγχου	16	,5869	,23989	,05997

Πίνακας 4.26. Αποτελέσματα από τον μη συσχετισμένο έλεγχο t σε ανεξάρτητα δείγματα για τον προ-έλεγχο των κινήτρων ενασχόλησης με το μάθημα της Γεωμετρίας των δύο ομάδων

Independent Samples Test				
		Σύγκριση προ-ελέγχου των κινήτρων ενασχόλησης με το μάθημα της Γεωμετρίας		
		Equal variances assumed	Equal variances not assumed	
Levene's Test for Equality of Variances	F	8,507		
	Sig.	,007		
t-test for Equality of Means	t	2,307	2,307	
	df	30	22,520	
	Sig. (2-tailed)	,028	,031	
	Mean Difference	,15581	,15581	
	Std. Error Difference	,06755	,06755	
	95% Confidence Interval of the Difference	Lower	,01785	,01590
		Upper	,29377	,29572

Στη συνέχεια έγινε σύγκριση του Μ.Ο. του προ-ελέγχου και του μετά-ελέγχου στην κάθε ομάδα. Διατυπώθηκαν δύο υποθέσεις. Σύμφωνα με τη μηδενική υπόθεση (H_0), δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά των Μ.Ο. ενώ κατά την εναλλακτική υπόθεση (H_1) υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά των Μ.Ο. του προ-ελέγχου και μετά-ελέγχου στην κάθε ομάδα. Οι πίνακες 4.27 και 4.28 δείχνουν τον Μ.Ο. και την Τ.Α. του προ-ελέγχου και μετά-ελέγχου στην ομάδα πειραματισμού και ομάδα ελέγχου αντίστοιχα. Ακολούθησε έλεγχος της ισότητας των διακυμάνσεων Levene's Test for Equality of Variances και μη συσχετισμένος έλεγχος t test ανεξάρτητων δειγμάτων (Independent Samples t test). Τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 4.29 για την ομάδα πειραματισμού και 4.30 για την ομάδα ελέγχου.

Πίνακας 4.27. Ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση του προ-ελέγχου και του μετά-ελέγχου των κινήτρων της ομάδα πειραματισμού ως προς την ενασχόληση με το μάθημα της Γεωμετρίας

Paired Samples Statistics					
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Κίνητρα της ομάδας πειραματισμού ως προς την ενασχόληση με το μάθημα της Γεωμετρίας	Προ-έλεγχος ομάδας πειραματισμού	,7428	16	,12436	,03109
	Μετά-έλεγχος ομάδας πειραματισμού	,7521	16	,10906	,02726

Πίνακας 4.28..Ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση του προ-ελέγχου και του μετά-ελέγχου των κινήτρων της ομάδας ελέγχου ως προς την ενασχόληση με το μάθημα της Γεωμετρίας

Paired Samples Statistics					
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Κίνητρα της ομάδας ελέγχου ως προς την ενασχόληση με το μάθημα της Γεωμετρίας	Προ-έλεγχος ομάδας ελέγχου	,6122	15	,22521	,05815
	Μετά-έλεγχος ομάδας ελέγχου	,6090	15	,27461	,07091

Πίνακας 4.29. Στατιστικός έλεγχος του μέσου όρου του προ-ελέγχου και του μετά-ελέγχου των κινήτρων της ομάδας πειραματισμού ως προς την ενασχόληση με το μάθημα της Γεωμετρίας

Paired Samples Test							
	Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference			
				Lower			

Κίνητρα της ομάδας πειραματισμού ως προς την ενασχόληση με το μάθημα της Γεωμετρίας	Προ-έλεγχος ομάδας πειραματισμού/ Μετά-έλεγχος ομάδας πειραματισμού	- ,00931	,02198	,00550	- ,02103	,00240	- 1,695	15	,111
---	---	----------	--------	--------	----------	--------	---------	----	------

Μέσω του ελέγχου Paired Samples t-test δεν προκύπτει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του προ-ελέγχου και του μετά-ελέγχου της ομάδας πειραματισμού σε επίπεδο σημαντικότητας 5% [$t(14) = -1,695, p = .111 > .050$], όπως φαίνεται στον πίνακα 4.29. Επομένως, μέσω του ελέγχου p-value σε επίπεδο σημαντικότητας 5% δεν είναι δυνατό να απορριφθεί η μηδενική υπόθεση (H_0) ισότητας των Μ.Ο.

Πίνακας 4.30. Στατιστικός έλεγχος του μέσου όρου του προ-ελέγχου και του μετά-ελέγχου των κινήτρων της ομάδας ελέγχου ως προς την ενασχόληση με το μάθημα της Γεωμετρίας

Paired Samples Test											
		Paired Differences						t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		Lower				Upper
					Lower	Upper					
Κίνητρα της ομάδας ελέγχου ως προς την ενασχόληση με το μάθημα της Γεωμετρίας	Προ-έλεγχος ομάδας πειραματισμού / Μετά-έλεγχος ομάδας πειραματισμού	,00	,37	,09	-,20682	,21	,033	14	,974		

Μέσω του ελέγχου Paired Samples t-test δεν προκύπτει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των Μ.Ο. του προ-ελέγχου και του μετά-ελέγχου της ομάδας ελέγχου σε επίπεδο σημαντικότητας 5% [$t(14) = ,21322$, $p = ,974 > .050$], όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 4.30. Επομένως, μέσω του ελέγχου p-value σε επίπεδο σημαντικότητας 5% δεν είναι δυνατό να απορριφθεί η μηδενική υπόθεση (H_0) ισότητας των Μ.Ο.

Στο τέλος, έγινε σύγκριση του Μ.Ο. του μετά-ελέγχου των δύο ομάδων. Τέθηκαν δύο υποθέσεις. Σύμφωνα με τη μηδενική υπόθεση (H_0) δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων στις απαντήσεις τους στον μετά-έλεγχο, ενώ κατά την εναλλακτική υπόθεση (H_1) υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων στις απαντήσεις τους στον μετά-έλεγχο. Ο Μ.Ο. και η Τ.Α. των μετά-ελέγχων για την κάθε ομάδα, δίνονται στον πίνακα 4.31. Με σκοπό τη σύγκριση των Μ.Ο. ακολούθησε έλεγχος της ισότητας των διακυμάνσεων μέσα από το Levene's Test for Equality of Variances και ο μη συσχετισμένος έλεγχος t test ανεξάρτητων δειγμάτων (Independent Samples t test), όπως φαίνεται στον πίνακα 4.32.

Πίνακας 4.31. Ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση του μετά-ελέγχου των κινήτρων των ομάδων πειραματισμού και ελέγχου ως προς την ενασχόληση με το μάθημα της Γεωμετρίας

Group Statistics					
	Ομάδες	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Σύγκριση μετα-ελέγχου των κινήτρων των ομάδων ως προς την ενασχόληση με το μάθημα της Γεωμετρίας	Ομάδα πειραματισμού	16	,0093	,02201	,00550
	Ομάδα ελέγχου	15	-,0035	,37910	,09788

Πίνακας 4.32. Στατιστικός έλεγχος της διαφοράς του μέσου όρου του μετά-ελέγχου των κινήτρων μεταξύ των δύο ομάδων ως προς την ενασχόληση με το μάθημα της Γεωμετρίας

Independent Samples Test

		Σύγκριση μετά-ελέγχου των κινήτρων των ομάδων ως προς την ενασχόληση με το μάθημα της Γεωμετρίας		
		Equal variances assumed	Equal variances not assumed	
Levene's Test for Equality of Variances	F	26,102		
	Sig.	,000		
t-test for Equality of Means	t	,135	,130	
	df	29	14,088	
	Sig. (2-tailed)	,894	,898	
	Mean Difference	,01278	,01278	
	Std. Error Difference	,09484	,09804	
	95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-,18118	-,19737
		Upper	,20674	,22292

Από τον έλεγχο Independent-samples t-test φαίνεται ότι δεν προκύπτει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 5% [$t = .130$, $p = .898$]. Επομένως, μέσω του ελέγχου p-value σε επίπεδο σημαντικότητας 5 % δεν είναι δυνατό να απορριφθεί η μηδενική υπόθεση (H_0) ισότητας των Μ.Ο.

4.6. Διερεύνηση της αποδοχής της τεχνολογίας ΕΠ από τους/τις μαθητές/τριες της ομάδας πειραματισμού

Στόχο της έρευνας αποτέλεσε και η διερεύνηση της αποδοχής της τεχνολογίας της Επαυξημένης Πραγματικότητας από τους/τις μαθητές/τριες ως προς την επιθυμία και στάση χρήσης εφαρμογών ΕΠ στα μαθήματά τους, την αντιληπτή διασκέδαση, καθώς και την άποψή τους αναφορικά με την αντιληπτή ευχρηστία και τη χρησιμότητα της εφαρμογής ΕΠ «Arete Geometry App». Υπόθεση της έρευνας ήταν πως οι μαθητές/τριες της ομάδας πειραματισμού θα παρουσιάσουν υψηλά επίπεδα αποδοχής της τεχνολογίας Επαυξημένης Πραγματικότητας με το πέρας της παρέμβασης.

Πραγματοποιήθηκε έλεγχος αξιοπιστίας των πέντε μεταβλητών που προαναφέρθηκαν με χρήση του δείκτη Cronbach Alpha. Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει τα αποτελέσματα από τον έλεγχο αξιοπιστίας.

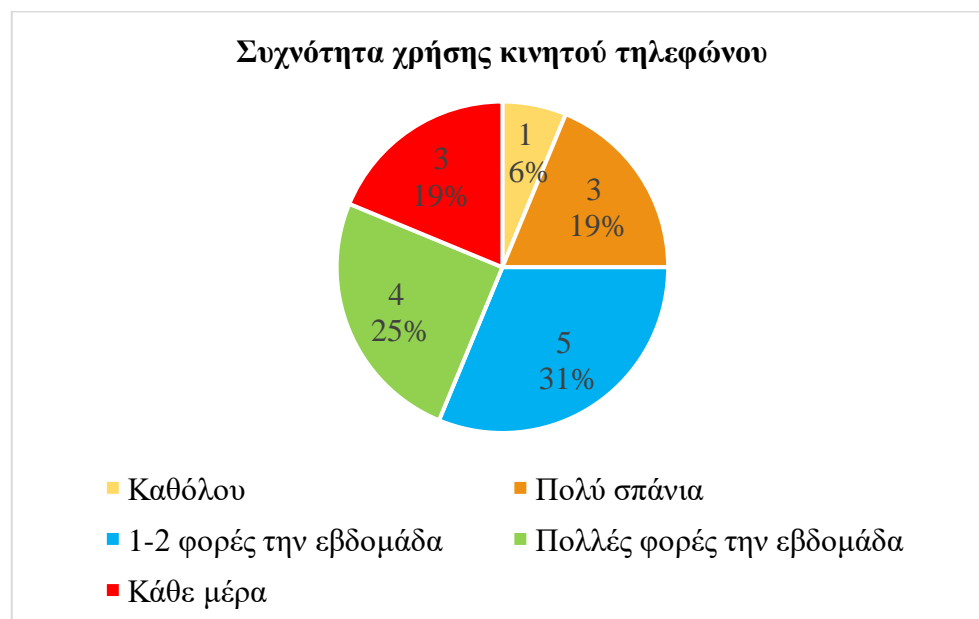
Πίνακας 5.1. Αποτελέσματα του ελέγχου αξιοπιστίας Cronbach's Alpha

Μεταβλητές	Αριθμός προτάσεων	Δείκτης Cronbach's Alpha
Επιθυμία χρήσης	2	0.744
Στάση	3	0.738
Αντιληπτή διασκέδαση	4	0.887
Αντιληπτή ευκολία	3	0.861
Αντιληπτή χρησιμότητα	4	0.910

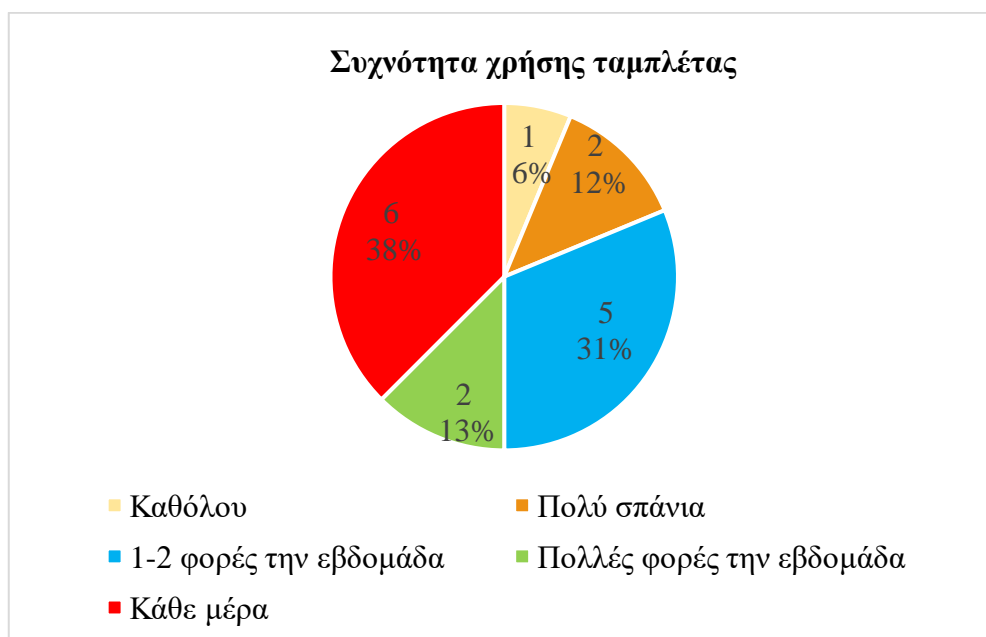
Καθώς στα ευρήματα οι τιμές του δείκτη α του Cronbach είναι μεγαλύτερες από 0,750, κρίνεται πως η κάθε μεταβλητή του ερωτηματολογίου διαθέτει εσωτερική συνέπεια και είναι αξιόπιστη.

4.6.1. Δημογραφικά στοιχεία ερωτηματολογίου

Τα δεδομένα της διερεύνησης της αποδοχής της τεχνολογίας ΕΠ συλλέχθηκαν από 16 μαθητές/τριες, 9 κορίτσια και 7 αγόρια, που φοιτούσαν στη Δ' τάξη. Οι σχέσεις των μαθητών/τριών αυτών με τις κινητές συσκευές, κινητό τηλέφωνο και tablet απεικονίζεται στα γραφήματα 1 και 2 αντίστοιχα.



Γράφημα 1. Συχνότητα χρήσης κινητού τηλεφώνου



Γράφημα 2. Συχνότητα χρήσης ταμπλέτας

Η συχνότητα χρήσης του κινητού τηλεφώνου ποικίλλει, όπως παρουσιάζεται στο γράφημα 1. Οι περισσότεροι/ες μαθητές/τριες φαίνεται πως κάνουν χρήση του κινητού τηλεφώνου από 1-2 έως και αρκετές φορές μέσα στην εβδομάδα, ενώ μόνο ένας μαθητής απάντησε πως δεν χρησιμοποιεί καθόλου κινητό τηλέφωνο. Η συχνότητα χρήσης της ταμπλέτας φαίνεται στο γράφημα 2. Οι μαθητές/τριες δείχνουν να είναι εξοικειωμένοι με τη χρήση ταμπλέτας καθώς, σύμφωνα με τα αποτελέσματα του γραφήματος, η πλειοψηφία τους την χρησιμοποιεί κάθε μέρα. Αρκετά είναι και τα παιδιά που κάνουν χρήση της 1-2 φορές την εβδομάδα, ενώ μόνο ένα δήλωσε πως δεν την χρησιμοποιεί καθόλου.

