

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ & ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΝΗΠΙΑΓΩΓΩΝ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«Δημόσιος Λόγος και Ψηφιακά Μέσα»



Διπλωματική εργασία

«Επαυξημένη πραγματικότητα στην εκπαιδευτική διαδικασία. Μελέτες περίπτωσης και δημιουργία πιλοτικής εφαρμογής»

του

Σκοτίδα Σωτήριου 01113

Επιβλέπων: Κλεφτοδήμος Αλέξανδρος, Επίκουρος Καθηγητής

Εξεταστές:

Λάμπας Γεώργιος,

Γιαννακοπούλου Αναστασία

Κοζάνη, Φεβρουάριος 2021

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε κάποιους ανθρώπους, που με την βοήθεια και συμπαράστασή τους συνέβαλαν καθοριστικά στην εκπόνηση αυτής της εργασίας.

Αρχικά πρέπει να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Αλέξανδρο Κλεφτοδήμο, ο οποίος κατά τη διάρκεια των μαθημάτων και μέσα από τις συζητήσεις μας, εμπλούτισε τα ενδιαφέροντα και τις γνώσεις μου για τις Ν.Τ., ενώ με τις επισημάνσεις και κατευθυντήριες παρεμβάσεις του στην διάρκεια της εργασίας εκπλήρωσε υποδειγματικά τον καθοδηγητικό του ρόλο.

Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, τον καθηγητή κ. Γεώργιο Λάπα και την κ. Γιαννακοπούλου Αναστασία, για την εύστοχη και ουσιώδη ανατροφοδότηση που μου παρείχαν.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες στην σύζυγό μου και στην κόρη μου Μαρίζα που επέδειξαν κατανόηση και με στήριξαν με κάθε τρόπο στη διάρκεια των σπουδών, σε μια δύσκολη για μένα χρονική περίοδο. Ένα όμορφο ταξίδι έφτασε στο τέλος του.

Copyright © Σωτήριος Σκοτίδας, 2021.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και μόνο.

Όνοματεπώνυμο: Σωτήριος Σκοτίδας

A.E.M.: 1113

Ηλεκτρονική διεύθυνση: mskotidas@sch.gr

Έτος εισαγωγής: 2019

Κατεύθυνση:

Τίτλος διπλωματικής εργασίας: «Επαυξημένη πραγματικότητα στην εκπαιδευτική διαδικασία. Μελέτες περίπτωσης και δημιουργία πιλοτικής εφαρμογής»

Δηλώνω υπεύθυνα ότι η παρούσα εργασία δεν αποτελεί προϊόν λογοκλοπής, είναι προϊόν αυστηρά προσωπικής εργασίας, η βιβλιογραφία και οι πηγές που έχω χρησιμοποιήσει, έχουν δηλωθεί κατάλληλα με παραπομπές και αναφορές. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο ή/και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Επισημαίνεται πως η συγκεκριμένη επιλογή βοηθά στον περιορισμό της λογοκλοπής διασφαλίζοντας έτσι το/τη συγγραφέα

Ημερομηνία 28 -02 - 2021

Ο δηλών

Σωτήριος Σκοτίδας

Περιεχόμενα	
Κατάλογος Εικόνων.....	7
Περίληψη	11
Abstract.....	12
Εισαγωγή.....	13
1.1 Θεματικό επίκεντρο	13
1.2 Σκοπός και προσδοκώμενα αποτελέσματα της εργασίας	16
1.3 Ερευνητικά Ερωτήματα και Μεθοδολογία	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο	20
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ.....	20
1.1 Ορισμοί.....	20
1.2 Οι Τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται	21
1.3 Κατηγορίες Επαυξημένης Πραγματικότητας.....	23
1.4 Συστήματα Επαυξημένης Πραγματικότητας	24
1.5 Λειτουργία Βασικού Συστήματος Επαυξημένης Πραγματικότητας.....	27
1.6 Τεχνολογίες για την ανάπτυξη A.R.....	28
1.6.1. ARToolkit.....	29
1.6.2 ARCore.....	29
1.7 Τεχνολογίες για εξοπλισμό A.R.....	32
1.7.1 Microsoft Hololens 2	32
1.7.2 Magic leap	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο	38
Εφαρμογές Επαυξημένης Πραγματικότητας	38
2.1 Γενικά.....	38
2.2 Εφαρμογές A.R. στον Στρατό	39
2.3. Εφαρμογές AR στα Ηλεκτρονικά Παιχνίδια.....	41
2.4. Εφαρμογές AR στον ταξιδιωτικό τομέα	44
2.5. Εφαρμογές AR στην Ιατρική	45
2.6. Εφαρμογές A.R. σε Media – Διαφήμιση.....	46
2.7. Εφαρμογές AR σε Μουσεία και Πολιτιστικούς Χώρους.....	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο A.R .και Εκπαίδευση	53
3.1 Εκπαιδευτική Αξία της χρήσης Εφαρμογών AR	53
3.2 Δυσκολίες και μειονεκτήματα της χρήσης Ε.Π. στην εκπαίδευση	56
3.3 Βιβλιογραφική αναφορά ερευνών σχετικά με τη χρήση AR στην εκπαίδευση.....	57

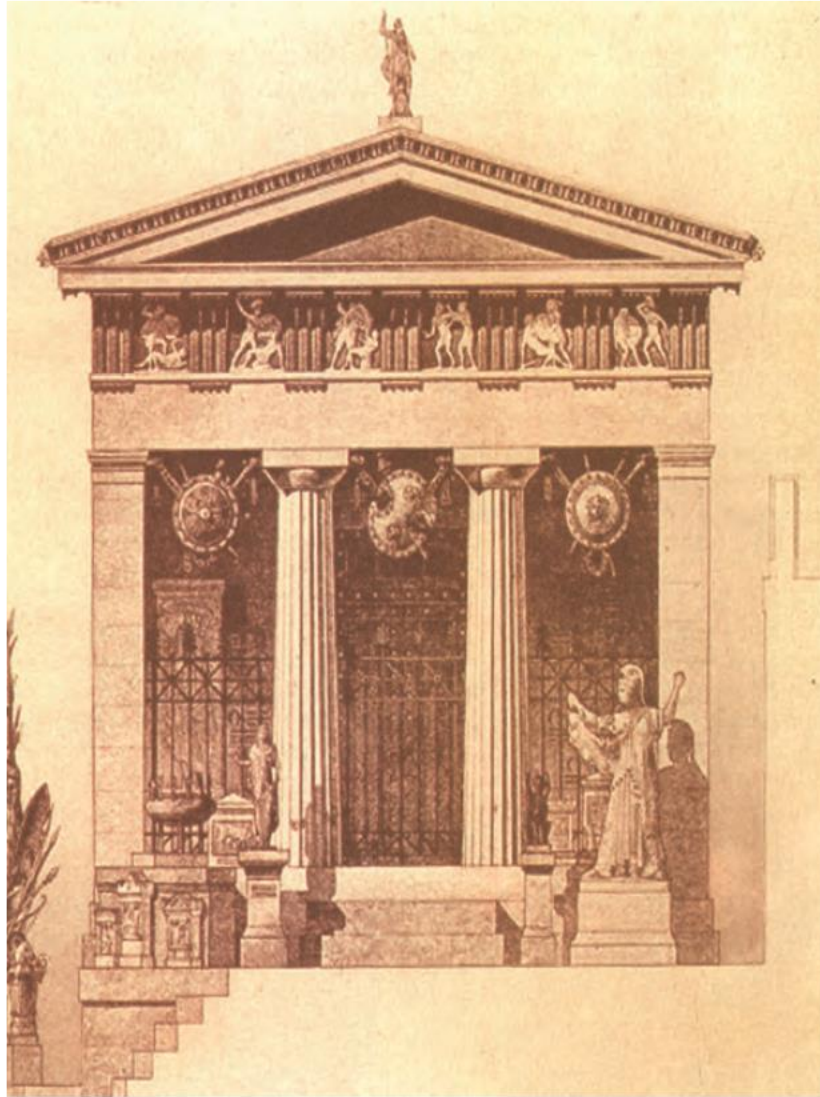
3.4. Βιβλία Επαυξημένης Πραγματικότητας.....	60
3.5 AR στο Ελληνικό Εκπαιδευτικό Σύστημα	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο	66
AR και Μαθηματικά	66
4.1 Λογισμικά μαθηματικών με δυνατότητα AR.....	66
4.2 Χρήση AR στη διδασκαλία των Μαθηματικών	68
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο	82
Επαύξηση της Γεωμετρίας Α΄ Λυκείου μέσω Blippar	82
5.1 Πλατφόρμες AR	82
5.2 Διαδικασία επαύξησης σχολικού βιβλίου	85
5.2.1 Πρόσθεση σκηνών (scenes) για τον ίδιο δείκτη	88
5.3 Θεωρήματα, Πορίσματα και Ασκήσεις του σχολικού βιβλίου Γεωμετρίας Α΄ Λυκείου με επαύξηση.....	91
5.3.1 Πίνακας επαυξήσεων.....	93
5.3.2 Κατάλογος εικόνων – δεικτών και σχολιασμός των επαυξήσεων	95
5.4 Συμπεράσματα – Συζήτηση.....	104
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	110
Ελληνική	110
Ξενόγλωσση	111
Διαδικτυακές Πηγές	117
Παράρτημα – Επαυξήσεις.....	118

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Η συσχέτιση της πραγματικότητας-εικονικότητας	Σελ.20
Εικόνα 2: Το βραχιόλι Cigaret είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα projection-based AR.....	σελ. 24
Εικόνα 3: Λειτουργία ενός απλού συστήματος A.R.	σελ. 27
Εικόνα 4: Στιγμιότυπο από μια εφαρμογή, με επεξήγηση των παραπάνω εννοιών.....	σελ. 31
Εικόνα 5: Τα έξυπνα γυαλιά Hololens 2.	σελ. 32
Εικόνα 6: Πεδίο αλληλεπίδρασης, Hololens	σελ. 33
Εικόνα 7: Αναγνώριση χειρονομιών στα Hololens	σελ. 34
Εικόνα 8: Bloom: έναρξη, κλείσιμο εφαρμογής	σελ. 35
Εικόνα 9: Magic Leap	σελ. 35
Εικόνα 10: Τα Lightwears χρησιμοποιούν 9 διαφορετικούς αισθητήρες	σελ. 36
Εικόνα 11: Lightwear, Lightpack and Control	σελ. 36
Εικόνα 12: : Hand Tracking system	σελ. 37
Εικόνα 13: Παράδειγμα Head-Up Display	σελ.39
Εικόνα 14: Tactical Augmented	σελ. 40
Εικόνα 15: Συνθετικό Εκπαιδευτικό Περιβάλλον του Στρατού των ΗΠΑ	σελ. 41
Εικόνα 16: Το critter	σελ. 42
Εικόνα 17: PulzAR	σελ. 43
Εικόνα 18: Google Translate	σελ. 43
Εικόνα 19: Η εφαρμογή thinkAR στον τουρισμό	σελ. 44
Εικόνα 20: AR στην Ιατρική	σελ. 46
Εικόνα 21: Εφαρμογή AR από την IKEA	σελ. 48
Εικόνα 22: Η Nokia φέρνει την AR στην αγορά εργασίας με το Jobens	σελ.49
Εικόνα 23: AR στο Μουσείο της Ακρόπολης	σελ. 50
Εικόνα 24: Χρήση της AR εφαρμογής LOUPE	σελ.51

Εικόνα 25: Story of the Forest.σελ.	52
Εικόνα 26: Επαύξηση εικόνας σε βιβλίο Γεωγραφίας μέσω εφαρμογής κινητού.σελ.	61
Εικόνα 27: Επαύξηση σελίδας βιβλίου Πληροφορικής Α΄ Γυμνασίου με εικόνα.σελ.	61
Εικόνα 28: Ανασυγκρότηση, μέσω GeoGebra, των ερειπίων μεσαιωνικής γέφυρας.....σελ.	68
Εικόνα 29: Η εφαρμογή σχεδίασης pARabola.σελ.	69
Εικόνα 30: Προσομοίωσης συστήματος συντεταγμένων για τη δημιουργία της pARabola.σελ.	70
Εικόνα 31: Geo+, το μενού για την επιλογή των στερεών.σελ.	71
Εικόνα 32: Χρήση της εφαρμογής Geo+ από τους μαθητές.σελ.	71
Εικόνα 33: Geo+, η οπτικοποίηση της πυραμίδας με τις διαθέσιμες λειτουργίες.σελ.	72
Εικόνα 34: Augmented Polyhedra, εμφάνιση στερεών σχημάτων.σελ.	73
Εικόνα 35: Τομές εικονικού επιπέδου με κώνο.σελ.	74
Εικόνα 36: Ορισμός παραβολής.σελ.	75
Εικόνα 37: Vektor AR3 app, ορισμός συστήματος συντεταγμένων.σελ.	77
Εικόνα 38: Vektor AR3 app , δημιουργία της επιφάνειας.σελ.	78
Εικόνα 39: Χρήση της Geogebra AR για την εναπόθεση στερεών σχημάτων στο φυσικό χώρο.σελ.	79
Εικόνα 40: Πυραμίδα Sierpinski.σελ.	80
Εικόνα 41: Χρήση AR Geogebra για μέτρηση μεγεθών.σελ.	80
Εικόνα 42: Κεντρική σελίδα της πλατφόρμας ARTutor.σελ.	84
Εικόνα 43: Ενδεικτικός κατάλογος βιβλίων Ε.Π. στην πλατφόρμα ARTutor.σελ.	84
Εικόνα 44: Βlirpar, επιλογή δημιουργίας App εφαρμογής AR.σελ.	86
Εικόνα 45: Η επιλογή Scratch.σελ.	87
Εικόνα 46: Ανέβασμα εικόνας-δείκτη.σελ.	87

Εικόνα 47: Ανέβασμα του αρχείου της επαύξησης πάνω στην εικόνα-δείκτη.σελ.87	σελ.87
Εικόνα 48: Επαύξηση εικόνας με video.σελ. 88	σελ. 88
Εικόνα 49: Κωδικός Blipp.σελ. 89	σελ. 89
Εικόνα 50: Ρυθμίσεις στην συσκευή για την εμφάνιση Blipp.σελ. 89	σελ. 89
Εικόνα 51: Σκανάρισμα εικόνας με το BlippAR.σελ. 90	σελ. 90
Εικόνα 52: Εμφάνιση Επαύξησης.σελ. 91	σελ. 91
Εικόνα 53: My Blipps.σελ. 94	σελ. 94
Εικόνα 54: Επαύξηση για το άθροισμα γωνιών τριγώνου με Geometer's Sketchpad.σελ. 104	σελ. 104



Χρησιμοποιήστε την εφαρμογή Blippar app για να εμφανίσετε
επαυξημένο περιεχόμενο στην παραπάνω εικόνα.
(Κωδικός 1747250)

Περίληψη

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) αποτελεί μια σύγχρονη τεχνολογική καινοτομία, η οποία χρησιμοποιώντας ένα υπάρχον φυσικό περιβάλλον - αντικείμενο, προσθέτει ψηφιακές πληροφορίες πάνω σε αυτό. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση στη χρήση των έξυπνων κινητών τηλεφώνων (smartphones) και των tablets στην μαθησιακή διαδικασία, τηρώντας πάντα βασικούς παιδαγωγικούς όρους. Συνιστώσα αυτής της χρήσης είναι οι AR εφαρμογές στην καθημερινή διδακτική πρακτική, οι οποίες δίνουν τη δυνατότητα αξιοποίησης της τεχνολογίας προς όφελος της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Μέσω των AR εφαρμογών, αναβαθμίζεται η διδακτική φαρέτρα των εκπαιδευτικών και ενισχύεται το ενδιαφέρον των μαθητών – φοιτητών. Η παρούσα εργασία διερευνά το συγκεκριμένο πεδίο σε θεωρητικό και πρακτικό επίπεδο με την δημιουργία επαυξήσεων σε γεωμετρικές έννοιες.

Συγκεκριμένα, επιχειρείται αρχικά η περιγραφή των κατηγοριών AR και χαρτογραφείται το πεδίο εφαρμογών της AR, πρώτα σε διάφορους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας και στη συνέχεια της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Μέσω βιβλιογραφικής ανασκόπησης, γίνεται προσπάθεια τεκμηρίωσης της βελτίωσης των στάσεων των μαθητών για τα γνωστικά αντικείμενα με την προστιθέμενη αξία της AR. Παρουσιάζονται ενδεικτικές διδακτικές προσεγγίσεις στις εκπαιδευτικές βαθμίδες, με την χρήση AR εφαρμογών, οι οποίες εμπίπτουν στην κonstrουκτιβιστική θεωρία μάθησης. Παράλληλα, πραγματοποιείται επαύξηση, η οποία αφορά επιλεγμένες ενότητες από τα Κεφάλαια 3 και 4 του σχολικού βιβλίου της Ευκλείδειας Γεωμετρίας της Α΄ Τάξης Λυκείου. Ο στόχος ήταν η διαδραστική αναπαράσταση ορισμένων Γεωμετρικών Θεωρημάτων και Δραστηριοτήτων, κατά τρόπο που συμβάλει σε μια ποιοτικότερη παρουσίαση και κατανόηση των εννοιών και των αποδείξεων, αναδεικνύοντας την τεράστια δυναμική που διαθέτουν τα γεωμετρικά σχήματα.