Όπως συμπεραίνεται από τα αποτελέσματα, οι μαθητές/τριες της Δ΄ τάξης είναι αρκετά εξοικειωμένοι με το κινητό τηλέφωνο και την ταμπλέτα, πλην ελαχίστων εξαιρέσεων. Μεγαλύτερη εξοικείωση φαίνεται πως έχουν με τη χρήση της ταμπλέτας.

4.6.2. Διερεύνηση της επιθυμίας χρήσης εφαρμογών ΕΠ στα σχολικά μαθήματα

Στον Πίνακα 2 καταγράφονται τα αποτελέσματα από τη διερεύνηση της επιθυμίας χρήσης εφαρμογών ΕΠ στα σχολικά μαθήματα από τους/τις μαθητές/τριες.

Η εν λόγω μεταβλητή διακρίνεται σε δύο προτάσεις που εκφράζουν το κατά πόσο οι μαθητές/τριες επιθυμούν να συμπεριλαμβάνουν εφαρμογές ΕΠ στα μαθήματά τους και πόσο τους ενθουσιάζει η χρήση τους. Ο συνολικός μέσος όρος (Μ.Ο.) των απαντήσεων είναι 4.09, ο οποίος δείχνει ότι οι μαθητές/τριες τείνουν να έχουν θετική επιθυμία χρήσης της ΕΠ στα σχολικά μαθήματα. Εξετάζοντας διακριτά τις προτάσεις της μεταβλητής, φαίνεται πως η πρόταση που αφορά τον ενθουσιασμό αναφορικά με τη χρήση εφαρμογών ΕΠ έχει τον υψηλότερο Μ.Ο. (4,13) και ακολουθεί η επιθυμία χρήσης με ελαφρώς χαμηλότερο Μ.Ο. (4,06). Από τα αποτελέσματα γίνεται εμφανές πως οι μαθητές/τριες ενθουσιάζονται με την ιδέα της χρήσης ΕΠ στη διδακτική διαδικασία και επιθυμούν να εφαρμοστεί η χρήση της στα μαθήματά τους.

Πίνακας 5.2. Ελάχιστη τιμή, Μέγιστη τιμή, Μέσος όρος (Μ.Ο.), Τυπική απόκλιση (Τ.Α.) για τη διερεύνηση της επιθυμίας χρήσης εφαρμογών ΕΠ από τους/τις μαθητές/τριες.

Μεταβλητή: Επιθυμία χρήσης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μ.Ο.	Τ.Α.
Θέλω να χρησιμοποιώ εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας στα μαθήματά μου.	1	5	4.06	1.237
Με ενθουσιάζει να χρησιμοποιώ εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας στα μαθήματά μου.	2	5	4.13	0.957
Σύνολο	1	5	4.09	1.08

4.6.3. Διερεύνηση της στάσης των μαθητών/τριών απέναντι στη χρήση εφαρμογών ΕΠ στα μαθήματα

Στον Πίνακα 5.3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τη διερεύνηση της στάσης των μαθητών/τριών απέναντι στη χρήση εφαρμογών ΕΠ στα σχολικά τους μαθήματα. Η μεταβλητή της στάσης των μαθητών/τριών διακρίνεται σε τρεις προτάσεις, οι οποίες φέρουν συνολικό Μ.Ο. 4,08. Όσον αφορά τις επιμέρους προτάσεις, ο Μ.Ο. της κάθε μίας ξεχωριστά είναι πολύ κοντά στον συνολικό. Τα αποτελέσματα φανερώνουν πως οι μαθητές/τριες έχουν θετική στάση αναφορικά με τη χρήση εφαρμογών ΕΠ στη μαθησιακή διαδικασία. Δηλώνουν πως τους αρέσει πολύ, πως προτιμούν τον εμπλουτισμό που προσφέρει η ΕΠ στο μάθημα σε σύγκριση με την παραδοσιακή διδασκαλία και δηλώνουν πολύ ενθουσιασμένοι από τη χρήση της.

Πίνακας 5.3. Ελάχιστη τιμή, Μέγιστη τιμή, Μέσος όρος (Μ.Ο.), Τυπική απόκλιση (Τ.Α.) για τη διερεύνηση της στάσης των μαθητών απέναντι στη χρήση εφαρμογών ΕΠ

Μεταβλητή: Στάση	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μ.Ο.	Τ.Α.
Μου αρέσει να χρησιμοποιώ εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας στα μαθήματά μου.	2	5	4.00	1.095
Με ενθουσιάζει η χρήση εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας στα μαθήματά μου.	2	5	4.13	1.025
Μου αρέσει περισσότερο το μάθημα όταν	1	5	4.12	1.360

χρησιμοποιούμε εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας.				
Σύνολο	1	5	4.08	1.145

4.6.4. Διερεύνηση της αντιληπτής διασκέδασης των μαθητών/τριών από τη χρήση εφαρμογών ΕΠ

Στον Πίνακα 5.4 φαίνονται τα αποτελέσματα της διερεύνησης της αντιληπτής διασκέδασης των μαθητών/τριών από τη χρήση εφαρμογών ΕΠ στα σχολικά τους μαθήματα. Η εν λόγω μεταβλητή διακρίνεται σε τέσσερις επί μέρους προτάσεις. Ο συνολικός Μ.Ο. των προτάσεων είναι 4,01 κάτι που δείχνει πως οι μαθητές/τριες βρήκαν την αλληλεπίδρασή τους με την εφαρμογή ΕΠ πολύ διασκεδαστική. Μέσα από τις προτάσεις της μεταβλητής, ο Μ.Ο. των οποίων είναι πολύ κοντά στον συνολικό, οι μαθητές/τριες δηλώνουν πως τα μαθήματα με χρήση εφαρμογών ΕΠ είναι συναρπαστικά, διασκεδαστικά και ενδιαφέροντα και πως απήλαυσαν πολύ την ενασχόληση με την ΕΠ.

Πίνακας 5.4. Ελάχιστη τιμή, Μέγιστη τιμή, Μέσος όρος (Μ.Ο.), Τυπική απόκλιση (Τ.Α.) για τη διερεύνηση της αντιληπτής διασκέδασης των μαθητών/τριών από τη χρήση εφαρμογών ΕΠ

Μεταβλητή: Αντιληπτή διασκέδαση	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μ.Ο.	Τ.Α.
Είναι συναρπαστικό το να γίνονται τα μαθήματα με εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας	3	5	4.13	0.885

Είναι διασκεδαστικό το να γίνονται τα μαθήματα με εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας.	2	5	3.94	0.998
Είναι ενδιαφέρον το να γίνονται τα μαθήματα με εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας.	2	5	3.94	1.124
Απολαμβάνω να γίνονται τα μαθήματα με εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας.	2	5	4.07	0.884
Σύνολο	2	5	4.01	0.958

4.6.5. Διερεύνηση της αντιληπτής ευκολίας χρήσης της εφαρμογής ΕΠ «Arete Geometry App» από τους/τις μαθητές/τριες

Στον Πίνακα 5.5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τη διερεύνηση της αντιληπτής ευκολίας χρήσης της εφαρμογής ΕΠ «Arete Geometry App» από τους/τις μαθητές/τριες. Η μεταβλητή της αντιληπτής ευκολίας χρήσης διακρίνεται σε τρεις προτάσεις. Ο συνολικός Μ.Ο. και των τριών προτάσεων είναι 4,06, ενώ και ο Μ.Ο. της εκάστοτε πρότασης είναι πολύ κοντά στον συνολικό. Τα αποτελέσματα δείχνουν πως οι μαθητές/τριες έκριναν την εφαρμογή ΕΠ «Arete Geometry App» εύκολη στη χρήση

της. Επιπροσθέτως, δήλωσαν πως ήταν εύκολο να μάθουν και να θυμούνται πώς να την χρησιμοποιούν.

Πίνακας 5.5. Ελάχιστη τιμή, Μέγιστη τιμή, Μέσος όρος (Μ.Ο.), Τυπική απόκλιση (Τ.Α.) για τη διερεύνηση της αντιληπτής ευκολία χρήσης της εφαρμογής ΕΠ «Arete Geometry App»

Μεταβλητή: Αντιληπτή ευκολία χρήσης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μ.Ο.	Τ.Α.
Η εφαρμογή ΕΠ «Arete Geometry App» είναι εύκολη στη χρήση.	3	5	4.19	0.911
Το να μάθω να χρησιμοποιώ την εφαρμογή ΕΠ «Arete Geometry App» είναι εύκολο για μένα.	2	5	4.00	1.265
Είναι εύκολο για μένα να θυμάμαι πώς να χρησιμοποιώ την εφαρμογή ΕΠ «Arete Geometry App».	1	5	4.00	1.155
Σύνολο	1	5	4.06	1.099

4.6.6. Διερεύνηση της αντιληπτής χρησιμότητας της εφαρμογής ΕΠ «Arete Geometry App»

Ο Πίνακας 5.6. δείχνει τα αποτελέσματα από τη διερεύνηση της αντιληπτής χρησιμότητας της εφαρμογής ΕΠ «Arete Geometry App» από τους/τις μαθητές/τριες. Η μεταβλητή διακρίνεται σε τέσσερις προτάσεις. Ο συνολικός Μ.Ο. της μεταβλητής είναι 3,84 φανερώνοντας πως οι μαθητές/τριες κρίνουν την εφαρμογή ΕΠ «Arete Geometry App» μερικώς χρήσιμη στη μαθησιακή διαδικασία. Ο Μ.Ο. της κάθε πρότασης βρίσκεται πολύ κοντά στον συνολικό. Τα αποτελέσματα δείχνουν πως οι μαθητές/τριες θεωρούν την εφαρμογή ΕΠ «Arete Geometry App» μερικώς ενδιαφέρουσα και χρήσιμη στη μαθησιακή διαδικασία. Φαίνεται, ωστόσο, πως την κρίνουν ως περισσότερο βοηθητική στην κατανόηση και εκμάθηση του μαθησιακού περιεχομένου.

Πίνακας 5.6. Ελάχιστη τιμή, Μέγιστη τιμή, Μέσος όρος (Μ.Ο.), Τυπική απόκλιση (Τ.Α.) για τη διερεύνηση της αντιληπτής χρησιμότητας της εφαρμογής ΕΠ «Arete Geometry App» από τους/τις μαθητές/τριες

Μεταβλητή: Αντιληπτή χρησιμότητα	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μ.Ο.	Τ.Α.
Η εφαρμογή ΕΠ «Arete Geometry App» κάνει το μάθημα πιο ενδιαφέρον.	2	5	3.81	1.167
Η εφαρμογή ΕΠ «Arete Geometry App» είναι χρήσιμη για τα μαθήματά μου.	2	5	3.69	1.195
Η εφαρμογή ΕΠ «Arete	2	5	3.88	1.025

Geometry App» θα με βοηθήσει να καταλάβω το μάθημα καλύτερα.				
Η εφαρμογή ΕΠ «Arete Geometry App» θα με βοηθήσει να μαθαίνω πιο εύκολα το μάθημα.	2	5	4.00	0.966
Σύνολο	2	5	3.84	1.072

4.6.7. Οι απόψεις των μαθητών/τριών αναφορικά με την εφαρμογή ΕΠ «Arete Geometry App»

Οι μαθητές/τριες κατέθεσαν τις απόψεις τους σχετικά με την εφαρμογή ΕΠ «Arete Geometry App». Ιδιαίτερα, διατύπωσαν τι τους άρεσε και τι δεν τους άρεσε στην εφαρμογή, τι έμαθαν και τι τους έκανε εντύπωση. Ακόμα, κατέγραψαν τα συναισθήματά τους με τη λήξη του μαθήματος και τέλος, αν ήθελαν να ξαναχρησιμοποιήσουν εφαρμογή ΕΠ, προτείνοντας και κάποιο άλλο μάθημα στο οποίο πίστευαν πως θα ήταν ωραία ιδέα να γίνει αξιοποίηση της εν λόγω τεχνολογίας.

Στοιχείο που άρεσε στους/στις μαθητές/τριες και βρήκαν ελκυστικό στην εφαρμογή ήταν πως έβλεπαν τα γεωμετρικά στερεά σε τρεις διαστάσεις και όχι αποτυπωμένα στη δισδιάστατη εκδοχή τους, όπως προσφέρεται από τις εικόνες του σχολικού βιβλίου. Τους έκανε, μάλιστα, εντύπωση πως τα σχήματα στις κάρτες επαύξησης γίνονταν τρισδιάστατα μέσα από την κάμερα της ταμπλέτας τους. Επιπλέον, κάποιοι/ες μαθητές/τριες έγραψαν πως η εφαρμογή έδειχνε «χρήσιμα πράγματα για τα στερεά», «είναι καλό που δείχνει ακμές, κορυφές κ.τ.λ.», «είχε πολλά κουμπιά» δηλώνοντας κατ' αυτόν τον τρόπο πως η εφαρμογή ΕΠ διέθετε μενού με πολλές χρήσιμες πληροφορίες για κάθε γεωμετρικό στερεό. Μία από τις λειτουργίες που δήλωσε ένας μαθητής ότι ήταν ενδιαφέρουσα, αν και δεν αξιοποιήθηκε στο πλαίσιο της εν λόγω έρευνας, ήταν η επιλογή της θέασης του αναπτύγματος του γεωμετρικού

στερεού. Συγκεκριμένα, κατέγραψε πως «Έμαθα πώς είναι τα σχήματα αν τα ανοίξεις με το 2D». Πολύ σημαντική ήταν και η δήλωση άλλου μαθητή, σύμφωνα με τον οποίο «Μου άρεσε που καθόμασταν όλοι μαζί».

Το μεγαλύτερο μέρος των μαθητών/τριών δεν βρήκε κάτι μη αρεστό από την αλληλεπίδρασή του με την εφαρμογή. Ωστόσο, ένα μικρό ποσοστό μαθητών/τριών εξέφρασε κάποιες δυσαρέσκεις. Συγκεκριμένα, έγραψε πως η εφαρμογή κολλούσε αρκετά και αδυνατούσε να διαβάσει τις κάρτες επαύξησης για να επαυξήσει τα γεωμετρικά στερεά. Επιπλέον, ένας/μία μαθητής/τρια ανέφερε πως «δεν μου αρέσει γιατί πρέπει να το παρακολουθείς πολλή ώρα για να το καταλάβεις και χάνουμε χρόνο» εκφράζοντας κατ' αυτόν τον τρόπο την προτίμησή του/της σε ένα μάθημα που προσεγγίζει περισσότερο συμπεριφοριστικές θεωρίες μάθησης. Τέλος, μαθητής/τρια τόνισε πως η εφαρμογή τον δυσκόλεψε αρκετά στον χειρισμό γράφοντας «Δεν μου άρεσε που είχε αρκετά δύσκολο τρόπο χρήσης. Μου είχε σπάσει το κεφάλι».

Επιπλέον, οι μαθητές/τριες εξέφρασαν όσα τους έκαναν εντύπωση στην εφαρμογή και στις πληροφορίες που έμαθαν. Η πλειοψηφία ανέφερε πως εντυπωσιάστηκε από τη δυνατότητα θέασης των γεωμετρικών στερεών σε τρισδιάστατη μορφή, καθώς δεν έχει έρθει ξανά σε επαφή με αυτού του τύπου την προβολή των γεωμετρικών στερεών στο πλαίσιο του μαθήματος. Αρκετοί/ές μαθητές/τριες δήλωσαν πως τους έκανε εντύπωση ο τρόπος που η εφαρμογή παρουσίαζε τις έδρες, τις κορυφές και τις ακμές, όπως γράφοντας «μπορούσε να μου δείξει τις κορυφές, τις ακμές, τις έδρες σε ένα σχήμα». Μερικοί/ές μαθητές/τριες ανέφεραν πως μέσα από την εξερεύνηση της εφαρμογής έμαθαν και για το ανάπτυγμα του εκάστοτε γεωμετρικού στερεού, αναφέροντας πως «έμαθα ότι όλα τα σχήματα έχουν αρκετές μορφές», «Έμαθα πως τα στερεά αν τα ανοίξεις γίνονται 2D».