Λέξεις Κλειδιά

Επαυξημένη Πραγματικότητα, Εκπαίδευση, Γεωμετρία, Λογισμικό

Abstract

Augmented Reality (AR) is a modern technological innovation, which adds digital information on a natural environment or object. In recent years there has been a gradual increase in the use of smartphones and tablets in the learning process, always adhering to basic pedagogical terms. AR applications are used in daily learning practice, utilizing technology for the benefit of the educational process. By using AR applications, the educational resources that teachers possess are upgraded and the students' interest is reinforced. The present dissertation investigates the field of AR in education in both theoretical and practical level with the creation of an Augmented Reality application for teaching geometrical concepts.

In the beginning of this dissertation an attempt is made to define AR categories and then AR applications are mapped, firstly in various sectors of human activity and then in sectors of the educational process. Through a literature review, an attempt is made to document the improvement of students' attitudes towards the cognitive subjects with the added value of AR. Indicative didactic approaches are presented in the educational levels, using AR applications, which fall into the constructivist theory of learning. At the same time, augmentations are created for selected lessons from Chapters 3 and 4 of the school book of Euclidian Geometry in the 10th Grade. The aim of this task was the interactive representation of certain Geometric Theorems and Activities, in a way that contributes to a better presentation and understanding of the concepts and proofs, highlighting the enormous dynamics of geometric shapes.

Keywords

Augmented Reality, Education, Geometry, Software

Εισαγωγή

1.1 Θεματικό επίκεντρο

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality) σχετίζεται με τη δυνατότητα εναπόθεσης «εμπλουτισμένων» πληροφοριών πάνω στον πραγματικό κόσμο και στην προβολή αυτών, μέσω συσκευών με δυνατότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο, όπως τα κινητά τηλέφωνα. Έτσι, αυτές οι πρόσθετες πληροφορίες διατίθενται στους εκπαιδευόμενους σε χρονική στιγμή και τοποθεσία που θα επιλεγούν. Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (A.R.)¹ συμβάλει στην αύξηση του επιπέδου ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών γενικά αλλά και της παρεχόμενης εκπαίδευσης ειδικότερα. Εφαρμογές της A.R. αξιοποιούνται σε ποικίλες εκφάνσεις της ανθρώπινης δραστηριότητας, όπως στην αρχιτεκτονική (τριδιάστατη αναπαράσταση στα κτίρια), στις κατασκευές (Instructional Tools), στην αεροπλοΐα, στη Γεωγραφία, σε μουσεία, καθώς και στην εκπαίδευση. Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί πλατφόρμες (ενδεικτικά η Vuforia) για τη δημιουργία εφαρμογών Επαυξημένης Πραγματικότητας προσαρμοσμένων σε Android και IOS των λεγόμενων έξυπνων κινητών συσκευών.

Οι εφαρμογές της Επαυξημένης Πραγματικότητας υλοποιούνται με επιτυχία σε διάφορους τομείς, όπως η εικαστική τέχνη, η αρχιτεκτονική (Soria & Roth, 2018), το ηλεκτρονικό εμπόριο (Yim, Chu & Sauer, 2017). Η αισθητή παρουσία της σε διάφορους τομείς στηρίζεται και στο ότι η AR βασίζεται σε κινητές συσκευές, που είναι ήδη διαθέσιμες στους περισσότερους χρήστες, και δεν απαιτεί κάποιο συγκεκριμένο υλικό ή λογισμικό για να λειτουργήσει. Αυτό είναι ένα σημαντικό πλεονέκτημα που κάνει την A.R. περισσότερο χρησιμοποιούμενη από την Εικονική πραγματικότητα (V.R.). Η επιτυχημένη εισαγωγή τους σε πολλά επιστημονικά και μη επιμέρους πεδία τροφοδότησε το ενδιαφέρον για τη διερεύνηση της σημασίας των νέων δυνατοτήτων που προσφέρει στον νευραλγικό τομέα της εκπαίδευσης.

Είναι αναμφίβολο πως με την πάροδο του χρόνου, η τεχνολογία γίνεται σταδιακά απαραίτητο εργαλείο της μάθησης, προσφέροντας στη μαθησιακή διαδικασία τρόπους

¹ Στο εξής θα χρησιμοποιείται και η συντομογραφία A.R. για τον όρο Επαυξημένη Πραγματικότητα

ώστε να γίνεται πιο ελκυστική και παρακινητική. Το δεδομένο αυτό απηχεί τη βασισμένη στο παιχνίδι και την προσωπική κατασκευή της γνώσης που θεμελιώθηκε από τον Piaget. Ο κονστρουκτιβισμός ισχυρίζεται ότι η γνώση μπορεί να αποκτηθεί αποτελεσματικά μέσω γνήσιων εμπειριών, άρα η γνώση απαιτείται να παρέχεται στον μαθητή διά μέσω ενός ρεαλιστικού πλαισίου. Υπό την έννοια αυτή, τα τελευταία χρόνια, η έρευνα επικεντρώθηκε στην Επαυξημένη Πραγματικότητα ως πολλά υποσχόμενη τεχνολογική προσέγγιση στο πλαίσιο του κονστρουκτιβισμού. (Akçayır & Akçayır, 2017). Από παιδαγωγική άποψη, η Επαυξημένη Πραγματικότητα επιτρέπει την εφαρμογή της θεωρίας της πλαισιωμένης μάθησης, που ισχυρίζεται ότι η γνώση κατακτάται πιο αποτελεσματικά, όταν συμβαίνει σε ένα φυσικό περιβάλλον.

Η A.R. επιτρέπει πράγματι τη δημιουργία εμπειριών αλληλεπίδρασης, που ενισχύονται από την αλληλοεπικάλυψη πληροφοριών μεταξύ εικονικών και πραγματικών αντικειμένων. Ο κύριος στόχος είναι ο εμπλουτισμός με αισθητηριακές δραστηριότητες, που διεγείρουν συναισθηματικούς παράγοντες στους χρήστες, προκειμένου να βελτιωθεί η συμμετοχή τους κατά τη διάρκεια της μάθησης. Η A.R. συνιστά ένα καινοφανές «περιβάλλον όπου η πραγματική ζωή ενισχύεται από εικονικά στοιχεία σε πραγματικό χρόνο. Ο σκοπός της είναι να βελτιώσει τις πληροφορίες που λαμβάνουμε φυσικά μέσω των αισθήσεών μας, με την προσθήκη υπερτιθέμενων, κατασκευασμένων εικονικών στοιχείων, δίνοντάς μας συμπληρωματικές πληροφορίες, που δεν θα ήταν δυνατές με άλλα μέσα» (Jongedijk, 2009).

Οι εφαρμογές Ε.Π. στον χώρο της εκπαίδευσης συνιστούν ένα καινοφανές, αλλά ιδιαίτερα κομβικό εργαλείο στη μάθηση. Κι αυτό, γιατί η επαύξηση του πραγματικού κόσμου με αντικείμενα εικονικά, δίνει τη δυνατότητα να οπτικοποιήσουν οι μαθητές πολύπλοκες χωρικές σχέσεις και υψηλού επιπέδου αφάιρεσης έννοιες (Arvanitis et al., 2007). Έτσι, χρησιμοποιώντας μια διαδικασία βιωματική, οι μαθητές αλληλεπιδρούν με τρισδιάστατα εικονικά αντικείμενα, αναπτύσσοντας πρακτικές που δεν θα υπήρχαν σε κάποιο άλλο μαθησιακό περιβάλλον που χρησιμοποιεί ΤΠΕ. Έτσι, αναπόφευκτα, η χρήση της A.R. και η επίδραση αυτής στην εκπαιδευτική διαδικασία έχει αποτελέσει αντικείμενο εκτεταμένων ερευνών και πειραματικών διδασκαλιών, με τα συμπεράσματα να είναι αρκετά ενθαρρυντικά.

Η διασύνδεση αυτή ενός πολλά υποσχόμενου νέου τεχνολογικού εφοδίου με τον δυναμικό χώρο της εκπαίδευσης, στον οποίο η αλληλεπιδραστικότητα αποτελεί

ενδεχομένως το κομβικότερο σημείο, συνιστά την ερευνητική πρόκληση της συγκεκριμένης εργασίας. Πιο ειδικά, η ελληνική εκπαιδευτική πραγματικότητα βαδίζει με αποφασιστικό αλλά ακόμη αργό βηματισμό στη λειτουργική ενσωμάτωση στοιχείων της συγκαιρινής τεχνολογίας. Συνεπώς, δημιουργείται η ανάγκη ενός πιο οργανωμένου πλάνου για την εισαγωγή της τεχνολογίας, και ιδίως της A.R. στην ελληνική εκπαιδευτική διαδικασία. Εστιάζοντας στα διδακτικά αντικείμενα είναι βέβαιο ότι εφαρμογές της A.R. μπορούν να εμπλουτίσουν και να ενδυναμώσουν τη διδακτική προσέγγιση πολλών γνωστικών αντικειμένων, από τα οποία η παρούσα εργασία θα επικεντρωθεί στην ιδιαίτερα γοητευτική διδακτική σχέση, που αναπτύσσεται μεταξύ της A.R. και της γεωμετρίας.