Τα συναισθήματά των μαθητών/τριών με τη λήξη του μαθήματος κρίνονται πολύ ενθαρρυντικά και θετικά για την ενσωμάτωση της τεχνολογίας ΕΠ σε περισσότερα μαθήματα. Πολλοί/ές μαθητές/τριες έγραψαν πως «δεν ήθελα να τελειώσει», «δεν ήθελα να πάρετε τα tablet» αλλά και πως ένιωσαν πιο «έξυπνοι» («πιο έξυπνος από ποτέ», «ένιωσα πιο έξυπνη, δεν ήθελα να τελειώσει», «ένιωσα πιο έξυπνος από ότι ήμουν»). Ακόμη, μαθητής/τρια έγραψε πως ένιωσε να του δημιουργείται ένα νέο ενδιαφέρον για την ΕΠ. Ωστόσο, αρκετοί μαθητές/τριες δήλωσαν πως κουράστηκαν,

καθώς το μάθημα διήρκησε πολλή ώρα, όπως αναφέροντας «στενοχωρήθηκα επειδή ήταν διασκεδαστικό αλλά ήθελα να τελειώσει επειδή αργήσαμε και κάναμε πολλή ώρα» και «Για να πω την αλήθεια μου άρεσε το μάθημα αλλά αργούσε να τελειώσει». Η διαδικασία που ακολουθήθηκε απαιτούσε υψηλά επίπεδα συγκέντρωσης από μέρους τους και καθώς ήταν ένας τρόπος εργασίας άγνωστος για εκείνους, η κούραση ήταν αναμενόμενη.

Καταληκτικά, οι μαθητές/τριες εξέφρασαν την επιθυμία τους για επαναχρησιμοποίηση της εφαρμογής ΕΠ στη Γεωμετρία. Η πλειοψηφία των μαθητών/τριών δήλωσε πως ενδιαφέρεται να ξαναχρησιμοποιήσει την εφαρμογή «Arete Geometry App». Ωστόσο, υπήρχαν μερικές εξαιρέσεις που δήλωσαν πως θα προτιμούσαν πιο σπάνια ή/και καθόλου. Ακόμη, οι μαθητές/τριες είχαν αρκετές ιδέες για την ενσωμάτωση της ΕΠ και σε άλλα μαθήματα. Ανέφεραν σαν παράδειγμα το μάθημα της Γλώσσας, με θέαση των κειμένων σε τρισδιάστατη μορφή, αλλά και συνοδευτικών εικόνων και βίντεο. Εξέφρασαν το ενδιαφέρον τους και για τη χρήση της ΕΠ στο μάθημα της Ιστορίας, προβάλλοντας ως ιδέες την τρισδιάστατη θέαση των ιστορικών προσώπων και πόλεων που αναφέρονται στο βιβλίο της Ιστορίας, όπως ήταν την αντίστοιχη εποχή. Τέλος, πρότειναν να ενταχθεί ως καθημερινή προσθήκη στο μάθημα των Μαθηματικών, ως βοηθητικό επιπρόσθετο εποπτικό υλικό.

4.7 Σύνοψη

Από την ανάλυση των δεδομένων της έρευνας προέκυψε πως στον μετά-έλεγχο η μαθησιακή επίδοση και των δύο ομάδων, πειραματισμού και ελέγχου, βελτιώθηκε. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει πως η εξάσκηση οδηγεί σε μαθησιακά οφέλη, ανεξαρτήτως τύπου παρέμβασης. Ακόμη, φάνηκε σημαντική διαφορά στον προ-έλεγχο και στον μετά-έλεγχο των στάσεων των μαθητών/τριών της ομάδας πειραματισμού απέναντι στο μάθημα της Γεωμετρίας. Διαπιστώνεται πως η ενασχόληση με την ΕΠ έκανε το μάθημα της Γεωμετρίας πιο ελκυστικό ενισχύοντας κατ' αυτόν τον τρόπο τη θετική αντίληψη των μαθητών/τριών για το μαθησιακό αντικείμενο. Κατά τη διερεύνηση της αποδοχής της τεχνολογίας ΕΠ, φάνηκε πως οι μαθητές/τριες απέκτησαν θετική εντύπωση για την τεχνολογία, έκριναν ότι ήταν

ιδιαίτερα διασκεδαστική, επιθυμούσαν την αξιοποίησή της στα σχολικά μαθήματα και θεώρησαν πως η εφαρμογή «Arete Geometry App» ήταν βοηθητική και εύχρηστη.

Ωστόσο, τα αποτελέσματα έδειξαν πως δεν υπήρχαν διαφορές κατά τη σύγκριση του προ-ελέγχου και του μετά-ελέγχου της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης σε καμία εκ των ομάδων, και επομένως δεν επετεύχθη βελτίωσή της με το πέρας της παρέμβασης. Παράλληλα η ΕΠ δεν αναδείχθηκε ως η πλέον κατάλληλη μέθοδος για τη βελτίωση της μαθησιακής επίδοσης συγκριτικά με παραδοσιακή διδασκαλία, εφόσον δεν υπήρξε διαφορά στη σύγκριση του Μ.Ο. του μετά-ελέγχου των δύο ομάδων. Επιπλέον, τόσο τα κίνητρα όσο και οι στάσεις των μαθητών/τριών και των δύο ομάδων στην ενασχόλησή τους με το μάθημα της Γεωμετρίας δεν διαφοροποιήθηκαν κατά τον μετά-έλεγχο. Τέλος, για τους/τις μαθητές/τριες της ομάδας πειραματισμού, η εφαρμογή «Arete Geometry App», φάνηκε μερικώς χρήσιμη στη μαθησιακή διαδικασία, παρά την εμφανή προσφορά της στην κατανόηση του μαθησιακού αντικειμένου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. Συμπεράσματα, περιορισμοί της έρευνας, προτάσεις για μελλοντική έρευνα

5.1. Εισαγωγή

Στο Κεφάλαιο αυτό παρατίθενται τα συμπεράσματα που προκύπτουν μέσα από τη μελέτη των αποτελεσμάτων της έρευνας, σε συνδυασμό με τα πορίσματα των ερευνών της βιβλιογραφικής ανασκόπησης. Τα συμπεράσματα διακρίνονται σε πέντε υποενότητες, που αντιστοιχούν σε κάθε ένα από τα ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας. Στο τέλος δίνονται οι εφαρμογές, οι περιορισμοί της έρευνας και προτάσεις για μελλοντικές έρευνες.

5.1.2. Σύγκριση της μαθησιακής επίδοσης των μαθητών/τριών της ομάδας πειραματισμού και ελέγχου

Ένας από τους στόχους της εργασίας ήταν η σύγκριση της μαθησιακής επίδοσης των μαθητών/τριών της ομάδας πειραματισμού και της ομάδας ελέγχου μετά το πέρας της παρέμβασης. Υπόθεση της έρευνας ήταν πως η ομάδα πειραματισμού θα έχει καλύτερη μαθησιακή επίδοση από την ομάδα ελέγχου, μετά το πέρας της παρέμβασης.

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν πως και οι δύο ομάδες μαθητών/τριών βελτίωσαν τη μαθησιακή τους επίδοση μετά το πέρας της παρέμβασης. Όλοι/ες οι μαθητές/τριες επωφελήθηκαν από την παρέμβαση και κατανόησαν το περιεχόμενο του μαθήματος. Γίνεται, επομένως, εμφανές ότι τα αποτελέσματα της παρέμβασης διαφοροποιούνται από τις βιβλιογραφικές έρευνες, οι οποίες κατέληξαν στη θετικότερη επίδραση της ΕΠ σε ό,τι αφορά τη μαθησιακή επίδοση. Η πλειοψηφία των ερευνών έφτασε στο συμπέρασμα πως η ΕΠ αποτελεί καλύτερη μέθοδο από την παραδοσιακή διδασκαλία για τη βελτίωση της μαθησιακής επίδοσης, υπογραμμίζοντας τη χρησιμότητα και την αποτελεσματικότητά της. Γίνεται λόγος για την ουσιαστική κατανόηση του μαθησιακού περιεχομένου από τους/τις μαθητές/τριες, χάρη στη δυνατότητα της ΕΠ να οπτικοποιεί αφηρημένες και δυσνόητες έννοιες, καθώς και την αλληλεπίδραση του χρήστη με τα ψηφιακά αντικείμενα (Cetintav & Yilmaz, 2023; Demitriadou et al., 2020; Fakih, 2023; Flores-Bascuñana et al., 2020; Gargrish et al., 2021; Gargrish et al., 2022; Gün & Atasoy, 2017; Hwang et al., 2023; Ibáñez et al.,

2020; İbili et al., 2020; Iwano et al., 2021; Pujiastuti & Haryadi, 2023; Rossano et al., 2020; Sarkar et al., 2018; Sun & Chen; 2020; Yaniawati et al., 2023; Uriarte-Portillo et al., 2023; Weng et al., 2021).

Ένας μικρός αριθμός ερευνών, ωστόσο, δεν κατάφερε να αναδείξει την ΕΠ ως αποτελεσματικότερη μέθοδο για την κατανόηση και εκμάθηση μαθησιακού περιεχομένου. Τα αποτελέσματα των μετά-ελέγχων έδειξαν εξίσου βελτίωση και στις δύο ομάδες (Akkuş & Yüksel Arslan, 2022; Alves et al., 2017; Baltacı & Çetin, 2022; İbili & Şahin, 2015; Lin et al., 2015). Οι ερευνητές/τριες αποδίδουν τη βελτίωση και των δύο ομάδων στο γεγονός ότι το μάθημα αποδείχθηκε εύκολο για το σύνολο των μαθητών/τριών ως προς το περιεχόμενο (Baltacı & Çetin, 2022). Οι ανωτέρω έρευνες έρχονται σε συμφωνία με τα ευρήματα της έρευνας που υλοποιήθηκε και δείχνουν ότι δε βρέθηκε μεγαλύτερη επίδραση της ΕΠ στη μαθησιακή επίδοση των μαθητών/τριών σε σχέση με παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας.

Στην πλειοψηφία των ερευνών, η χρήση της τεχνολογίας ΕΠ συγκαταλέγεται στους αποτελεσματικούς τρόπους διδασκαλίας εννοιών στη Γεωμετρία και λειτουργεί ευεργετικά στην κατανόηση του περιεχομένου της. Ωστόσο, η αδυναμία της παρούσας έρευνας να ξεχωρίσει την ΕΠ από την παραδοσιακή διδασκαλία σε ό,τι αφορά τα οφέλη στη μαθησιακή επίδοση πιθανώς οφείλεται στο χαμηλής δυσκολίας περιεχόμενο και στη μικρή χρονική διάρκεια της έρευνας.

5.1.3. Η σύγκριση του επιπέδου της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης των μαθητών/τριών των ομάδων πειραματισμού και ελέγχου

Ένας εκ των στόχων της εργασίας ήταν η σύγκριση του επιπέδου της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης των μαθητών/τριών των ομάδων πειραματισμού και ελέγχου μετά το πέρας της πειραματικής και της παραδοσιακής διδασκαλίας. Υπόθεση της έρευνας ήταν πως η ομάδα πειραματισμού μετά το πέρας της παρέμβασης θα βελτιώσει σε μεγαλύτερο βαθμό το επίπεδο της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης, σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου.

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας έδειξε πως τα επίπεδα της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης των μαθητών/τριών και των δύο ομάδων δεν είχαν

βελτίωση ύστερα από την παρέμβαση. Η πειραματική διδασκαλία με χρήση της τεχνολογίας ΕΠ δεν έδειξε να βοηθάει στην εξάσκηση της εν λόγω χωρικής δεξιότητας.

Σε έρευνες της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, κατά τις οποίες η παρέμβαση έχει διαρκέσει μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, η χρήση της τεχνολογίας ΕΠ στη διδασκαλία έχει αναδειχθεί ως αποτελεσματικότερη πρακτική σε σύγκριση με την παραδοσιακή διδασκαλία αναφορικά με την ενίσχυση των χωρικών δεξιοτήτων (Gecu-Parmaksiz & Delialioğlu, 2020; George et al., 2020; Gün & Atasoy, 2017; Hanid et al., 2022; Kaur et al., 2018; Martín-Gutiérrez et al., 2010; Özçakır & Çakiroğlu, 2022; Omar & Farzeeha, 2018; Phon et al., 2019; Roca-González et al., 2017). Η ΕΠ είναι μία τεχνολογία που χάρη στη θέαση των ψηφιακών αντικειμένων από πολλές οπτικές γωνίες και την αλληλεπίδραση μαζί τους βελτιώνει την ικανότητα των χρηστών στον νοερό χειρισμό τους.

Σ' αυτό το σημείο, είναι σημαντικό να υπογραμμιστεί πως ένα μικρό μέρος των ερευνών δεν κατάφερε να διακρίνει την ΕΠ ως καλύτερη μέθοδο ενίσχυσης των χωρικών δεξιοτήτων. Τόσο οι ομάδες που αξιοποίησαν την τεχνολογία της ΕΠ όσο και οι ομάδες που παρακολούθησαν παραδοσιακή διδασκαλία βελτίωσαν τις χωρικές τους δεξιότητες ανεξαιρέτως. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει πως η εξάσκηση, σε οποιαδήποτε μορφή της, οδηγεί σε θετικά αποτελέσματα (Akkuş & Yüksel Arslan, 2022; Baltacı & Çetin, 2022; Duenser, et al., 2006; Lin et al., 2015). Λόγοι που οδήγησαν πιθανώς στο παραπάνω αποτέλεσμα είναι η μικρή χρονική διάρκεια και το είδος της παρέμβασης, καθώς και η πρότερη επαφή με το μαθησιακό αντικείμενο της Γεωμετρίας.

Στην έρευνα της εν λόγω εργασίας η δεξιότητα της Χωρικής Οπτικοποίησης δεν βελτιώθηκε σε καμία εκ των δύο ομάδων. Η ανεπιτυχής προσπάθεια βελτίωσης της δεξιότητας Χωρικής Οπτικοποίησης κρίνεται αναμενόμενη λόγω της μικρής χρονικής διάρκειας της παρέμβασης. Όπως όλες οι δεξιότητες, έτσι και η εν λόγω δεξιότητα απαιτεί περισσότερο χρόνο και εξάσκηση για να μπορούν να φανούν θετικά αποτελέσματα. Ακόμη, είναι σημαντικό να υπογραμμιστεί πως οι μαθητές/τριες δεν είχαν έρθει ξανά σε επαφή με ένα αντικείμενο που είχε στόχο την ενίσχυση των χωρικών τους δεξιοτήτων. Αυτό οφείλεται στον ανεπαρκή χρόνο που αφιερώνεται στην εξάσκηση των χωρικών δεξιοτήτων κατά το Αναλυτικό Πρόγραμμα για το μάθημα των Μαθηματικών στο δημοτικό. Τέλος, η έλλειψη πρότερης επαφής με την τεχνολογία της

ΕΠ πιθανώς οδήγησε τους/τις μαθητές/τριες να εστιάζουν περισσότερο στον εντυπωσιασμό από τις δυνατότητες της τεχνολογίας, παρά στην παρατήρηση των επαυξημένων γεωμετρικών στερεών.