Η διερεύνηση αυτή θα πραγματοποιηθεί σε πέντε επιμέρους κεφάλαια. Στο 1ο Κεφάλαιο επιχειρείται γενική επισκόπηση της σύγχρονης διεθνούς και εγχώριας βιβλιογραφίας. Εντοπίζονται ορισμένοι από τους ορισμούς της Επαυξημένης Πραγματικότητας, μαζί με τις κατηγορίες τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται, καθώς και στοιχεία για τον τρόπο λειτουργίας των σχετικών συσκευών. Επίσης γίνεται αναφορά στις τεχνολογίες ανάπτυξης A.R. (ARToolkit, ARCore) και εξοπλισμού A.R. (Hololens, Magic Leap).

Στο 2^ο Κεφάλαιο περιγράφονται οι εφαρμογές A.R. στους διάφορους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας. Αν και οι τομείς αξιοποίησης της A.R. έχουν την τελευταία δεκαετία πολλαπλασιαστεί, θα αποδοθεί ενδεικτικά έμφαση σε εφαρμογές στον Στρατό, στον χώρο της διαφήμισης, στον χώρο του πολιτισμού με ανάλογες δραστηριότητες σε Μουσεία, στην επιστήμη της Ιατρικής και, τέλος, στα ηλεκτρονικά παιχνίδια.

Στο 3^ο Κεφάλαιο η μελέτη επικεντρώνεται στον χώρο της εκπαίδευσης και στη χρήση της A.R. στην εκπαιδευτική διαδικασία γενικότερα. Συγκεκριμένα, μελετάται, μέσω εκτεταμένης βιβλιογραφικής αναφοράς, η προστιθέμενη εκπαιδευτική αξία, αλλά και οι νέες δυνατότητες που αναδεικνύονται με την αρωγή της A.R. αλλά και οι δυσκολίες που διαπιστώνονται στην πράξη από την εισαγωγή της νέας αυτής τεχνολογίας στις σχολικές τάξεις. Επίσης, γίνεται αναφορά και στα επαυξημένα σχολικά εγχειρίδια και γενικότερα στις απόπειρες ενσωμάτωσης ανάλογων εφαρμογών στο ελληνικό σχολείο.

Το 4^ο Κεφάλαιο εξειδικεύει τη διερεύνηση, καθώς ασχολείται αποκλειστικά με την σχέση A.R. και Μαθηματικών. Γίνεται ιδιαίτερη αναφορά σε πειραματικές διδασκαλίες

σε τάξεις Μαθηματικών με τη χρήση A.R. με έμφαση στον τρόπο οργάνωσής τους αλλά και στα συμπεράσματα. Παρουσιάζονται επίσης και σχετικές εφαρμογές AR, πρόσφορες για μια διαδραστική παρουσίαση εννοιών στο μάθημα των μαθηματικών.

Το 5ο και τελευταίο Κεφάλαιο, αφορά εφαρμογές της A.R. στη σχολική πράξη με βάση το εγχειρίδιο της Γεωμετρίας Α΄ Λυκείου. Συγκεκριμένα, περιγράφεται ο τρόπος επαύξησης σε στοχευμένες παραγράφους της διδακτέας ύλης που αφορούν ορισμένα Θεωρήματα, Πορίσματα, Εφαρμογές και Ασκήσεις. Οι προσομοιώσεις σε πραγματικό χρόνο έγιναν μέσω της πλατφόρμας AR Blippar, αλλά χρησιμοποιήθηκαν και γεωμετρικά και αλγεβρικά λογισμικά για τις επαυξήσεις. Καταγράφονται, τέλος, σύντομα συμπεράσματα από την εκπαιδευτική δράση και διατυπώνονται σχετικοί προβληματισμοί προς συζήτηση.

1.2 Σκοπός και προσδοκώμενα αποτελέσματα της εργασίας

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα είναι, όπως σημειώθηκε, μια σύγχρονη τεχνολογία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλες τις πτυχές της ανθρώπινης δράσης, από το εμπόριο και τη διασκέδαση μέχρι την Εκπαίδευση περιλαμβάνοντας όλες τις βαθμίδες και τα διδακτικά της αντικείμενα. Αν και τα περισσότερα σχολεία βασίζονται στα ψηφιακά μέσα, όπως ηλεκτρονικούς υπολογιστές, τυποποιημένες εφαρμογές ή διαδραστικούς πίνακες, υστερούν σε περιεχόμενο για τη χρήση τους.

Έτσι ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι διττός. Αρχικά η μελέτη, μέσω βιβλιογραφικής επισκόπησης σύγχρονων πηγών, του πλήθους των εφαρμογών της AR με κύρια εστίαση τον τομέα της Εκπαίδευσης. Η βιβλιογραφική διερεύνηση συντελεί στην καταγραφή και μελέτη των ερευνών και των πειραματικών διδασκαλιών με χρήση A.R. που πραγματοποιήθηκαν σε σχολικές εκπαιδευτικές μονάδες τόσο της Πρωτοβάθμιας όσο και Δευτεροβάθμιας, αλλά και του βαθμού ενσωμάτωσης της A.R. στην διδακτική πρακτική. Η εμπειρία των διδακτικών αυτών εφαρμογών θα σταθεί αρωγός στην απόπειρα δημιουργίας και ενσωμάτωσης εντός της διδασκαλίας A.R. υλικού στο μάθημα της Γεωμετρίας της Α΄ Λυκείου. Παράλληλα, μέσα από φιλική προς τον χρήστη πλατφόρμα δημιουργίας επαυξήσεων, η εργασία στοχευτεί να προσθέσει αξία και να δώσει καινοτόμο πνοή στη διδακτική πράξη μέσω της κατασκευής στοχευμένων δραστηριοτήτων με A.R. τεχνολογία.

Η παρουσίαση των γεωμετρικών εννοιών μέσω επαυξημένων εφαρμογών επιδιώκει ως αποτέλεσμα τη διαμόρφωση νέων προοπτικών στη μάθηση του συγκεκριμένου γνωστικού αντικειμένου. Συγκεκριμένα, να αυξήσει τον βαθμό κατανόησης των επιλεγέντων γεωμετρικών εννοιών από τους μαθητές, να τους παρακινήσει να εξερευνήσουν το μαθησιακό υλικό διαδραστικά, να κινητοποιήσει το ενδιαφέρον τους, ώστε να προσεγγίσουν την έννοια από διαφορετικές οπτικές γωνίες και δυναμικά. Να αποτελέσει έρεισμα για να καταστεί η «αφηρημένη» γεωμετρική γνώση περισσότερο απτή και να αρθούν με την ενσωμάτωση της A.R. στη σχολική τάξη εννοιολογικές παρανοήσεις στα μαθηματικά (Ibili & Sahin, 2015).

Η συνύπαρξη του ρεαλιστικού κόσμου με αντικείμενα εικονικά, παρέχει τη δυνατότητα να δημιουργηθούν συνθήκες βιωματικής διδασκαλίας. Υπό την οπτική αυτή, οι μαθητές όχι μόνο προσεγγίζουν έννοιες αφηρημένες, αλλά και δύνανται να αντιληφθούν φαινόμενα, με τα οποία αδυνατούν να έρθουν σε επαφή στον πραγματικό κόσμο. Βρίσκονται έτσι σε θέση αλληλεπίδρασης με τρισδιάστατες αναπαραστάσεις αντικειμένων και διαμορφώνουν τεχνικές και πρακτικές τις οποίες δύσκολα θα αποκτούσαν σε οποιοδήποτε άλλο περιβάλλον μάθησης που στηρίζεται στη χρήση τεχνολογιών επικοινωνίας και πληροφορίας.

1.3 Ερευνητικά Ερωτήματα και Μεθοδολογία

Η υπόθεση συνιστά την αρχική παραδοχή για να εκκινήσει η διερεύνηση ενός φαινομένου, αποτελεί τον πρωταρχικό σκοπό της έρευνας, το υπόβαθρο για να δημιουργηθούν τα ερωτήματα έρευνας. Η στοχοθεσία και οι προσδοκίες της εργασίας προσδιόρισαν αναμφίβολα και τα αναδυόμενα ερευνητικά ερωτήματα, που συναρτώνται με τη σχέση A.R. και εκπαίδευσης. Πιο συγκεκριμένα, με τη σχέση A.R. και μιας πιο ελκυστικής διδασκαλίας και πρόσληψης βασικών γεωμετρικών εννοιών και αντιλήψεων. Τα κύρια ερευνητικά ερωτήματα που διαμορφώθηκαν είναι τα εξής:

- **Για ποια θέματα εκπαίδευσης μαθηματικών μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι διάφορες εφαρμογές A.R.;**
- **Η ευρεία χρήση εφαρμογών A.R. στην εκπαιδευτική διαδικασία βοηθάει στην ευκολότερη πρόσληψη των γεωμετρικών εννοιών;**

- **Η ενσωμάτωση εφαρμογών A.R. τεχνολογίας στην εκπαίδευση συμβάλει στην ενεργοποίηση του προσωπικού ενδιαφέροντος των μαθητών για τη διερεύνηση γεωμετρικών εννοιών;**
- **Η αξιοποίηση A.R. εφαρμογών ενισχύει τις δεξιότητες των μαθητών στις διαδικασίες επίλυσης προβλημάτων (problem solving);**

Με βάση τα παραπάνω ερωτήματα που συνιστούν το ερευνητικό πεδίο της εργασίας αποφασίστηκε να καταστρωθούν δύο διδακτικά σενάρια οκτώ διδακτικών ωρών. Το πρώτο αφορά το 2^ο κεφάλαιο του βιβλίου Γεωμετρίας και η προσέγγιση των γεωμετρικών εννοιών επιχειρείται με ένα σχετικά παραδοσιακό διδακτικό μοντέλο που περιέχει φύλλα δραστηριοτήτων και περιστασιακή χρήση του λογισμικού Geometer's Sketchpad ως τρόπου οπτικοποίησης των γεωμετρικών σχημάτων. Το δεύτερο αφορά οχτώ διαφορετικές έννοιες του 3^ο κεφαλαίου του εγχειριδίου που περιλαμβάνει τα «τρίγωνα», διάρκειας οχτώ επίσης ωρών. Ο σχεδιασμός του περιλαμβάνει, ανά ωριαία διδασκαλία, εμπλουτισμό της προσέγγισης της συγκεκριμένης έννοιας με την κατάλληλη επαύξηση A.R.

Πιο συγκεκριμένα, στη δημιουργία του δεύτερου σεναρίου γίνεται απόπειρα να αξιοποιηθούν μοντέρνες θεωρίες μάθησης, διότι προτάσσεται η διερεύνηση που ενθαρρύνει την κριτική στάση απέναντι στην πληροφορία και ενισχύεται το να συναντά ο μαθητής μόνος τη γνώση. Υπακούει δηλαδή στη λογική της ανακαλυπτικής - διερευνητικής μάθησης, κατά την οποία η/ο μαθήτρια/τής με τις δικές της/του δυνάμεις επιχειρεί να εντυφήσει στο διδακτικό αντικείμενο ανακαλύπτοντας τα θεμελιώδη επιμέρους στοιχεία που τα διέπουν. Το σενάριο δομείται επιπλέον στη λογική του εποικοδομισμού, αφού οι μαθητές στηρίζονται στις πρότερες δικές τους αντιλήψεις, αλλά δεν παραμένουν παθητικοί δέκτες. Αντίθετα ορίζονται υπεύθυνοι της προσωπικής τους κατάκτησης της γνώσης, γεγονός που σηματοδοτεί την δημιουργία νοήματος μέσα από ατομική διαπραγμάτευση, από την αδιαμεσολάβητη διερευνητική εμπλοκή τους προκειμένου να επιτευχθεί ο μαθησιακός στόχος (Κουτσογιάννης, 2008).

Η ενσωμάτωση, δηλαδή, της τεχνολογίας της επαυξημένης πραγματικότητας στις δραστηριότητες της Γεωμετρίας που σχεδιάστηκαν, εναρμονίζεται με τις αρχές της βιωματικής μάθησης, με τον μαθητή να είναι το επίκεντρο της διδακτικής διαδικασίας. Ο μαθητής προσπαθεί να οικοδομήσει τη γνώση, μέσα από την περιήγηση στις

πληροφορίες, που του προσφέρονται από το περιβάλλον της επαυξημένης πραγματικότητας. Επιπρόσθετα, ο σχεδιασμός των συγκεκριμένων δραστηριοτήτων στηρίχτηκε στις διδακτικές οδηγίες του Αναλυτικού Προγράμματος και του ΙΕΠ, στην εμπειρία του διδάσκοντα σχετικά με τις συνήθειες παρανοήσεις των μαθητών στην Γεωμετρία, στην ευχρηστία και αποτελεσματικότητα των λογισμικών που χρησιμοποιήθηκαν, στις κατάλληλες (ανοικτές) διαδικτυακές πηγές.

Η επιλογή των κατάλληλων ψηφιακών εργαλείων είναι κομβικής σημασίας, οπότε ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να αποφασίσει προσεκτικά για αυτά που θα χρησιμοποιήσει, ώστε να αποδίδουν στο μέγιστο δυνατό βαθμό τις προς διδασκαλία έννοιες, αλλά και να προσιδιάζουν με το ύφος των σχεδιαζόμενων δραστηριοτήτων, άρα να επιδιώκουν τη μέγιστη διδακτική αποτελεσματικότητα. Μόνο έτσι, θα υπερτερεί αυτός ο τρόπος διδασκαλίας έναντι του συμβατικού μέσα σε μια τυπική σχολική τάξη. Αναγκαία συνθήκη για να αποβεί η χρήση της κάθε μορφής τεχνολογίας στην εκπαίδευση καρποφόρος, συνιστά η κατάλληλη αξιοποίηση της στη διδασκαλία (Σοφός, 2011). Ουσιώδες σημείο δεν είναι η παρουσία της τεχνολογίας, αλλά η οπτική με την οποία ενσωματώνεται ώστε να υποστηρίζει με πρόσφορο τρόπο τη μάθηση (Bronack, 2011).

Υπό την παραπάνω οπτική, το βασικό εργαλείο σχεδίασης επαυξημένου περιεχομένου που αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθεί, είναι η ελεύθερη έκδοση του προγράμματος Blippar. Το πρόγραμμα αυτό επιλέχθηκε, διότι παρέχει ένα πλήθος δυνατοτήτων στον χρήστη, μέσα σε ένα φιλικό και εύχρηστο περιβάλλον σχεδίασης, το οποίο δεν απαιτεί ειδικές γνώσεις προγραμματισμού. Το Blippar, προσαρμόζεται εύκολα στους διδακτικούς στόχους μιας μαθησιακής δραστηριότητας, προσφέροντας ευχάριστη και αλληλεπιδραστική μάθηση. Ο εκπαιδευτικός δημιουργεί ψηφιακές πληροφορίες, οι οποίες εφαρμόζονται σε επιλεγμένες εικόνες, σχολικών κυρίως βιβλίων μέσω της αναγνώρισης καθοδηγητικών δεικτών (marker-based AR) και «ζωντανεύουν» με προσιτό και εύκολο τρόπο από το κινητό ή το τάμπλετ.

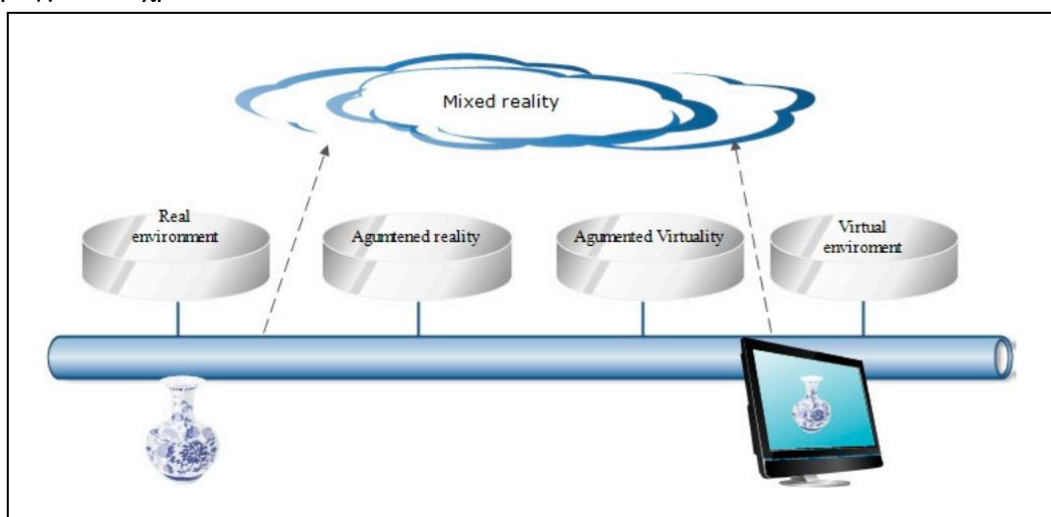
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

1.1 Ορισμοί

Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality – A.R.), θεωρείται ότι είναι η παρακολούθηση και μελέτη ενός ρεαλιστικού περιβάλλοντος σε πραγματικό χρόνο, επαυξάνοντας όμως τις μονάδες αυτού με στοιχεία, όπως ήχος, βίντεο, γραφικά, δεδομένα τοποθεσίας. Το δε επαυξημένο περιεχόμενο αναπαράγεται από συσκευές υπολογιστών και κινητών τηλεφώνων. Η A.R. διευρύνει το ρεαλιστικό περιβάλλον και δεν το υποκαθιστά, κατάσταση που ισχύει στην περίπτωση της εικονικής πραγματικότητας (Azuma, 1997). Πρόκειται, επομένως, για μια συνύπαρξη πραγματικών και εικονικών αντικειμένων. Τα εικονικά αντικείμενα (virtual objects) προσθέτουν πληροφορίες που δεν είναι άμεσα ορατές από τον χρήστη, εμπλουτίζοντας έτσι την πραγματική κατάσταση.