Συμπερασματικά, η χρήση της τεχνολογίας ΕΠ είναι κατάλληλη για την εξάσκηση και, κατ' επέκταση, ενίσχυση των χωρικών δεξιοτήτων των μαθητών/τριών. Ωστόσο, κρίνεται σημαντικό οι μαθητές/τριες να έρχονται σε επαφή συχνότερα με την ΕΠ και να έχουν εξασκηθεί στην χρήση τεχνολογίας στην τάξη, ώστε να είναι σε θέση να αξιοποιήσουν την εκάστοτε εφαρμογή κατάλληλα. Η μεγαλύτερη χρονική διάρκεια επαφής με το μαθησιακό αντικείμενο μέσω της ΕΠ, μπορεί επιπλέον να οδηγήσει σε θετικότερα αποτελέσματα.

5.1.4. Η σύγκριση των στάσεων των μαθητών/τριών των ομάδων πειραματισμού και ελέγχου απέναντι στο μάθημα της Γεωμετρίας

Στους στόχους της εργασίας συγκαταλέγεται η σύγκριση των στάσεων των μαθητών/τριών της ομάδας πειραματισμού και ελέγχου απέναντι το μάθημα της Γεωμετρίας με το πέρας της πειραματικής διδασκαλίας με χρήση της τεχνολογίας Επαυξημένης Πραγματικότητας και της παραδοσιακής διδασκαλίας. Υπόθεση της έρευνας ήταν πως με το πέρας της παρέμβασης η ομάδα πειραματισμού θα αποκτήσει θετικότερη στάση απέναντι στο μάθημα της Γεωμετρίας, σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου.

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας έδειξε τη βελτίωση της στάσης των μαθητών/τριών της ομάδας πειραματισμού ως προς το μάθημα της Γεωμετρίας μετά το πέρας της παρέμβασης. Αντίθετα, η ομάδα ελέγχου διατήρησε την αρχική της στάση. Η θετικότερη στάση των μαθητών/τριών της ομάδας πειραματισμού πιθανώς οφείλεται στην αξιοποίηση της τεχνολογίας ΕΠ, με την οποία το μάθημα κατέστη πιο ελκυστικό και ενδιαφέρον. Ωστόσο, σημαίνουσας αξίας συνιστά η σύγκριση των αποτελεσμάτων στις ομάδες, σύμφωνα με τα οποία δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές.

Σε έρευνες που μελετήθηκαν στο πλαίσιο της βιβλιογραφικής ανασκόπησης διαπιστώθηκε πως η βελτίωση της στάσης των μαθητών/τριών αναφορικά με το μάθημα εξαρτήθηκε από τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν. Ιδιαίτερα, η αξιοποίηση της τεχνολογίας ΕΠ στη διδασκαλία έδειξε να προηγείται σε επιδραστικότητα των

απτόν αντικειμένων και των ψηφιακών εργαλείων, όπως ο διαδραστικός πίνακας, ο προτζέκτορας και ο φορητός ηλεκτρονικός υπολογιστής (Gün & Atasoy, 2017; Weng et al., 2021).

Στη διεθνή βιβλιογραφία, έχει αποδειχθεί η θετική στάση των μαθητών/τριών ως προς τη μαθησιακή διαδικασία σε πεδία STEM, κατόπιν ενασχόλησής τους με τη τεχνολογία της ΕΠ. Ιδιαίτερα, καθώς έχουν συνδυάσει τη χρήση τεχνολογίας με το παιχνίδι και τη διασκέδαση, αποκτούν περισσότερο ενδιαφέρον και βλέπουν το μάθημα ως μια πιο ενδιαφέρουσα και διασκεδαστική διαδικασία. Οι μαθητές/τριες αποκτούν θετικότερα συναισθήματα, ιδιαίτερα όσοι/ες είχαν αρχικά αρνητική στάση, είναι θετικά προσκείμενοι απέναντί της και αυξάνεται το κίνητρο τους για προσοχή στο μάθημα (Akçayır, Akçayır, Pektaş, & Ocak, 2016; Buchner, 2022; Çetin & Türkan, 2022; İbili & Şahin, 2015; Sahin & Yilmaz, 2020; Sökmen, Sarikaya, & Nalçacı, 2023).

5.1.5. Η σύγκριση των κινήτρων των μαθητών/τριών των ομάδων πειραματισμού και ελέγχου ως προς την ενασχόλησή τους με το μάθημα της Γεωμετρίας

Η εργασία περιλάμβανε και τον στόχο της σύγκρισης των κινήτρων των μαθητών/τριών των ομάδων πειραματισμού και ελέγχου ως προς την ενασχόλησή τους με το μάθημα της Γεωμετρίας μετά το πέρας της πειραματικής διδασκαλίας με χρήση της τεχνολογίας ΕΠ και της παραδοσιακής διδασκαλίας. Υπόθεση της έρευνας ήταν πως η ομάδα πειραματισμού θα αποκτήσει περισσότερα κίνητρα ως προς την ενασχόλησή της με το μάθημα της Γεωμετρίας, σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου, μετά το πέρας της παρέμβασης.

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας έδειξε πως η ομάδα πειραματισμού ξεκίνησε από τον προ-έλεγχο με υψηλότερο κίνητρο σε σχέση με την ομάδα ελέγχου. Διατήρησε το κίνητρο υψηλό και μετά το πέρας της έρευνας, αναδεικνύοντας την ΕΠ ως μία ελκυστική τεχνολογία για τη μαθησιακή διαδικασία. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί πως δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στα κίνητρα των δύο ομάδων, μετά την παρέμβαση. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να οφείλεται σε πολλούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένου και του γεγονότος ότι η παρέμβαση

διήρησε πολύ μικρό χρονικό διάστημα για να μπορέσει να διαπιστωθεί κάποια σημαντική διαφορά στα κίνητρα των μαθητών/τριών.

Έρευνες που έχουν μελετηθεί στο πλαίσιο της βιβλιογραφικής ανασκόπησης έχουν τονίσει το κίνητρο που προσφέρει η ΕΠ προς συμμετοχή των μαθητών/τριών στη μαθησιακή διαδικασία. Πρόκειται για μία νέα τεχνολογία για τα εκπαιδευτικά δεδομένα, που επιφέρει περιέργεια και ενθουσιασμό στα παιδιά. Το μάθημα γίνεται αυτόματα πιο ενδιαφέρον και, κατά συνέπεια, τα κίνητρα των μαθητών/τριών προς ενασχόληση με το μαθησιακό αντικείμενο αυξάνονται (Alves et al., 2017; Baltacı & Çetin, 2022; Cetintav & Yilmaz, 2023; Demitriadou et al., 2020; Fakih, 2023; Gecuparmaksiz & Delialioğlu, 2020; Gün & Atasoy, 2017; Ibáñez et al., 2020; İbili et al., 2020; Kul & Berber, 2022; Lin et al., 2015; Martín-Gutiérrez et al., 2010; Özeren & Top, 2023; Sarkar et al., 2018; Yaniawati et al., 2023; Uriarte-Portillo et al., 2023; Weng et al., 2021).

5.1.6. Η διερεύνηση της αποδοχής της τεχνολογίας ΕΠ από τους/τις μαθητές/τριες της ομάδας πειραματισμού

Ένας στόχος της εργασίας αφορούσε τη διερεύνηση της αποδοχής της τεχνολογίας ΕΠ από τους/τις μαθητές/τριες της ομάδας πειραματισμού μετά το πέρας της πειραματικής διδασκαλίας. Υπόθεση της έρευνας ήταν πως οι μαθητές/τριες της ομάδας πειραματισμού θα παρουσιάσουν υψηλά επίπεδα αποδοχής της τεχνολογίας Επαυξημένης Πραγματικότητας μετά το πέρας της παρέμβασης.

Η αποδοχή της τεχνολογίας της ΕΠ και η αντίληψη των μαθητών/τριών σε ό,τι αφορά τη χρήση της τεχνολογίας ΕΠ εξετάστηκε μέσα από τη διερεύνηση πέντε μεταβλητών: την επιθυμία χρήσης, τη στάση απέναντι στις εφαρμογές ΕΠ, την αντιληπτή διασκέδαση από τη χρήση εφαρμογών ΕΠ, καθώς και την αντιληπτή ευκολία και τη χρησιμότητα της εφαρμογής ΕΠ «Arete Geometry App», που αξιοποιήθηκε στο πλαίσιο της έρευνας.

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων κατέδειξε μεγάλη αποδοχή της τεχνολογίας ΕΠ από τους/τις μαθητές/τριες και θετική αντίληψη ως προς τη χρήση της στη Γεωμετρία και σε άλλα μαθησιακά αντικείμενα. Συγκεκριμένα, φάνηκε πως οι μαθητές/τριες ενθουσιάστηκαν, τη βρήκαν διασκεδαστική, ενδιαφέρουσα, απολαυστική στη χρήση

και πως επιθυμούσαν να ασχοληθούν μαζί της και σε άλλα σχολικά μαθήματα. Ακόμη, δήλωσαν προτίμηση ως προς την ενασχόληση με την ΕΠ κατά τη διδασκαλία σε σχέση με μία περισσότερο παραδοσιακή μέθοδο.

Σε ό,τι αφορά την εφαρμογή ΕΠ «Arete Geometry App», οι μαθητές/τριες έκριναν πως είχε εύκολο τρόπο χρήσης και πως ήταν πολύ εύκολο να μάθουν να τη χρησιμοποιούν. Δήλωσαν πως τους άρεσε η δυνατότητα θέασης των στερεών σε τρεις διαστάσεις, καθώς και η αλληλεπίδραση που είχαν μαζί τους. Έδειξαν, ακόμα, πως αναγνώρισαν τη δυνατότητα να προσφέρει βοήθεια στην εκμάθηση του μαθήματος. Μέσα από τα αποτελέσματα αυτά, είναι εμφανές πως η ΕΠ γίνεται αντιληπτή ως μία τεχνολογία ελκυστική, διασκεδαστική και με θετική επίδραση στη μάθηση.

Σ' αυτό το σημείο, αξίζει να τονιστεί πως αν και κατανόησαν τη συνεισφορά της στη μαθησιακή διαδικασία, ο βαθμός στον οποίο έκριναν τη συγκεκριμένη εφαρμογή χρήσιμη ήταν μικρότερος. Πιθανώς, ένας λόγος στον οποίο οφείλεται η άποψη αυτή είναι ο διαφορετικός τρόπος που γνωρίζουν πως πραγματοποιείται η διδασκαλία. Οι εμπειρίες τους στη διδασκαλία και ο τρόπος που έχουν συνηθίσει να μαθαίνουν είναι πιο παραδοσιακός. Συνεπώς, απαιτείται χρόνος προκειμένου να συνηθίσουν σε μία εποικοδομιστική μέθοδο, κατά την οποία μόνοι τους οικοδομούν τη γνώση και ο δάσκαλος έχει υποστηρικτικό ρόλο στη διαδικασία.

Τα πορίσματα της παρούσας έρευνας συμφωνούν με τη διεθνή βιβλιογραφία και επιβεβαιώνουν την πρόθεση των μαθητών/τριών πρωτοβάθμιας, δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και τριτοβάθμιας εκπαίδευσης να χρησιμοποιήσουν την τεχνολογία ΕΠ στη μαθησιακή διαδικασία. Μέσω των μεταβλητών της αντιληπτής χρησιμότητας, της αντιληπτής ευκολίας χρήσης και της αντιληπτής διασκέδασης αποδείχθηκε ότι η ΕΠ είχε ισχυρή αποδοχή από τους/τις μαθητές/τριες. Κρίθηκε πως πρόκειται για μία ιδιαίτερα υποστηρικτική, χρήσιμη και εύχρηστη τεχνολογία στην εκμάθηση περιεχομένου, συνάμα, όμως, ελκυστική, διότι προσελκύει και κρατά αμείωτη την προσοχή των μαθητών/τριών (Cai et al., 2020; Cetintav & Yilmaz, 2023; Gargrish et al., 2021; Mailizar & Johar, 2021; Papakostas, Troussas, Krouska, & Sgouropoulou, 2023; Ping & Liu, 2020; Rossano et al., 2020; Schutera et al., 2021; Sökmen et al., 2023; Stojšić et al., 2020; Taha, Abulibdeh, Zaitoun, Daoud, & Rawagah, 2022; Yaniawati et al., 2023).

5.2 Οι εφαρμογές της έρευνας

Συμπεράσματα που απορρέουν από τα ευρήματα της έρευνας είναι πως αν και η χρήση της ΕΠ είναι σημαίνουσα σημασία για την κατανόηση αφηρημένων εννοιών, η θετική της επίδραση στη μαθησιακή διαδικασία μπορεί να γίνει εμφανής μετά από ένα εύλογο χρονικό διάστημα ενασχόλησης με την τεχνολογία. Επομένως, αν δεν δύναται η ΕΠ να αξιοποιηθεί για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, πιθανώς ενός μήνα, όπως μαρτυρούν και οι έρευνες της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, δεν θα επιφέρει μεγαλύτερα μαθησιακά οφέλη σε σύγκριση με παραδοσιακές προσεγγίσεις. Ανάλογα συμπεράσματα προκύπτουν και για τη χρήση της ΕΠ στην εξάσκηση της δεξιότητας της Χωρικής Οπτικοποίησης. Μέσα από τα ευρήματα γίνεται έκδηλο πως μία χωρική δεξιότητα δε δύναται να βελτιωθεί εντός μίας τόσο βραχυπρόθεσμης παρέμβασης.

Επιπροσθέτως, τα ευρήματα μαρτυρούν τη θετική στάση των μαθητών/τριών ως προς τη τεχνολογία της ΕΠ. Οι μαθητές/τριες εντυπωσιάζονται από τη χρήση της τεχνολογίας στο σχολικό περιβάλλον καθώς, πλην του μαθήματος ΤΠΕ, δε συνιστά συνήθη πρακτική, ιδιαίτερα στα δημόσια σχολεία. Κατ' επέκταση, η θετική τους στάση απέναντι στην τεχνολογία ΕΠ οδηγεί σύμφωνα με τα ευρήματα σε θετικότερη στάση για το μάθημα της Γεωμετρίας και ενισχύει το κίνητρό τους για ενασχόληση με αυτό.

5.3. Περιορισμοί της έρευνας

Η έρευνα που υλοποιήθηκε στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας διέθετε μία σειρά από περιορισμούς. Αρχικά, είναι σημαντικό να υπογραμμιστεί πως τα συμπεράσματα δεν μπορούν να γενικευθούν. Ο περιορισμένος χρόνος που δόθηκε για την πραγματοποίηση της παρέμβασης, τόσο στην ομάδα πειραματισμού όσο και στην ομάδα ελέγχου, αποτέλεσε ανασταλτικό παράγοντα στην εξαγωγή ασφαλέστερων συμπερασμάτων αναφορικά με τους στόχους που τέθηκαν.

Ακόμα, περιορισμό της έρευνας αφορούσε το δείγμα των μαθητών/τριών που ήταν βολικό, διότι αυτό επιλέχθηκε με κριτήριο το σχολείο υπηρετήσης της ερευνήτριας για τη σχολική χρονιά 2022-2023. Η μοναδική τάξη στην οποία έγινε η παρέμβαση ήταν η Δ', η οποία απαρτιζόταν από δύο τμήματα με συνολικά 32 μαθητές/τριες.

Τέλος, η έλλειψη πρότερης εμπειρίας των μαθητών/τριών της ομάδας πειραματισμού, παρά τη σύντομη εισαγωγή στην εφαρμογή ΕΠ, είναι πολύ πιθανό να λειτούργησε ανασταλτικά στην εστίαση και κατανόηση του περιεχομένου του μαθήματος, γεγονός που κατά συνέπεια επηρέασε και τις καταγραφές των μαθητών/τριών στον μετά-έλεγχο.