Η A.R. είναι ουσιαστικά μια υποκατηγορία της Εικονικής Πραγματικότητας (Virtual Reality) και μπορεί να θεωρηθεί ως ο ενδιάμεσος χώρος μεταξύ του τελείως συνθετικού περιβάλλοντος της εικονικής πραγματικότητας και του πραγματικού περιβάλλοντος της τηλεπαρουσίας. Η συσχέτιση της πραγματικότητας - εικονικότητας των Milgram και Kishino (1994), που φαίνεται στην ακόλουθη Εικόνα (βλ. Εικόνα 1), δίνει μια απεικόνιση συνέχειας, που τοποθετεί την A.R. σε μέρος της γενικότερης μεικτής πραγματικότητας. Η Μεικτή Πραγματικότητα (Mixed Reality) είναι η συνένωση του πραγματικού και ψηφιακού κόσμου, με αποτέλεσμα την συνύπαρξη φυσικών και ψηφιακών αντικειμένων αλλά και την αλληλοεπίδρασή τους σε πραγματικό χρόνο.



Εικόνα 1. Η συσχέτιση της πραγματικότητας-εικονικότητας (Miligram & Kishiro, 1994)

Στην παραπάνω εικόνα έχουμε μια κλίμακα μοντελοποίησης της αναπαράστασης της πραγματικότητας, με βάση τις τεχνικές υπολογιστών. Στην αριστερή πλευρά αυτής της κλίμακας υπάρχει ο πραγματικός χώρος και στη δεξιά πλευρά ο εικονικός (το περιβάλλον, δηλαδή, που δημιουργείται αν χρησιμοποιηθούν τεχνικές και γραφικά υπολογιστή). Ο κύριος στόχος της MR είναι η δημιουργία ενός μεγάλου χώρου με τη συγχώνευση πραγματικών και εικονικών περιβαλλόντων, στον οποίο πραγματικά και εικονικά αντικείμενα υπάρχουν ταυτόχρονα και σε συνεχή αλληλόδραση σε πραγματικό χρόνο. Η Μικτή Πραγματικότητα είναι ουσιαστικά μια κατηγορία προσομοίωσης, όπου συνδυάζονται εικονικά και πραγματικά αντικείμενα για να δημιουργήσουν ένα υβρίδιο του εικονικού και πραγματικού κόσμου.

Τόσο η Επαυξημένη Πραγματικότητα, όσο και η Επαυξημένη Εικονικότητα, συμπεριλαμβάνονται εντός του γενικότερου όρου της Μεικτής Πραγματικότητας. Ας σημειωθεί ότι, ενώ στην Επαυξημένη Πραγματικότητα τα ψηφιακά αντικείμενα προστίθενται και επαυξάνουν τον φυσικό κόσμο, στην Μεικτή Πραγματικότητα, αντίθετα, τα φυσικά αντικείμενα είναι αυτά που προστίθενται στον εικονικό κόσμο.

Η επιστημονική κοινότητα παραδέχτηκε την A.R. ως καινοτόμο τεχνολογία το 2007 (Jonietz, 2007) και η νέα αυτή μορφή αλληλόδρασης ανθρώπου-υπολογιστή άρχισε να χρησιμοποιείται σε ευρεία κλίμακα, λόγω της αλματώδους συγκαιρινής τεχνολογικής εξέλιξης (έξυπνα τηλέφωνα, φυλλομετρητές A.R. στο VR headset). Στα συστήματα AR ανιχνεύονται τρία χαρακτηριστικά:

- Συνδυασμός πραγματικών και τα εικονικών αντικειμένων σε πραγματικό περιβάλλον.
- Ικανότητα αλληλεπίδρασης σε πραγματικό χρόνο.
- Χωροθέτηση της πληροφορίας σε 3 διαστάσεις

1.2 Οι Τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται

Σύμφωνα με τους Bimber, Raskar και Inami (2005) η δημιουργία συστημάτων A.R. στηρίζεται σε τρία σημαντικά μέρη.

➤ **Ανίχνευση και εγγραφή (Tracking and registration)**

Στόχος της A.R. είναι η προβολή στο χρήστη μιας συνένωσης της πραγματικότητας και της εικονικότητας, οπότε, ο ακριβής εντοπισμός του στίγματος του χρήστη και των στοιχείων του περιβάλλοντος που παρατηρεί αναδεικνύεται ως κομβική. Ομοίως και η καταγραφή και η ακριβής τοποθέτηση της πληροφορίας που παράγεται από το σύστημα. Έτσι, η συνεχής, ακριβής, γρήγορη και εύρωστη ανίχνευση του παρατηρητή, καθώς και των πραγματικών και εικονικών αντικειμένων μέσα στο περιβάλλον είναι κρίσιμη για πειστικές εφαρμογές A.R.

➤ **Τεχνολογίες αναπαράστασης (Display technology)**

Οι βασικοί τρόποι αναπαράστασης της A.R. συνοψίζονται στους τρεις παρακάτω αναφερόμενους (Krevelen & Poelman, 2010):

- ✓ Αναπαράσταση μέσω βίντεο (Video See-Through).
- ✓ Οπτική αναπαράσταση (Optical See-Through).
- ✓ Προβολή στο χώρο (Spatial Projection).

Οι συσκευές εξόδου εκπροσωπούνται κατά κύριο λόγο από:

- ✓ Φορητές στο κεφάλι οθόνες ή προβολικά (Head-Mounted Displays/Projectors).
- ✓ Χειρωνακτικές (Handheld Displays/Projections).
- ✓ Τοποθεσίας (Spatially Aligned Projector/Monitor).

Στην αναπαράσταση μέσω βίντεο, η εικονική πραγματικότητα αντικαθίσταται από μια καταγραφή με κάμερα της πραγματικότητας και η A.R. τοποθετείται πάνω στις ψηφιοποιημένες εικόνες. Στην οπτική αναπαράσταση παραμένει ως έχει η πραγματικότητα και παρουσιάζεται η A.R. μέσω διαφανών καθρεφτών και φακών, ενώ η προβολή στο χώρο περιλαμβάνει την προβολή της επαύξησης πάνω σε πραγματικά αντικείμενα στο χώρο. Σε αυτή την περίπτωση εμφανίζεται και μεγαλύτερος αριθμός πλεονεκτημάτων σε σύγκριση με τις άλλες δύο, καθώς δεν υπάρχει ο περιορισμός των τεχνικών χαρακτηριστικών, όπως το μέγεθος, η επεξεργαστική ισχύς, η ενεργειακή κατανάλωση.

➤ **Απόδοση σε πραγματικό χρόνο (Real time rendering)**

Η ανταπόκριση του συστήματος στις απαιτήσεις του χρήστη με κύριο γνώμονα την γρήγορη και ακριβή απεικόνιση της συνδυαζόμενης πραγματικής εικόνας με αυτήν που

παράγεται από τον υπολογιστή, αποτελεί κρίσιμο παράγοντα επιτυχίας και αξιοπιστίας ενός συστήματος A.R. Ειδικά στην προσέγγιση με αναπαράσταση μέσω βίντεο, η ταχύτητα μεταφοράς της πραγματικότητας από την είσοδό της στο σύστημα μέχρι την έξοδό της στο χρήστη αποτελεί τροχοπέδη για την απόκριση σε πραγματικό χρόνο. Ωστόσο, στις μέρες μας με την αλματώδη πρόοδο της τεχνολογίας, σημειώθηκαν κομβικά βήματα προς αυτή τη διεύθυνση και τα συστήματα A.R. φαίνεται να απαντούν εύστοχα στο σημαντικό αυτό ζήτημα.

1.3 Κατηγορίες Επαυξημένης Πραγματικότητας

Η A.R. μπορεί να χωριστεί στις παρακάτω κατηγορίες ανάλογα με τα τεχνολογικά μέσα και τους στόχους που θέτει.