5.4. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Τα ευρήματα της παρούσας έρευνας δημιουργούν πρόσφορο έδαφος, ώστε να εκτιμηθεί η προσφορά της τεχνολογίας ΕΠ στην εκπαίδευση. Η ερευνητική κοινότητα θα μπορούσε να διερευνήσει εκτενέστερα την αποδοχή της τεχνολογίας ΕΠ από τους/τις μαθητές/τριες στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, καθώς και τα οφέλη της στην ακαδημαϊκή επίδοση, στις χωρικές δεξιότητες, στα κίνητρα και στις στάσεις των μαθητών/τριών απέναντι στα Μαθηματικά.

Προτείνεται η πραγματοποίηση ερευνών οι οποίες θα αφιερώνουν περισσότερες διδακτικές ώρες στην παρέμβαση τόσο για την ομάδα πειραματισμού όσο και για την ομάδα ελέγχου και με μεγαλύτερο δείγμα μαθητών/τριών. Ο επαρκής χρόνος της παρέμβασης και το ικανοποιητικό μέγεθος του δείγματος θα συμβάλλει σε σημαντικό βαθμό στην εγκυρότητα της εκάστοτε έρευνας.

Μία πλήρης παρέμβαση θα μπορούσε να υλοποιηθεί σε θεματικές ενότητες της Γεωμετρίας, όπως αυτή των γεωμετρικών στερεών, ώστε να γίνει μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγισή τους. Προτείνεται η εφαρμογή της ΕΠ στην κατανόηση της έννοιας του όγκου και την ανάλυση των στερεών σε δομικές μονάδες-κύβους, διδακτικά αντικείμενα που συναντώνται στην Ε΄ τάξη. Η οπτικοποίηση της αφηρημένης έννοιας του όγκου από την ΕΠ δύναται να αναδείξει τα οφέλη της στη μαθησιακή επίδοση.

Τέλος, κρίνεται σκόπιμο σε μελλοντικές έρευνες να γίνεται περιοδικός μετά-έλεγχος, ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Ο περιοδικός μετά-έλεγχος μπορεί να διαφωτίσει τη συνεισφορά της ΕΠ στη διατήρηση της επιδιωκόμενης γνώσης και να επαληθεύσει ή να ακυρώσει τα ενδεχόμενα οφέλη της παρέμβασης.

Ηλεκτρονικές Πηγές

Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών (ΔΕΠΠΣ) Μαθηματικών

<http://www.pi-schools.gr/programs/depps/>

ΦΕΚ 303B/13-03-2003 - Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών

(ΔΕΠΠΣ) και Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών (ΑΠΣ) Δημοτικού

<http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/fek303.pdf>

ΦΕΚ 508/B/2-2-2023- Πρόγραμμα Σπουδών για το μάθημα των Μαθηματικών στο

Δημοτικό Σχολείο

<https://www.e-nomothesia.gr/kat-ekpaideuse/protobathmia-ekpaideuse/ya-10522-d1-2023.html>

Βιβλιογραφία

- Abdoli-Sejzi, A. (2015). Augmented Reality and Virtual Learning Environment. *Journal of Applied Science Research*, 11(8), 1-5. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/277137476_Augmented_Reality_and_Virtual_Learning_Environment
- Abdullah, A. H., & Zakaria, E. (2013). The Effects of Van Hiele's Phases of Learning Geometry on Students' Degree of Acquisition of Van Hiele Levels. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 102, 251–266. doi: 10.1016/j.sbspro.2013.10.740
- Ada, T., & Kurtuluş, A. (2010). Students' misconceptions and errors in transformation geometry. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 41(7), 901–909. doi: 10.1080/0020739X.2010.486451
- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385. doi: 10.1162/pres.1997.6.4.355
- Akcayir, M., & Akcayir, G. (2017). Advantages and Challenges Associated with Augmented Reality for Education: A Systematic Review of the Literature. *Educational Research Review*, 20, 1-11. doi: 10.1016/j.edurev.2016.11.002
- Akçayır, M., Akcayir, G., Pektaş, H. & Ocak, M. (2016). Augmented reality in science laboratories: The effects of augmented reality on university students' laboratory skills and attitudes toward science laboratories. *Computers in Human Behavior*, 57, 334-342. doi: 10.1016/j.chb.2015.12.054
- Akkuş, İ., & Yüksel Arslan, P. (2022). The Effects of Augmented Reality in the Technical Drawing Course on Engineering Students' Spatial Ability and

Academic Achievement. *Journal of Learning and Teaching in Digital Age*, 7(2), 160-174. doi: 10.53850/joltida.1020075

Alias, M., Gray, D. E., & Black, T. R. (2002). Attitudes towards Sketching and Drawing and the relationship with Spatial Visualisation Ability in Engineering Students. *International Education Journal*, 3(3), 165-175. Retrieved from <https://www.semanticscholar.org/paper/Attitudes-towards-sketching-and-drawing-and-the-in-Alias-Gray/1e3b009bf2a99c9ef4a0a91d72de79eccddb934>

Alves, B., Dias, D. R., Borges, S., Durelli, V., Bressan, P. A., Martins, V. F., & Guimaraes, M. (2017). On Capitalizing on Augmented Reality to Impart Solid Geometry Concepts: An Experimental Study. In M. Antona, & C. Stephanidis (Eds.), *Universal Access in Human-Computer Interaction. Designing Novel Interactions, 9-14 July 2017* (pp. 105-117). Cham: Springer. doi: 10.1007/978-3-319-58703-5_8.

Baltacı, Ş., & Çetin, S. (2022). The Effect of Augmented Reality on Achievement and Spatial Visualization Skills in Technical Drawing Course. *Journal of Learning and Teaching in Digital Age*, 7(2), 250-259. doi: 10.53850/joltida.1047477

Battista, M. T. (1999). Fifth Graders' Enumeration of Cubes in 3D Arrays: Conceptual Progress in an Inquiry-Based Classroom. *Journal for Research in Mathematics Education*, 30(4), 417-448. doi: 10.2307/749708

Biber, Ç., Tuna, A., & Korkmaz, S. (2013). The mistakes and the misconceptions of the eight grade students on the subject of angles. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 1(2), 50-59. doi: 10.30935/scimath/9387

Billinghurst, M., Clark, A., & Lee, G. (2015). A Survey of Augmented Reality. *Foundations and Trends® in Human-Computer Interaction*, 8(2-3), 73-272. doi: 10.1561/11000000049

- Bishop, A. J. (1980). Spatial Abilities and Mathematics Education: A Review. *Educational Studies in Mathematics*, 11(3), 257–269. Retrieved September 20, 2022 from <http://www.jstor.org/stable/3481801>
- Blüchel, M., Lehmann, J., Kellner, J., & Jansen, P. (2013). The improvement in mental rotation performance in primary school-aged children after a two-week motor-training. *An International Journal of Experimental Educational Psychology*, 33(1), 75-86. doi: 10.1080/01443410.2012.707612
- Boaler, J., Chen, L., Williams, C., & Condero, M. (2016). Seeing as Understanding: The Importance of Visual Mathematics for our Brain and Learning. *Journal of Applied & Computational Mathematics*, 5(5). doi: 10.4172/2168-9679.1000325
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32–42. doi: 10.3102/0013189X018001032
- Byer, O., Lazebnik, F., & Smeltzer, D. L. (2010). *Methods for Euclidean geometry*. Washington, DC: Mathematical Association of America.
- Buchner, J. (2022). Generative learning strategies do not diminish primary students' attitudes towards augmented reality. *Education and Information Technologies*, 27(1), 701–717. doi: 10.1007/s10639-021-10445-y
- Burton, L. J., & Fogarty, G. J. (2003). The factor structure of visual imagery and spatial abilities. *Intelligence*, 31(3), 289–318. doi: 10.1016/S0160-2896(02)00139-3
- Bütüner, S. Ö., & Filiz, M. (2017). Exploring high-achieving sixth grade students' erroneous answers and misconceptions on the angle concept. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 48(4), 533–554. doi: 10.1080/0020739X.2016.1256444

- Cai, S., Liu, E., Shen, Y., Liu, C., Li, S., & Shen, Y. (2020). Probability learning in mathematics using augmented reality: impact on student's learning gains and attitudes. *Interactive Learning Environments*, 28(5), 560-573. doi: 10.1080/10494820.2019.1696839
- Campbell, D. T., Stanley J. C. (1963). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Chicago: Rand McNally & Company. Retrieved from <https://www.jameslindlibrary.org/campbell-dt-stanley-jc-1963/>
- Campisi, C., Li, E., Jimenez, D., & Milanaik, R. (2020). Augmented Reality in Medical Education and Training: From Physicians to Patients. In V. Geroimenko (Ed.), *Augmented reality in Education* (pp. 111-138). Cham: Springer.
- Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies*. Cambridge University Press. doi: 10.1017/CBO9780511571312
- Çetin, H., & Türkan, A. (2022). The Effect of Augmented Reality based applications on achievement and attitude towards science course in distance education process. *Education and Information Technologies*, 27, 1397–1415. doi: 10.1007/s10639-021-10625-w
- Cetintav, G., & Yilmaz, R. (2023). The Effect of Augmented Reality Technology on Middle School Students' Mathematic Academic Achievement, Self-Regulated Learning Skills, and Motivation. *Journal of Educational Computing Research*, 61(7), 1483-1504. doi: [10.1177/07356331231176022](https://doi.org/10.1177/07356331231176022)
- Chatterjee, A. (2008). The Neural Organization of Spatial Thought and Language. *Seminars in Speech and Language*, 29(3), 226–238. doi: 10.1055/s-0028-1082886
- Ching, Y. H., Yang, D., Wang, S., Baek, Y., Swanson, S., & Chittoori, B. (2019). Elementary School Student Development of STEM Attitudes and Perceived Learning in a STEM

Integrated Robotics Curriculum. *TechTrends*, 63, 590–601. doi: 10.1007/s11528-019-00388-0

Clements, D. (2003). Teaching and learning geometry. In J. Kilpatrick, W. G. Martin & D. Schifter (Eds.), *A research companion to Principles and Standards for School Mathematics* (pp. 151-178). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.

Clements, K. (1981). Visual imagery and school mathematics. *For the learning of mathematics*, 2(2), 2-9. Retrieved September 20, 2022 from <https://www.jstor.org/stable/40247731>

Clements, D., & Battista, M. (1992). Geometry and Spatial Reasoning. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning: A project of the National Council of Teachers of Mathematics* (pp. 420–464). New York: Macmillan.

Cleverbooks Ireland (2017). *Augmented Reality Geometry workbook for primary school*. Torrazza Piemonte (TO), Italy: Self-Published

Colom, R., Contreras, M. J., Botella, J., & Santacreu, J. (2002). Vehicles of spatial ability. *Personality and Individual Differences*, 32(5), 903–912. doi: 10.1016/S0191-8869(01)00095-2

Conn, C., Lanier, J., Minsky, M., Fisher, S., & Druin, A. (1989). Virtual environments and interactivity: Windows to the future. *ACM SIGGRAPH Computer Graphics*, 23(5), 7–18. doi: 10.1145/77277.77278

Conrad, J., Polly, D., Binns, I., & Algozzine, B. (2018). Student Perceptions of a Summer Robotics Camp Experience. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 91(3), 131–139. doi: 10.1080/00098655.2018.1436819

Cook T. D., & Campbell D. T. (1979). *Quasi-experimentation: Design and analysis issues for field settings*. Boston, MA: Houghton Mifflin. Retrieved from

[https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkozje\)\)/reference/referencespapers.aspx?referenceid=1954051](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkozje))/reference/referencespapers.aspx?referenceid=1954051)

Crowley, M. (1987). The van Hiele Model of the Development of Geometric Thought. In M. M. Lindquist (Ed.), *Learning and Teaching Geometry, K-12. 1987 Yearbook* (pp. 1-16). Reston, Va: National Council of Teachers of Mathematics.

ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ. (2003). Διαθεματικό ενιαίο πλαίσιο προγραμμάτων σπουδών και αναλυτικά προγράμματα σπουδών υποχρεωτικής εκπαίδευσης. Αθήνα: ΥΠΕΠΘΠΙ, ΦΕΚ 304B/13-03-2003. Ανάκτηση από <http://www.pischools.gr/programs/depps/>

Δημητριάδης, Σ. (2015). *Θεωρίες Μάθησης και εκπαιδευτικό λογισμικό*. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Ανακτήθηκε 13 Ιανουαρίου 2023, από: <http://hdl.handle.net/11419/3397>

Demitriadou, E., Stavroulia, K. E., & Lanitis, A. (2020). Comparative evaluation of virtual and augmented reality for teaching mathematics in primary education. *Education and Information Technologies*, 25, 381–401. doi: [10.1007/s10639-019-09973-5](https://doi.org/10.1007/s10639-019-09973-5)

Delgado, J. M., Oyedele, L. O., Demian, P., & Beach, T. H. (2020). A research agenda for augmented and virtual reality in architecture, engineering and construction. *Advanced Engineering Informatics*, 45, 101122. doi: [10.1016/J.AEI.2020.101122](https://doi.org/10.1016/J.AEI.2020.101122)

DeSutter, D., & Stieff, M. (2017). Teaching students to think spatially through embodied actions: Design principles for learning environments in science, technology, engineering, and mathematics. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 2(1), 22. doi: [10.1186/s41235-016-0039-y](https://doi.org/10.1186/s41235-016-0039-y)

Dilling, F., & Vogler, A. (2021). Fostering Spatial Ability Through Computer-Aided Design: A Case Study. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 7(2), 323–336. doi: [10.1007/s40751-021-00084-w](https://doi.org/10.1007/s40751-021-00084-w)

- Dilling, F., & Witzke, I. (2020). The Use of 3D-Printing Technology in Calculus Education: Concept Formation Processes of the Concept of Derivative with Printed Graphs of Functions. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 6(3), 320–339. doi: 10.1007/s40751-020-00062-8
- Dobbins, A., Gagnon, J. C., & Ulrich, T. (2014). Teaching Geometry to Students With Math Difficulties Using Graduated and Peer-Mediated Instruction in a Response-to-Intervention Model. *Preventing School Failure: Alternative Education for Children and Youth*, 58(1), 17–25. doi: 10.1080/1045988X.2012.743454
- Dodge, C. (1972). *Euclidean Geometry and Transformations*. Mineola, New York: DOVER PUBLICATIONS, INC.
- D'Oliveira, T. C. (2004). Dynamic Spatial Ability: An Exploratory Analysis and a Confirmatory Study. *The International Journal of Aviation Psychology*, 14(1), 19–38. doi: 10.1207/s15327108ijap1401_2
- Duenser, A., Kaufmann, H., Steinbügl, K., & Glück, J. (2006). Virtual and Augmented Reality as Spatial Ability Training Tools. ACM International Conference Proceeding Series. 158. doi: 10.1145/1152760.1152776.
- Dunleavy, M., Dede, C. (2014). Augmented Reality Teaching and Learning. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen, & M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (pp. 735-745). New York: Springer.
- Edwards-Stewart, A., Hoyt, T., & Reger, G. (2016). Classifying different types of augmented reality technology. *Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine*, 14, 199-202.
- Eliot, J., & Smith, T.M. (1983). *An international directory of spatial tests*. Windsor, England: NFR/Nelson; and Atlantic Highlands, NJ: Humanities Press.