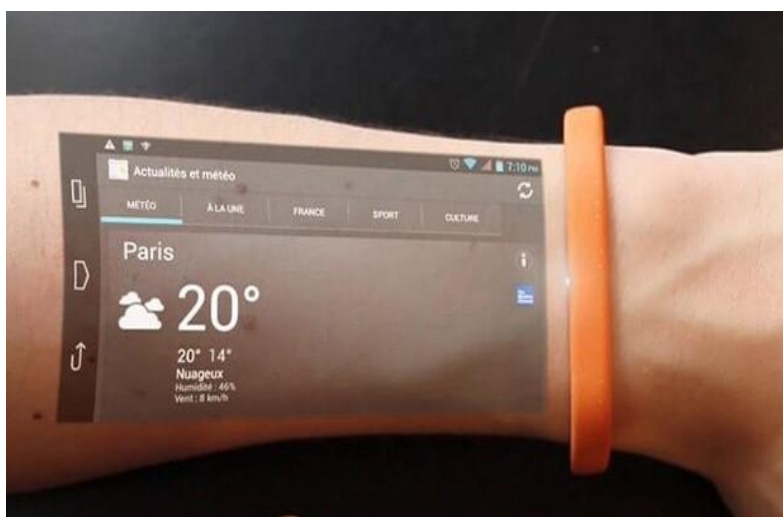
A. Τεχνολογία εντοπισμού δεικτών (Marker Based Augmented Reality). Η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιεί οπτικούς δείκτες, οι οποίοι αναγνωρίζονται με την χρήση κάμερας. Οι δείκτες πρέπει να ανήκουν στο πεδίο δράσης της κάμερας για να βοηθήσουν στην καθοδήγηση της διαδικασίας εκτίμησης της κάμερας. Χρησιμοποιούνται συνήθως ως δείκτες αναφοράς, διότι το στίγμα τους και ο προσανατολισμός τους στην σκηνή είναι στοιχεία σταθερά. Οι δείκτες είναι πάντα επίπεδες κατασκευές και συχνά έχουν κάποιο ισχυρό χαρακτηριστικό, για παράδειγμα, μακριές άκρες και έντονες γωνίες. Ένα από τα πιο κοινά είδη σχεδιασμού δεικτών είναι το τετράγωνο, επειδή το σχήμα του επιτρέπει τον ακριβή εντοπισμό των δεικτών εντοπίζοντας τις τέσσερις γωνίες του. Η τεχνολογία A.R. που βασίζεται σε δείκτες χρησιμοποιεί οπτική τεχνολογία για τον υπολογισμό θέσης και της τοποθεσίας της κάμερας της συσκευής σε σχέση με τον δείκτη. Η τεχνολογία αυτή έχει συγκεκριμένες αρχές: καταγραφή του εισαγόμενου βίντεο από την κάμερα, προσθήκη των τρισδιάστατων γραφικών στην σκηνή και παρουσίαση των ενισχυμένων πλαισίων σε βίντεο.

B. Τεχνολογία λογισμικού χωρίς την χρήση δεικτών (Markerless Augmented Reality). Στην τεχνολογία αυτή χρησιμοποιούνται φυσικά αντικείμενα που βρίσκονται στο περιβάλλον και αποτελούν το συνηθέστερο είδος A.R. Η λειτουργία τους επιτυγχάνεται με την χρήση του GPS, μιας ψηφιακής πυξίδας, μέτρηση ταχύτητας και κάμερας, στοιχεία που ενσωματώνονται στη συσκευή, παρέχοντας πληροφορίες για το σημείο που βρίσκεται ο χρήστης. Η παράμετρος που συνεισφέρει ισχυρά στην διάδοση αυτών των εφαρμογών είναι η χρήση smartphones, καθώς τα λεγόμενα κινητά έξυπνα

τηλέφωνα 4ης γενιάς είναι εφοδιασμένα με χαρακτηριστικά τα οποία βρίσκονται σε συμβατότητα με τον τρόπο λειτουργίας των παραπάνω εφαρμογών.

Γ. Τεχνολογία Υπέρθησης. Η τεχνολογία αυτής της μορφής διενεργεί οπτική αναγνώριση αντικειμένων και υποκαθιστά ένα αντικείμενο με ένα εικονικό σε μερικό ή ολικό βαθμό.

Δ. Προβολικά Συστήματα (Projection-based Augmented Reality). Η επαυξημένη πραγματικότητα αυτού του είδους εφαρμόζει προβολή εικόνων πάνω σε διαφόρων μορφών επιφάνειες που υπάρχουν στον πραγματικό κόσμο. Η συγκεκριμένη διαδραστικότητα συνίσταται στην ανταπόκριση της προβολής σε σχέση με την μεταβολή της θέσης της επιφάνειας.



Εικόνα 2: το βραχιόλι Cicret είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα projection-based AR.

1.4 Συστήματα Επαυξημένης Πραγματικότητας

Ένα πλήρες σύστημα A.R. για να τεθεί σε λειτουργία, θα πρέπει να εμπεριέχει ένα σύστημα εισόδου, μια συσκευή απεικόνισης, μία υπολογιστική μονάδα (tablet, smartphone κ.λ.π) και διάφορους αισθητήρες (GPS, πυξίδα), ανάλογα με την εφαρμογή που θέλουμε να υλοποιήσουμε. Η κάμερα, συλλαμβάνει μία εικόνα του πραγματικού κόσμου και στη συνέχεια το σύστημα επαυξάνει την εικόνα προσθέτοντας αντικείμενα. Η νέα κατάσταση γίνεται αντιληπτή από τις αισθήσεις του χρήστη στο σύστημα εξόδου, όπου εμφανίζεται.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά τα κύρια χαρακτηριστικά ενός συστήματος A.R..

Συσκευές απεικόνισης: Υπάρχουν τέσσερα είδη απεικόνισης, Head-Mounted Display (HMD), Οπτική Τεχνολογία (Optical see-through HMD systems), Handheld Display και Spatial Display.

Πιο συγκεκριμένα:

- *Head-Mounted Display (HMD):* πρόκειται για συσκευή απεικόνισης που φοριέται στο κεφάλι ή ως μέρος κράνους και με την βοήθεια της οπτικής τεχνολογίας παρατηρεί περιβάλλοντα, τα οποία συνδυάζουν πραγματικά με εικονικά αντικείμενα.

- *Οπτική Τεχνολογία (Optical see-through HMD systems):* Ειδικά γυαλιά, τα οποία με την χρήση ειδικών καθρεπτών, που είναι τοποθετημένοι υπό κατάλληλη γωνία ώστε μέσω της διάθλασης οι εικόνες να εναρμονίζονται με το μάτι του χρήστη. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτού του είδους είναι τα Google Glass.

- *Handheld Display:* Πρόκειται για φορητές συσκευές με οθόνη οι οποίες με την χρησιμοποίηση ενσωματωμένης κάμερας προβάλλουν ένα επαυξημένο βίντεο σε πραγματικό χρόνο.

- *Spatial Display(SAR):* Ο τρόπος αναπαράστασης χωρικών εννοιών και σχέσεων πραγματοποιείται με χρήση επιδιασκόπιου, ολογραμμάτων και ο εντοπισμός είναι εφικτός με χρήση ραδιοσυχνοτήτων, ώστε να υπάρξει άμεση απεικόνιση της τεχνολογίας πάνω στα πραγματικά αντικείμενα. Σε αυτή την κατηγορία ανήκει και η τεχνολογία προβολικών συστημάτων. Το κύριο προσόν του συγκεκριμένου μοντέλου απεικόνισης είναι η δυνατότητα ταυτόχρονης εξυπηρέτησης πολλών χρηστών, σε αντιδιαστολή με τα άλλα συστήματα, και δεν απαιτείται η χρήση κάποιου είδους εξοπλισμού.

Σύστημα εισόδου: Περιλαμβάνει την ενσωματωμένη κάμερα της συσκευής και τους σένσορες. Ο σένσορας είναι τοποθετημένος στο εξωτερικό της συσκευής και καταγράφει την διεπαφή χρήστη - περιβάλλον, ανιχνεύοντας στοιχεία τα οποία θα υποστούν επεξεργασία και μετάφραση από το σύστημα. Στη συνέχεια, η κάμερα θα σαρώσει το περιβάλλον για να «αντιληφθεί» τη συσχέτιση του χρήστη με τα αντικείμενα που βρίσκονται στον άμεσο περίγυρό του και να μεταφέρει τις

πληροφορίες στο σύστημα, ώστε να δημιουργηθεί ένα ψηφιακό προϊόν ώστε να αποφασιστεί καταλληλότερα το εξαγώγιμο αντικείμενο.

Επεξεργαστής: Ο επεξεργαστής στα συστήματα επαυξημένης πραγματικότητας είναι απαραίτητος, ώστε να εκτελεί συντονισμό και ανάλυση των εισόδων των αισθητήρων, να πραγματοποιεί αποθήκευση και ανάκτηση δεδομένων, να εφαρμόζει τις εντολές του προγράμματος και να προβαίνει στην παραγωγή κατάλληλων σημάτων, ώστε να αποδίδεται στην οθόνη η διεπαφή με τον πραγματικό κόσμο. Στην ουσία, κάθε A.R. σύστημα εμπεριέχει πάντα κάποιου είδους υπολογιστή. Τα υπολογιστικά συστήματα δύνανται να διαφέρουν όσον αφορά τις πολύπλοκες λειτουργίες τους σε σχέση με απλές φορητές συσκευές, όπως smartphones και tablets, μέχρι φορητούς υπολογιστές, επιτραπέζιους αλλά ακόμα και ισχυρά καταναλωμένα συστήματα. Η υπολογιστική ικανότητα θα πρέπει να είναι ισχυρή, ώστε να φέρνει εις πέρας τα τις αναλαμβανόμενες λειτουργίες σε ρεαλιστικό χρόνο.