- Elliot, A. J., & Church, M. A. (1997). A hierarchical model of approach and avoidance achievement motivation. *Journal of Personality and Social Psychology*, 72(1), 218-232. doi: [10.1037/0022-3514.72.1.218](https://doi.org/10.1037/0022-3514.72.1.218)
- Fakih, M. (2023). Step into a New Dimension with Augmented Reality. Can Augmented Reality (AR) Replicate the Tactile Experience in a Virtual Mathematics Classroom and What Is the Impact on Engagement and Deeper Understanding? *Research in Post-Compulsory Education*, 28(2), 226-240. doi: 10.1080/13596748.2023.2206707
- Flores-Bascuñana, M., Diago, P.D., Villena-Taranilla, R., & Yáñez, D.F. (2020). On Augmented Reality for the Learning of 3D-Geometric Contents: A Preliminary Exploratory Study with 6-Grade Primary Students. *Education Sciences*, 10(1), 4. doi: [10.3390/educsci10010004](https://doi.org/10.3390/educsci10010004)
- Frick, A. (2019). Spatial transformation abilities and their relation to later mathematics performance. *Psychological Research*, 83(7), 1465–1484. doi: 10.1007/s00426-018-1008-5
- Friday Institute for Educational Innovation (2012). *Upper Elementary School STEM Student Survey*. Raleigh, NC: Author. Retrieved from https://csedresearch.org/wp-content/uploads/Instruments/STEM/PDF/MISO_S-STEM_UpperElem_09-20-12_PUBLIC.pdf
- Zhang, D., Wang, Q., Ding, Y., & Liu, J. J. (2014). Testing Accommodation Modification?: The Effects of Integrated Object Representation on Enhancing Geometry Performance in Children With and Without Geometry Difficulties. *Journal of Learning Disabilities*, 47(6), 569–583. doi: 10.1177/0022219413507602
- Gardner, H. (1983). *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*. New York: Basic Books.

- Gardner, H. (1999). *Intelligence Reframed: Multiple Intelligences for the 21st Century*. New York: Basic Books.
- Gargrish, S., Kaur, D. P., Mantri, A., Singh, G., & Sharma, B. (2021). Measuring effectiveness of augmented reality-based geometry learning assistant on memory retention abilities of the students in 3D geometry. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(6), 1811–1824. doi: [10.1002/cae.22424](https://doi.org/10.1002/cae.22424)
- Gargrish, S., Mantri, A., & Kaur, D.P. (2022). Evaluation of memory retention among students using augmented reality-based geometry learning assistant. *Education and Information Technologies*, 27, 12891–12912. doi: [10.1007/s10639-022-11147-9](https://doi.org/10.1007/s10639-022-11147-9)
- Gecu-Parmaksiz, Z. & Delialioğlu, Ö. (2020). The effect of augmented reality activities on improving preschool children’s spatial skills. *Interactive Learning Environments*, 28(7), 876-889. doi: [10.1080/10494820.2018.1546747](https://doi.org/10.1080/10494820.2018.1546747)
- George, R., Howitt C., & Oakley, G. (2020). Young children’s use of an augmented reality sandbox to enhance spatial thinking. *Children's Geographies*, 18(2), 209-221. doi: [10.1080/14733285.2019.1614533](https://doi.org/10.1080/14733285.2019.1614533)
- Gilligan, K. A., Hodgkiss, A., Thomas, M. S. C., & Farran, E. K. (2018). The developmental relations between spatial cognition and mathematics in primary school children. *Developmental Science*, 22(4), e12786. doi: [10.1111/desc.12786](https://doi.org/10.1111/desc.12786)
- González, N. (2015). How to Include Augmented Reality in Descriptive Geometry Teaching. *Procedia Computer Science*, 75. doi: [10.1016/j.procs.2015.12.245](https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.245)
- Goodchild, M. F., & Janelle, D. G. (2010). Toward critical spatial thinking in the social sciences and humanities. *GeoJournal*, 75(1), 3–13. doi: [10.1007/s10708-010-9340-3](https://doi.org/10.1007/s10708-010-9340-3)

- Guay, R. B., & McDaniel, E. D. (1977). The Relationship between Mathematics Achievement and Spatial Abilities among Elementary School Children. *Journal for Research in Mathematics Education* 8(3), 211-215. doi: 10.2307/748522
- Guilford, J. P., & Lacey, J. I. (1947). *Printed classification tests: Report no. 5*. Washington: US Government Printing Office. doi: 10.1037/14946-000
- Gün, E.T., & Atasoy, B. (2017). The Effects of Augmented Reality on Elementary School Students ' Spatial Ability and Academic Achievement. *Education and Science*, 42(191), 31-51. doi: 10.15390/EB.2017.7140
- Gutiérrez, Á. (1996). Visualization in 3-Dimensional Geometry: In Search of a Framework. *Proceedings of the 20th PME Conference*, 1, 3–19.
- Hanid, M. F. A., Said, M. N. H. M., Yahaya, N., & Abdullah, Z. (2022). Effects of augmented reality application integration with computational thinking in geometry topics. *Education and Information Technologies*, 27(7), 9485–9521. doi: [10.1007/s10639-022-10994-w](https://doi.org/10.1007/s10639-022-10994-w)
- Hespanha, S. R., Goodchild, F., & Janelle, D. G. (2009). Spatial Thinking and Technologies in the Undergraduate Social Science Classroom. *Journal of Geography in Higher Education*, 33(sup1), 17–27. doi: 10.1080/03098260903033998
- Huang, T.-C., & Lin, C.-Y. (2017). From 3D modeling to 3D printing: Development of a differentiated spatial ability teaching model. *Telematics and Informatics*, 34(2), 604–613. doi: 10.1016/j.tele.2016.10.005
- Hwang, W. Y., Nurtantyana, R., Purba, S. W. D., Hariyanti, U., & Suprpto. (2023). Augmented Reality With Authentic GeometryGo App to Help Geometry Learning and Assessments. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 16(5), 769-779. doi: 10.1109/TLT.2023.3251398.

- Ibáñez, M. B., Uriarte Portillo, A., Zatarain Cabada, R., & Barrón, M. L. (2020). Impact of augmented reality technology on academic achievement and motivation of students from public and private Mexican schools. A case study in a middle-school geometry course. *Computers & Education*, *145*, 103734. doi: 10.1016/j.compedu.2019.103734
- İbili, E., Çat, M., Resnyansky, D., Şahin, S., & Billinghamurst, M. (2020). An assessment of geometry teaching supported with augmented reality teaching materials to enhance students' 3D geometry thinking skills. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, *51*(2), 224-246. doi: [10.1080/0020739X.2019.1583382](https://doi.org/10.1080/0020739X.2019.1583382)
- İbili, E., & Şahin, S. (2015). The effect of augmented reality assisted geometry instruction on students' achievement and attitudes. *Teaching Mathematics and Computer Science*, *13*(2), 177-193. doi: 10.5485/TMCS.2015.0392
- Iwano, T. M., Pereira, D. D., & Scherer, D. (2021). Use of Augmented and 3D Visualization as a Tool to Support the Teaching of Spatial Geometry. *45th Annual Computers, Software, and Applications Conference (COMPSAC)*, 1119-1124. doi: 10.1109/COMPSAC51774.2021.00153.
- Jones, K. (2002). Issues in the teaching and learning of geometry. In L. Haggarty (Ed.), *Aspects of teaching secondary mathematics: Perspectives on practice* (pp.121-139). London: RoutledgeFalmer. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/200744703_Issues_in_the_teaching_and_learning_of_geometry
- Κάβουρας, Μ., Δάρρα, Α., Κόκλα, Μ., Κονταξάκη, Σ., Πανόπουλος, Γ., & Τομαή, Ε. (2016). Χωρική Σκέψη και η Σημασία της στην Εκπαίδευση [πανεπιστημιακές σημειώσεις]. Στο: Μ. Κάβουρας, Α. Δάρρα, Μ. Κόκλα, Σ. Κονταξάκη, Γ. Πανόπουλος, & Ε. Τομαή

(Επιμ.), *Επιστήμη Γεωγραφικής Πληροφορίας - Ολοκληρωμένη Προσέγγιση και Ειδικά Θέματα* (κεφάλαιο 5). Αθήνα: Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις.
<http://hdl.handle.net/11419/6386>

Καρκούλιας, Γ. (2014). *Η διδασκαλία της Γεωμετρίας*. (Διδακτορική διατριβή). Ανακτήθηκε από το Εθνικό Αρχείο Διδακτορικών Διατριβών (<http://hdl.handle.net/10442/hedi/41902>)

Kaur, N., Pathan, R., Khwaja, U., & Murthy, S. (2018). GeoSolvAR: Augmented Reality Based Solution for Visualizing 3D Solids. *Proceedings of the 18th International Conference on Advanced Learning Technologies*, 372-376. doi: 10.1109/ICALT.2018.00093.

Keiser, J. M. (2004). Struggles With Developing the Concept of Angle: Comparing Sixth-Grade Students' Discourse to the History of the Angle Concept. *Mathematical Thinking and Learning*, 6(3), 285–306. doi: 10.1207/s15327833mtl0603_2

Kimura, D. (1999). *Sex and cognition*. Cambridge, MA: MIT Press.

Koutromanos, G. & Jimoyiannis, A. (2023). Augmented Reality in Education: Exploring Greek Teachers' Views and Perceptions. In A. Reis, J. Barroso, P. Martins, A. Jimoyiannis, R. Y. M. Huang & R. Henriques (Eds.), *Technology and Innovation in Learning, Teaching and Education* (pp. 31-42). Cham: Springer. doi: 10.1007/978-3-031-22918-3_3

Koutromanos, G., & Mikropoulos, T. A. (2021). Mobile Augmented Reality Applications in Teaching: A Proposed Technology Acceptance Model. In D. Economou, A. Peña-Rios, A. Dengel, H. Doods, M. Mentzelopoulos, A. Klippel, K. Erenli, M. J. W. Lee, & J. Richter (Eds.), *7th International Conference of the Immersive Learning Research Network* (pp. 273-280). Eureka CA, USA: IEEE. doi: 10.23919/iLRN52045.2021.9459343

- Kul, H. H., & Berber, A. (2022). The Effects of Augmented Reality in a 7th-Grade Science Lesson on Students' Academic Achievement and Motivation. *Journal of Science Learning, 5*(2), 193-203. doi: 10.17509/jsl.v5i2.42952
- Kulczycki, S. (2012). *Non- Euclidean Geometry*. Mineola, New York: DOVER PUBLICATIONS, INC.
- Laine, T. H., Nygren, E., Dirin, A., & Suk, H.-J. (2016). Science Spots AR: A platform for science learning games with augmented reality. *Educational Technology Research and Development, 64*(3), 507–531. doi: 10.1007/s11423-015-9419-0
- Lin, H. C. K., Chen, M. C., & Chang, C. K. (2015). Assessing the effectiveness of learning solid geometry by using an augmented reality-assisted learning system. *Interactive Learning Environments, 23*(6), 799-810. doi: 10.1080/10494820.2013.817435
- Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence and Characterization of Sex Differences in Spatial Ability: A Meta-Analysis. *Child Development, 56*(6), 1479–1498. doi: 10.2307/1130467
- Lohman, D. F. (1979). *Spatial Ability: Individual Differences in Speed and Level*. (Technical Report No. 9). CA: Stanford University.
- Lord, T. R. (1985). Enchancing the visuo-spatial aptitude of students. *Journal of Research in Science Teaching, 22*(5), 395-405. doi: 10.1002/TEA.3660220503
- Lord, T., & Nicely, G. (1997). Does spatial aptitude influence science-math subject preferences of children? *Journal of Elementary Science Education, 9*(20), 67–81. doi: 10.1007/BF03173777
- Luneta, K. (2015). Understanding students' misconceptions: An analysis of final Grade 12 examination questions in geometry. *Pythagoras, 36*(1). doi: 10.4102/pythagoras.v36i1.261

- Ma, J. Y. (2017). Multi-party, Whole-Body Interactions in Mathematical Activity. *Cognition and Instruction*, 35(2), 141–164. doi: 10.1080/07370008.2017.1282485
- Maccini, P., Strickland, T., Gagnon, J. C., & Malmgren, K. (2008). Accessing the General Education Math Curriculum for Secondary Students With High-Incidence Disabilities. *Focus on Exceptional Children*, 40(8). doi: 10.17161/foec.v40i8.6833
- Maier, P. H. (1996). Spatial geometry and spatial ability—How to make solid geometry solid? In E. Cohors-Fresenborg, H. Maier, K. Reiss, G. Toerner & H. -G. Weigand (Eds.), *Selected papers from the annual conference of didactics of mathematics* (pp. 63-75). Osnabrueck.
- Mailizar., M. & Johar, R. (2021). Examining Students’ Intention to Use Augmented Reality in a Project-Based Geometry Learning Environment. *International Journal of Instruction*, 14(2), 773-790. doi: [10.29333/iji.2021.14243a](https://doi.org/10.29333/iji.2021.14243a)
- Martín-Gutiérrez, J., Saorín, J.L., Contero, M., Alcañiz, M., Pérez-López, D.C., & Ortega, M. (2010). Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students. *Computers & Graphics*, 34(1), 77-91. doi: [10.1016/j.cag.2009.11.003](https://doi.org/10.1016/j.cag.2009.11.003)
- McGee, M. (1979). Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. *Psychological Bulletin*, 86(5), 889-918.
- McNulty, K. P. (2007). *Gender Differences in Spatial Abilities: A Meta-Analysis*. (Unpublished master’s thesis). Georgia Institute Of Technology, Georgia.
- Merzdorf, H., Jaison, D., Weaver, M., Douglas, K., Linsey, J., & Hammond, T. (2022). Assessing Engineering Sketching Skills on Object Assembly Tasks. Paper presented at the 2022 ASEE Annual Conference & Exposition. Minneapolis: MN. Retrieved from <https://peer.asee.org/40791>

- Midgley, C., Maehr, M., Hruda, L., Anderman, E., Anderman, L., Freeman, K., Gheen, M., Kaplan, A., Kumar, R., Middleton, M., Nelson, J., Roeser, R., & Urdan T. (2000). *Manual for the Patterns of Adaptive Learning Scales*. University of Michigan. Retrieved from http://websites.umich.edu/~pals/PALS%202000_V13Word97.pdf
- Moè, A. (2018). Mental rotation and mathematics: Gender-stereotyped beliefs and relationships in primary school children. *Learning and Individual Differences*, *61*, 172-180. doi: 10.1016/j.lindif.2017.12.002
- Mohler, J. L. (2008). A Review of Spatial Ability Research. *Engineering Design Graphics Journal*, *72*(3), 19-30. Retrieved August 25, 2022 from <https://eric.ed.gov/?id=EJ854215>
- Mohler, J., & Miller, C. L. (2008). Improving spatial ability with mentored sketching. *Engineering Design Graphics Journal*, *72*(1), 19-27. Retrieved from <http://edgj.org/index.php/EDGJ/article/view/11>
- Moreau, D. (2012). Training spatial ability: Comment on Pietsch and Jansen (2012) and prospective research trends. *Learning and Individual Differences*, *22*(6), 882–883. doi: 10.1016/j.lindif.2012.07.006
- Muntazhimah, & Miatur, A. (2018). Cabri 3D - assisted collaborative learning to enhance junior high school students' spatial ability. *Journal of Physics: Conference Series*, *948*, 012042. doi: 10.1088/1742-6596/948/1/012042
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, VA: NCTM.
- National Research Council. (2006). *Learning to Think Spatially: GIS as a Support System in the K-12 Curriculum*. Washington, DC: The National Academies Press.

- Newcombe, N. (2010). Picture This: Increasing Math and Science Learning by Improving Spatial Thinking. *American Educator*, 34(2), 29-35. Retrieved from <https://eric.ed.gov/?id=EJ889152>
- Newcombe, N., & Shipley, T. (2015). Thinking About Spatial Thinking: New Typology, New Assessments. In J. S. Gero (Ed.), *Studying Visual and Spatial Reasoning for Design Creativity* (pp. 179-192). Dordrecht: Springer.
- Nurjanah, Latif, B., Yuliardi, R., & Tamur, M. (2020). Computer-assisted learning using the Cabri 3D for improving spatial ability and self-regulated learning. *Heliyon*, 6(11), e05536. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e05536
- Özeren, S. & Top, E. (2023). The effects of augmented reality applications on the academic achievement and motivation of secondary school students. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 11(1), 25-40. doi: 10.52380/mojet.2023.11.1.425
- Omar, M., & Farzeeha, D. (2018). Enhancing Students' Mental Rotation Skills and 3-Dimensional Development Skills using Augmented Reality Learning Environment. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 10(1), 1053-1067. doi: [10.4314/jfas.v10i1s.77](https://doi.org/10.4314/jfas.v10i1s.77)
- Orde, B. J. (1997). *Drawing as Visual-Perceptual and Spatial Ability Training*. Proceedings of Selected Research and Development Presentations at the 1997 National Convention of the Association for Educational Communications and Technology. Albuquerque: ERIC Clearinghouse. Retrieved from <https://eric.ed.gov/?id=ED409859>
- Ράπτης, Α. & Ράπτη, Α. (2014). *Μάθηση και Διδασκαλία στην Εποχή της Πληροφορίας: Ολική Προσέγγιση* (Α' Τόμ.). Αθήνα: Αυτοέκδοση.
- Quaiser-Pohl, C., Neuburger, S., Heil, M., Jansen, P., & Schmelter, A. (2014). Is the Male Advantage in Mental-Rotation Performance Task Independent? On the Usability of

Chronometric Tests and Paper-and-Pencil Tests in Children, *International Journal of Testing*, 14(2), 122-142, DOI: 10.1080/15305058.2013.860148

Pantziara, M., & Philippou, G. N. (2015). Students' motivation in the mathematics classroom. Revealing causes and consequences. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(2), 385-411. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/s10763-013-9502-0>

Papakostas, C., Troussas, C., Krouska, A., & Sgouropoulou, C. (2023). Exploring Users' Behavioral Intention to Adopt Mobile Augmented Reality in Education through an Extended Technology Acceptance Model. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 39(6), 1294-1302. doi: 10.1080/10447318.2022.2062551

Pellegrino, J. W., Alderton, D. L., & Shute, V. J. (1984). Understanding spatial ability. *Educational Psychologist*, 19(4), 239-253. doi: [10.1080/00461528409529300](https://doi.org/10.1080/00461528409529300)

Pence, H. E. (2010). Smartphones, smart objects, and augmented reality. *The Reference Librarian*, 52(1-2), 136-145. doi: 10.1080/02763877.2011.528281

Pepper, R. E., Chasteen, S. V., Pollock, S. J., & Perkins, K. K. (2012). Observations on student difficulties with mathematics in upper-division electricity and magnetism. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 8(1), 010111. doi: 10.1103/PhysRevSTPER.8.010111

Peters, M., Laeng, B., Latham, K., Jackson, M., Zaiyouna, R. and Richardson, C. (1995). A Redrawn Vandenberg & Kuse Mental Rotations Test: Different Versions and Factors that affect Performance. *Brain and Cognition*, 28, 39-58.

Phon, D. N. A. L. E., Rahman, M. H. A., Utama, N. I., Ali, M. B., Halim, N. D. A., & Kasim, S. (2019). The effect of augmented reality on spatial visualization ability of elementary

- school student. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 9(2), 624–629. doi: 10.18517/ijaseit.8.5.4971
- Piburn, M. D., Reynolds, S. J., McAuliffe, C., Leedy, D. E., Birk, J. P., & Johnson, J. K. (2005). The role of visualization in learning from computer-based images. *International Journal of Science Education*, 27(5), 513–527. doi: 10.1080/09500690412331314478
- Ping, L., & Liu, K. (2020). Using the technology acceptance model to analyze K–12 students’ behavioral intention to use augmented reality in learning. *Texas Education Review*, 8(2), 37-51. doi: [10.26153/tsw/9204](https://doi.org/10.26153/tsw/9204)
- Pittalis, M., & Christou, C. (2010). Types of reasoning in 3D geometry thinking and their relations with spatial ability. *Educational Studies in Mathematics*, 75(2), 191–212. doi: 10.1007/s10649-010-9251-8
- Pollock, S. E., & Brown, P. (1984). Individual Differences in visual imagery and spatial ability. *Intelligence*, 8(2), 93–138. doi: 10.1016/0160-2896(84)90019-9
- Porter, A. (1989). A Curriculum out of Balance: The Case of Elementary School Mathematics. *Educational Researcher*, 18(5), 9–15. doi: 10.3102/0013189X018005009
- Pujawan, I. G. N., Suryawan, I. P. P., & Prabawati, D. A. A. (2020). The Effect of Van Hiele Learning Model on Students’ Spatial Abilities. *International Journal of Instruction*, 13(3), 461–474. doi: 10.29333/iji.2020.13332a
- Pujiastuti, H., & Haryadi, R. (2023). Enhancing mathematical literacy ability through guided inquiry learning with augmented reality. *Journal of Education and E-Learning Research*, 10(1), 43–50. doi: 10.20448/jeelr.v10i1.4338
- Radu, I. (2014). Augmented reality in education: A meta-review and cross-media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), 1533–1543. doi: 10.1007/s00779-013-0747-y

- Roca-González, C., Martin-Gutierrez, J., García-Dominguez, M., & del Carmen Mato Carrodegua, M. (2017). Virtual technologies to develop visual-spatial ability in engineering students. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 13(2), 441-468. doi: [10.12973/eurasia.2017.00625a](https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00625a)
- Rossano, V., Lanzilotti, R., Cazzolla, A., & Roselli, T. (2020). Augmented Reality to Support Geometry Learning. *IEEE Access*, 8, 107772-107780. doi: 10.1109/ACCESS.2020.3000990.
- Rossi, P. H., Lipsey, M. W., & Freeman, H. E. (2004). *Evaluation: A Systematic Approach* (7th ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE. Retrieved from chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://digitallibrary.tsu.ge/book/2021/may/rideri/Rossi-Evaluation-A-systematic-approach.pdf
- Royal Society/ Joint Mathematical Council Working Group. (2001). *Teaching and learning geometry 11–19*. London: Royal Society
- Sahin, D., & Yilmaz, R. M. (2020). The effect of Augmented Reality Technology on middle school students' achievements and attitudes towards science education. *Computers & Education*, 144, 103710. doi: [10.1016/j.compedu.2019.103710](https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103710)
- Sarkar, P., Pillai, J. S., & Gupta, A. (2018). ScholAR: a collaborative learning experience for rural schools using Augmented Reality application. *Tenth International Conference on Technology for Education* (pp.8-15). Chennai: IEEE. doi: 10.1109/T4E.2018.00010.
- Schutera, S., Schnierle, M., Wu, M., Pertzelt, T., Seybold, J., Bauer, P., Teutscher, D., Raedle, M., Heß-Mohr, N., Röck, S., & Krause, M. J. (2021). On the Potential of Augmented Reality for Mathematics Teaching with the Application cleARmaths. *Education Sciences*, 11(8), 368. doi: [10.3390/educsci11080368](https://doi.org/10.3390/educsci11080368)

- Shadish, W. R., Cook, T. D., & Campbell, D. T. (2002). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Boston, MA: Houghton-Mifflin. Retrieved from <https://doi.org/10.1002/pam.10129>
- Siegler, R. S., & Ramani, G. B. (2008). Playing linear numerical board games promotes low-income children's numerical development. *Developmental Science*, *11*(5), 655-661. doi: 10.1111/j.1467-7687.2008.00714.x
- Sırakaya, M., & Alsancak Sırakaya, D. (2022). Augmented reality in STEM education: A systematic review. *Interactive Learning Environments*, *30*(8), 1556–1569. doi: 10.1080/10494820.2020.1722713
- Smith, I. M. (1964). *Spatial Ability. Its Educational and Social Significance*. London: University of London Press.
- Sökmen, Y., Sarıkaya, İ., & Nalçacı, A. (2023) The Effect of Augmented Reality Technology on Primary School Students' Achievement, Attitudes Towards the Course, Attitudes Towards Technology, and Participation in Classroom Activities. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 1-16. doi: 10.1080/10447318.2023.2204270
- Sorby, S., Veurink, N., & Streiner, S. (2018). Does spatial skills instruction improve STEM outcomes? The answer is 'yes'. *Learning and Individual Differences*, *67*, 209–222. doi: 10.1016/j.lindif.2018.09.001
- Stojšić , I., Ivkov-Džigurski, A., Maričić, O, Stanisavljević, J., Milanković Jovanov, J., & Višnić, T. (2020). Students' Attitudes toward the Application of Mobile Augmented Reality in Higher Education. *Društvena istraživanja : časopis za opća društvena pitanja*, *29*(4). doi: 10.5559/di.29.4.02
- Stringer, P. (1975). Drawing Training and Spatial Ability. *Ergonomics*, *18*(1), 101–108. doi: 10.1080/00140137508931444

- Sun, K. T., & Chen, M. H. (2020). Utilizing MAR for Remedial Teaching of Compound-Cube-Surface Area at Elementary School in Taiwan. *International Journal of Information and Communication Technology Education*, 16(2), 18-35. doi: [10.4018/IJICTE.2020040102](https://doi.org/10.4018/IJICTE.2020040102)
- Suydam, M. N. (1985). The Shape of Instruction in Geometry: Some Highlights from Research. *Mathematics Teacher: Learning and Teaching PK–12*, 78. Retrieved from <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Shape-of-Instruction-in-Geometry%3A-Some-from-Suydam/d1b557d58074757ae793f99bb42c162c63e12a75>
- Sweller, J. (1988). Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285. doi: 10.1207/s15516709cog1202_4
- Thangarajah, P. (2022). *Basic Concepts of Euclidean Geometry*. Retrieved from https://math.libretexts.org/Courses/Mount_Royal_University/MATH_1150%3AMathematical_Reasoning/4%3ABasic_Concepts_of_Euclidean_Geometry
- Taha, S., Abulibdeh, E., Zaitoun, E., Daoud, S., & Rawagah, H. G. (2022). Investigating Student Perceptions of Augmented Reality Utilizing Technology Acceptance Model (TAM). *International Arab Conference on Information Technology* (pp.1-7). Abu Dhabi, United Arab Emirates: IEEE. doi: 10.1109/ACIT57182.2022.9994196.
- Thurstone, L. L. (1938). *Primary mental abilities*. Chicago: University of Chicago Press.
- Titze, C., Jansen, P., & Heil, M. (2010a). Mental rotation performance and the effect of gender in fourth graders and adults. *European Journal of Developmental Psychology*, 7(4), 432-444. doi: 10.1080/17405620802548214
- Titze, C., Jansen, P., & Heil, M. (2010b). Mental rotation performance in fourth graders: No effects of gender beliefs (yet?). *Learning and Individual Differences*, 20(5), 459-463. doi: 10.1016/j.lindif.2010.04.003

- Tuker, C. (2018). Training Spatial Skills with Virtual Reality and Augmented Reality. In N. Lee (Ed.), *Encyclopedia of Computer Graphics and Games* (pp. 1–9). Cham: Springer.
- Yang, D., & Chittoori, B. (2022). Investigating Title I School Student STEM Attitudes and Experience in an After-school Problem-based Bridge Building Project. *Journal of STEM education*, 23 (1). Retrieved from <https://par.nsf.gov/biblio/10378280>.
- Yuliardi, R., & Rosjanuardi, R. (2021). Hypothetical Learning Trajectory in Student's Spatial Abilities to Learn Geometric Transformation. *Journal of Research and Advances in Mathematics Education*, 6(3), 174-190. doi: 10.23917/jramathedu.v6i3.13338
- Yaniawati, P., Sudirman, Mellawaty, Indrawan, R., & Mubarika, M. P. (2023). The potential of mobile augmented reality as a didactic and pedagogical source in learning geometry 3D. *Journal of Technology and Science Education*, 13(1), 4-22. doi: [10.3926/jotse.1661](https://doi.org/10.3926/jotse.1661)
- Uttal, D. H., & Cohen, C. A. (2012). Chapter Four - Spatial Thinking and STEM Education: When, Why, and How? *Psychology of Learning and Motivation*, 57, 147–181. doi: 10.1016/B978-0-12-394293-7.00004-2
- Uriarte-Portillo, A., Zatarain-Cabada, R., Barrón-Estrada, M. L., Ibáñez, M. B., & González-Barrón, L-M. (2023). Intelligent Augmented Reality for Learning Geometry. *Information*, 14(4), 245. doi: 10.3390/info14040245
- Uttal, D. H., Meadow, N. G., Hand, L. L., Lewis, A. R., Warren, C., & Newcombe, N. S. (2009). Training spatial skills: What works, for whom, and for how long. *Psychological Bulletin*, 33. Retrieved from <https://shorturl.at/esHW1>
- Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C., & Newcombe, N. S. (2013). The malleability of spatial skills: A meta-analysis of training studies. *Psychological Bulletin*, 139(2), 352–402. doi: 10.1037/a0028446

- Van Hiele-Geldof, Diana. (1984). The Didactics of Geometry in Lowest Class of the Secondary School. In D. Fuys, D. Geddes & R. Tischer (Eds.), *English Translation of Selected Writings of Dina van Hiele-Geldof and Pierre M. Van Hiele*. Brooklyn: ERIC.
- Veith, J. M., & Bitzenbauer, P. (2021). Two Challenging Concepts in Mathematics Education: Subject-Specific Thoughts on the Complex Unit and Angles. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 9(4), 244–251. doi: 10.30935/scimath/11251
- Vilkina, M.V., & Klimovets, O. V. (2020). Augmented Reality as Marketing Strategy in the Global Competition. In E. Popkova & B. Sergi (Eds.), *The 21st Century from the Positions of Modern Science: Intellectual, Digital and Innovative Aspects*. Cham: Springer. doi: [10.1007/978-3-030-32015-7_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-32015-7_7)
- Villena-Taranilla, R., Tirado-Olivares, S., Cózar-Gutiérrez, R., & González-Calero, J. A. (2022). Effects of virtual reality on learning outcomes in K-6 education: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 35, 100434. doi: 10.1016/j.edurev.2022.100434
- Vojkuvkova, I. (2012). The van Hiele Model of Geometric Thinking. *21st Annual Conference of Doctoral Students* (pp.72–75). Praha: Matfyzpress.
- Χαλκιάς, Μ., Λάλου, Π., & Μανωλέσου, Α. (2015). *Μεθοδολογία έρευνας και εισαγωγή στη Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων με το IBM SPSS STATISTICS* [Εργαστηριακός Οδηγός]. Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις. Ανακτήθηκε από <https://hdl.handle.net/11419/5075>
- Χαλκιά, Κ. (2014). Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες. Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις (Τόμ. β). Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη.
- Χριστοδούλου, Α. (2020). *Στόχοι Επίτευξης, Αυτο-αποτελεσματικότητα, Ενδιαφέρον και Πρόβλεψη της Επίδοσης των Μαθητών στα Μαθηματικά: Συγκριτική Ανάλυση σε*

Κύπριους Μαθητές και Μαθητές με Μεταναστευτική Βιογραφία (Διδακτορική διατριβή). Ανακτήθηκε από το HERHAESTUS, Αποθετήριο του Πανεπιστημίου Νεάπολης Πάφου (<http://hdl.handle.net/11728/12034>)

Weng, C., Puspitasari, D., Tran, K. N., Feng, P. J., Awuor, N. O., & Matere, I. M. (2021). The effect of using theodolite 3D AR in teaching measurement error on learning outcomes and satisfaction of civil engineering students with different spatial ability. *Interactive Learning Environments*, 1-15. doi: [10.1080/10494820.2021.1898989](https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1898989)

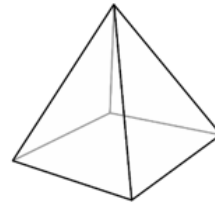
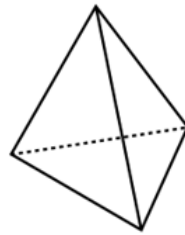
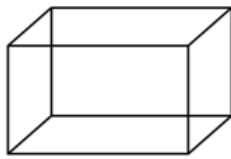
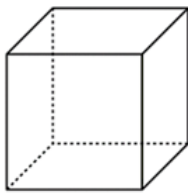
Winn, W. (1993). A Conceptual Basis for Educational Applications of Virtual Reality. *Human Interface Technology Laboratory*. Retrieved from <https://www.hitl.washington.edu/projects/education/winn/winn-paper.html>

Παράρτημα 1

Ερωτηματολόγιο

Απάντησε τις παρακάτω ερωτήσεις, με βάση όσα γνωρίζεις για τα γεωμετρικά στερεά.

1. Ονομάτισε τα παρακάτω γεωμετρικά στερεά:



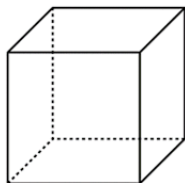
2. Αναφέρω τα 3 βασικά χαρακτηριστικά των γεωμετρικών στερεών:

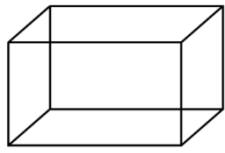
A. _____

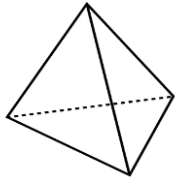
B. _____

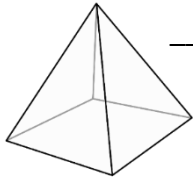
Γ. _____

3. Περιέγραψε από τι αποτελείται το κάθε γεωμετρικό στερεό:

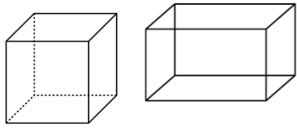
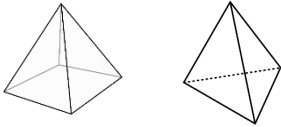













4. Εντόπισέ μου τις ομοιότητες και τις διαφορές ανάμεσα στα παρακάτω γεωμετρικά στερεά:






ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ	ΟΜΟΙΟΤΗΤΕΣ	ΔΙΑΦΟΡΕΣ
		
		

Παράρτημα 2






Κυκλώνω από το 1 έως το 5 με βάση αυτό που σκέφτομαι πως είναι αλήθεια για μένα

				
Διαφωνώ απόλυτα	Διαφωνώ	Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ	Συμφωνώ	Συμφωνώ απόλυτα






1. Η Γεωμετρία είναι το αγαπημένο μου μάθημα.

				
1	2	3	4	5






2. Όταν μεγαλώσω, ίσως διαλέξω ένα επάγγελμα που να έχει σχέση με τη Γεωμετρία.

				
1	2	3	4	5






3. Η Γεωμετρία μου φαίνεται εύκολη.

				
1	2	3	4	5






4. Είμαι ένας μαθητής/μία μαθήτρια που τα πηγαίνει καλά στη Γεωμετρία.

				
1	2	3	4	5






5. Η Γεωμετρία είναι ένα από τα μαθήματα που μπορώ να καταλάβω εύκολα.

				
1	2	3	4	5






6. Στο μέλλον θα μπορώ να κάνω όλο και πιο δύσκολες ασκήσεις στη Γεωμετρία.

				
1	2	3	4	5

7. Μπορώ να πάρω καλούς βαθμούς στη Γεωμετρία.

				
1	2	3	4	5






8. Είμαι καλός/ή στη Γεωμετρία.

				
1	2	3	4	5






Παράρτημα 3

Κυκλώνω από το 1 έως το 5 με βάση αυτό που σκέφτομαι πως είναι αλήθεια για μένα






1. Είναι σημαντικό για μένα να μάθω φέτος πολλά νέα πράγματα στη Γεωμετρία.

				
1	2	3	4	5






2. Είναι σημαντικό για μένα να πιστεύουν οι συμμαθητές/τριες μου ότι είμαι καλός/η στη Γεωμετρία.

				
1	2	3	4	5






3. Είναι σημαντικό για μένα να δείχνω πως η Γεωμετρία μου είναι εύκολη.

				
1	2	3	4	5






4. Είμαι σίγουρος/η ότι μπορώ να μάθω τέλεια όσα διδάσκονται στη Γεωμετρία φέτος.

				
1	2	3	4	5

5. Συχνά σκέφτομαι τι θα συμβεί αν δεν τα πάω καλά στη Γεωμετρία.

				
1	2	3	4	5

6. Θέλω να μάθω όσα περισσότερα μπορώ στο μάθημα της Γεωμετρίας.






				
1	2	3	4	5

7. Θέλω να δείχνω στους/στις συμμαθητές/τριες μου ότι είμαι καλός/η στη Γεωμετρία.






				
---	---	---	--	---

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---






8. Θέλω να πιστεύουν οι συμμαθητές/τριες μου πως η Γεωμετρία μου είναι εύκολη.

				
1	2	3	4	5

9. Είμαι σίγουρος/η ότι γνωρίζω πώς να κάνω τις περισσότερες δύσκολες ασκήσεις στη Γεωμετρία.

				
1	2	3	4	5

10. Ανησυχώ στη σκέψη ότι μπορεί να πάρω κακό βαθμό στη Γεωμετρία.






				
1	2	3	4	5

11. Στόχος μου φέτος είναι να γίνω καλός/η στη Γεωμετρία.






				
---	---	---	--	---

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---






12. Στόχος μου είναι να δείχνω στην τάξη πως η Γεωμετρία είναι εύκολη για μένα.

				
1	2	3	4	5






13. Είναι σημαντικό για μένα να πιστεύει η δασκάλα ότι γνωρίζω όσα και οι συμμαθητές/τριες μου στη Γεωμετρία.

				
1	2	3	4	5






14. Μπορώ να ολοκληρώσω όλες τις ασκήσεις της Γεωμετρίας αν δεν τα παρατήσω.

				
1	2	3	4	5






15. Ο φόβος μου μήπως δεν τα πάω καλά στη Γεωμετρία είναι που με κάνει να θέλω να προσπαθήσω περισσότερο.

				
1	2	3	4	5






16. Είναι σημαντικό για μένα να καταλάβω πολύ καλά όσα μαθαίνουμε στη Γεωμετρία.

				
1	2	3	4	5






17. Θέλω να δείχνω ότι είμαι από τους καλύτερους στην τάξη μου στη Γεωμετρία.

				
1	2	3	4	5






18. Θέλω να φανεί στην τάξη πως μου είναι εύκολες οι ασκήσεις στη Γεωμετρία.

				
1	2	3	4	5






19. Μπορώ να μάθω ό,τι κάνουμε στη Γεωμετρία, ακόμα κι αν είναι δύσκολο.

				
1	2	3	4	5






20. Προσπαθώ να αποφύγω να τα πάω άσχημα στη Γεωμετρία.

				
1	2	3	4	5






21. Είναι σημαντικό για μένα να γίνω καλύτερος/η στη Γεωμετρία φέτος.

				
1	2	3	4	5






22. Είναι σημαντικό για μένα να δείχνω στην τάξη πως είμαι πολύ καλός στη Γεωμετρία.

				
1	2	3	4	5

23. Μπορώ να κάνω ακόμα και την πιο δύσκολη άσκηση στη Γεωμετρία αν προσπαθήσω.

				
1	2	3	4	5

24. Θα ήθελα να μην παίρναμε βαθμούς στη Γεωμετρία.






				
1	2	3	4	5

Παράρτημα 4

Πόσο συχνά χρησιμοποιείς τις ακόλουθες συσκευές.






	Καθόλου	Πολύ σπάνια	1-2 φορές την εβδομάδα	Πολλές φορές την εβδομάδα	Κάθε μέρα
Κινητό τηλέφωνο	1	2	3	4	5
Ταμπλέτα (tablet)	1	2	3	4	5

1.Επιθυμία χρήσης






					
Θέλω να χρησιμοποιώ εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας στα μαθήματά μου.	1	2	3	4	5
Με ενθουσιάζει να χρησιμοποιώ εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας στα μαθήματά μου.	1	2	3	4	5
Θέλω στο μέλλον να χρησιμοποιώ εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας.	1	2	3	4	5

--	--	--	--	--	--

2. Στάση

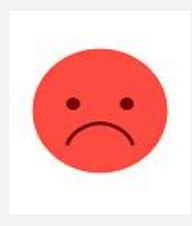
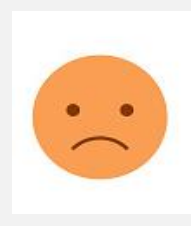



					
Μου αρέσει να χρησιμοποιώ εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας στα μαθήματά μου.	1	2	3	4	5
Με ενθουσιάζει η χρήση εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας στα μαθήματά μου.	1	2	3	4	5
Μου αρέσει περισσότερο το μάθημα όταν χρησιμοποιούμε εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας.	1	2	3	4	5

3. Διασκέδαση

					
Είναι συναρπαστικό το	1	2	3	4	5

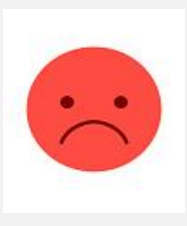
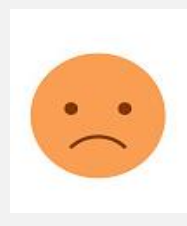



να γίνονται τα μαθήματα με εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας.					
Είναι διασκεδαστικό το να γίνονται τα μαθήματα με εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας.	1	2	3	4	5
Είναι ενδιαφέρον το να γίνονται τα μαθήματα με εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας.	1	2	3	4	5
Απολαμβάνω να γίνονται τα μαθήματα με εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας.	1	2	3	4	5

4. Χρήση

					
Η εφαρμογή Arete Geometry App είναι εύκολη στη χρήση.	1	2	3	4	5
Το να μάθω να χρησιμοποιώ την εφαρμογή Arete Geometry App	1	2	3	4	5

είναι εύκολο για μένα.					
Είναι εύκολο για μένα να θυμάμαι πώς να χρησιμοποιώ την εφαρμογή Arete Geometry App.	1	2	3	4	5

5. Χρησιμότητα

					
Η Arete Geometry App κάνει το μάθημα πιο ενδιαφέρον.	1	2	3	4	5
Η εφαρμογή Arete Geometry App είναι χρήσιμη για τα μαθήματά μου.	1	2	3	4	5
Η εφαρμογή Arete Geometry App θα με βοηθήσει να καταλάβω το μάθημα καλύτερα.	1	2	3	4	5
Η εφαρμογή Arete Geometry App θα βοηθήσει να μαθαίνω πιο εύκολα το μάθημα.	1	2	3	4	5

Σχόλια

Γράψε δύο (ή παραπάνω) πράγματα που σου άρεσαν με την εφαρμογή «Arete Geometry App»:

.....
.....
.....

Γράψε δύο πράγματα (αν υπάρχουν) που δεν σου άρεσαν με την εφαρμογή «Arete Geometry App»:

.....
.....
.....

Γράψε κάτι που έμαθες με την εφαρμογή «Arete Geometry App» και σου έκανε εντύπωση:

.....
.....
.....

Γράψε πώς ένιωσες όταν τελείωσε το μάθημα με την εφαρμογή «Arete Geometry App» (ήθελες να τελειώσει ή όχι):

.....
.....

Γράψε αν θα ήθελες να χρησιμοποιήσεις ξανά εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας στο σχολείο σου κι αν ναι σε ποιο μάθημα:

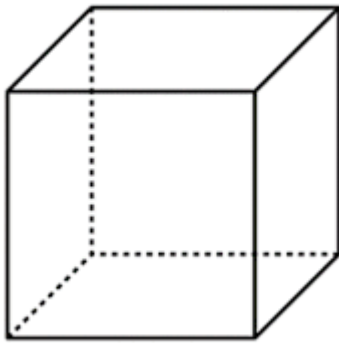
.....
.....

Παράρτημα 5

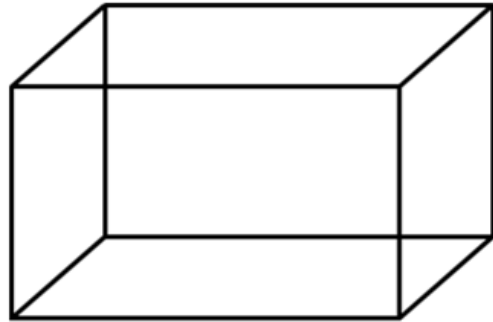
Φύλλο Εργασίας 1

Χρωμάτισε με πράσινο τις ακμές, με κόκκινο τις κορυφές και με κίτρινο μία από τις έδρες των παρακάτω γεωμετρικών στερεών

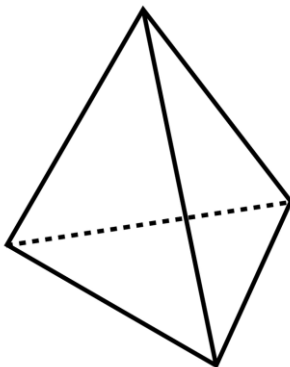
Κύβος



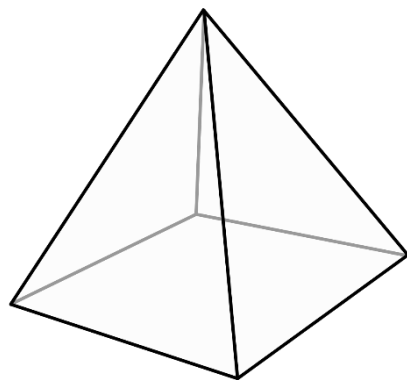
Ορθογώνιο Παραλληλεπίπεδο



Τριγωνική Πυραμίδα



Τετραγωνική Πυραμίδα

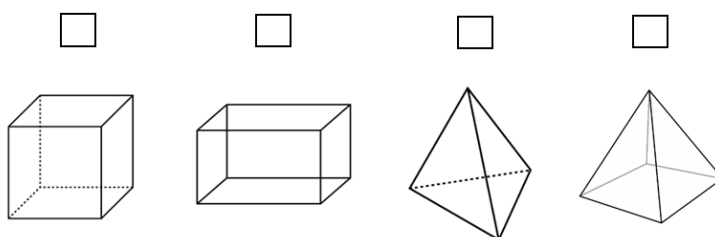


Παράρτημα 6

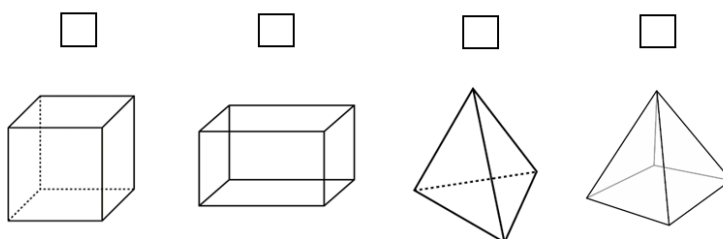
Φύλλο Εργασίας 2

Τα παιδιά παρακάτω περιγράφουν τα γεωμετρικά στερεά. Βάζω ✓ σε αυτά που ταιριάζουν με την περιγραφή

Έχει 6 έδρες και 8 κορυφές.



Έχει 5 έδρες, 5 κορυφές και 8 ακμές.



Όλες οι έδρες του είναι τρίγωνα.