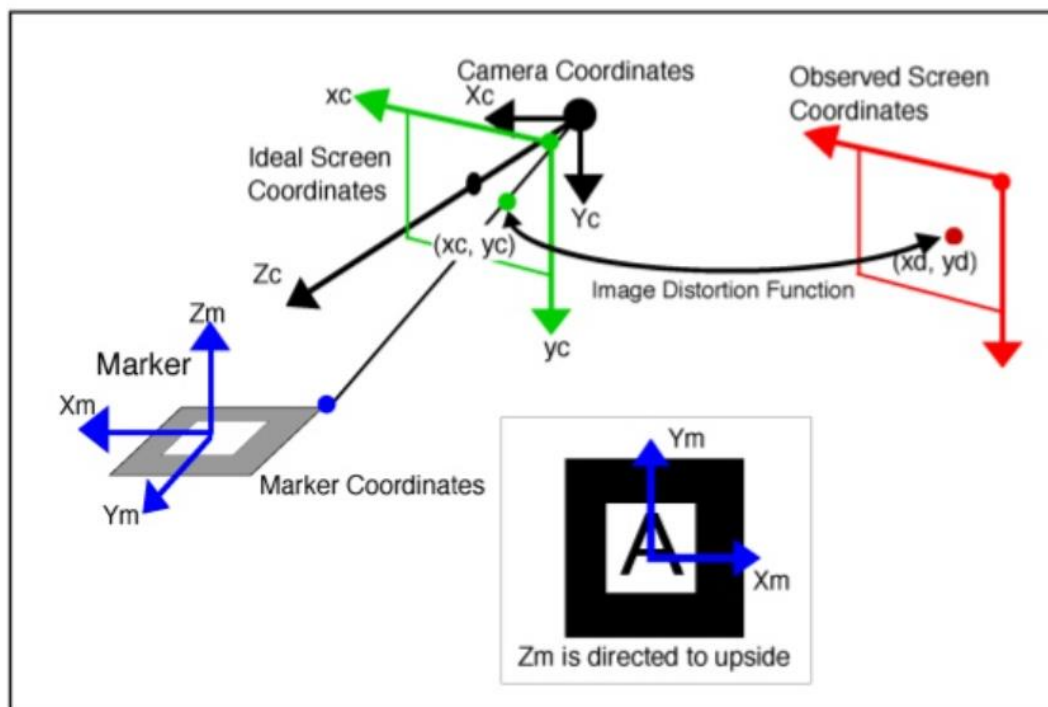
Αισθητήρες: Ένας ειδικός τύπος αισθητήρων χρησιμοποιείται για εφαρμογές A.R. Ο σκοπός αυτών των αισθητήρων είναι η λήψη πληροφοριών που αφορούν το φυσικό περιβάλλον και οι οποίες χρησιμοποιούνται ώστε να ενημερώνεται η εφαρμογή. Πολλές συσκευές που χρησιμοποιούν τεχνολογία A.R., όπως κινητές συσκευές και ταμπλέτες, είναι εξοπλισμένες με αυτούς τους αισθητήρες στους οποίους ενσωματώνονται επιταχυνσιόμετρα, πυξίδες και γυροσκόπια. Τα τελευταία αποδίδουν τιμές που σχετίζονται με τον προσανατολισμό της συσκευής, άρα συντεταγμένες στο χώρο. Οι πυξίδες παρέχουν πληροφορίες αναλογικά με τον κόσμο. Η ψηφιακή πυξίδα, εντοπίζει τη διεύθυνση της συσκευής. Τα επιταχυνσιόμετρα αναφέρουν την επιτάχυνση και αξιοποιούνται για τον προσδιορισμό της κατεύθυνσης κίνησης, ενώ ανιχνεύουν και τις αλλαγές στην ταχύτητα της κίνησης.

Δομικό στοιχείο για την λειτουργία ενός συστήματος A.R. αποτελεί η ανίχνευση, η οποία αφορά τον υπολογισμό του στίγματος και του προσανατολισμού του αντικειμένου στον χώρο σε ρεαλιστικό χρόνο. Η έλλειψη της συγκεκριμένης διαδικασίας θα καθιστούσε ανέφικτη την προσθήκη εικονικών αντικειμένων και της ρεαλιστικής προβολής τους στο χώρο, αλλά φυσικά θα ήτο αδύνατη και η καταγραφή στην αλλαγή κίνησης του χρήστη. Το απλούστερο μοντέλο ανίχνευσης υπακούει στη χρήση δεικτών. Στη συνέχεια, θα αναλυθεί η λειτουργία ανίχνευσης μέσω ενός βασικού συστήματος AR.

1.5 Λειτουργία Βασικού Συστήματος Επαυξημένης Πραγματικότητας

Η λειτουργία ενός στοιχειώδους συστήματος A.R. στηρίζεται σε μία **κάμερα**, μια **υπολογιστική μονάδα** και μια **οθόνη**. Μέσω της κάμερας συλλαμβάνεται μια εικόνα, η οποία υπόκειται σε επεξεργασία από το σύστημα και επαυξάνεται με εικονικά αντικείμενα. Το προϊόν που γίνεται άμεσα ορατό στον χρήστη είναι τα συγκεκριμένα εικονικά στοιχεία επαύξησης επί της αρχικής εικόνας (Siltanen, 2012). Η συσκευή προβαίνει σε ακριβή υπολογισμό της θέσης και του προσανατολισμού για την εικονική επαύξηση. Στη συνέχεια, η μονάδα οπτικοποίησης συσχετίζει την εν λόγω εικόνα με τα πρόσθετα στοιχεία και λαμβάνοντας υπόψη τους προαναφερόμενους υπολογισμούς προβάλλει την νέα εικόνα στην οθόνη.

Η επικάλυψη της εικόνας με εικονικά αντικείμενα πραγματοποιείται αρχικά με τον προσδιορισμό της θέσης της κάμερας. Ο εύστοχος προσανατολισμός αλλά και η κατάλληλη ρύθμιση της κάμερας δίνουν το δυνατότητα στο σύστημα να τοποθετήσει τα εικονικά αντικείμενα στη σωστή περιοχή σε σχέση με το σημείο τοποθέτησης της κάμερας (βλ. Εικόνα 3). Οι διεργασίες εντοπισμού της θέσης και του προσανατολισμού της κάμερας σε πραγματικό χρόνο ονομάζεται *tracking*, δηλαδή, εντοπισμός δεικτών και αποτελούν δομικά στοιχεία της A.R. τεχνολογίας.



Εικόνα 3: λειτουργία ενός απλού συστήματος A.R.

Αρχικά, στην διαδικασία εντοπισμού δεικτών, ο πρώτος στόχος είναι η αναγνώριση των περιγραμμάτων των υποψήφιων δεικτών και ο υπολογισμός των θέσεων των γωνιών του δείκτη. Έπειτα, το σύστημα ανίχνευσης επικυρώνει το σχήμα που αναγνωρίστηκε σαν δείκτης, ο δε υπολογισμός του στίγματος και του προσανατολισμού της κάμερας πραγματοποιείται με τη χρήση πληροφοριών που παρέιχε, η θέση του δείκτη. Η διαδικασία ανίχνευσης δεικτών αναλύεται στα κάτωθι βήματα:

- Απόκτηση εικόνας του δείκτη
- Προεπεξεργασία εικόνας δείκτη: Στο συγκεκριμένο στάδιο συντελείται ελαφρά επεξεργασία. Γίνεται ανίχνευση της γραμμής και της γωνίας του δείκτη.
- Ανιχνεύονται πιθανοί δείκτες και απορρίπτονται σχήματα που δεν αντιστοιχούν σε δείκτες: Σ' αυτό το σημείο γίνεται απόρριψη στοιχείων της εικόνας, που δεν σχετίζονται με δείκτη και εκτελείται δοκιμή αποδοχής για πιθανούς δείκτες.
- Αναγνώριση και αποκωδικοποίηση δεικτών: γίνεται προσπάθεια ταιριάσματος με πρότυπα δεικτών και αποκωδικοποιούνται τα δεδομένα τους.
- Εξακρίβωση της θέσης αλλά και του προσανατολισμού που έχει ο δείκτης: προσεγγίζεται η θέση και ο προσανατολισμός του δείκτη ώστε να οριστικοποιηθεί η ακριβής θέση.

1.6 Τεχνολογίες για την ανάπτυξη A.R.

Η ανάπτυξη εφαρμογών A.R. είναι μία σύνθετη διαδικασία. Όλα εξαρτώνται, φυσικά, από το επιθυμητό αποτέλεσμα που θέλουμε να έχει η εφαρμογή αυτή. Ο σχεδιασμός μιας εφαρμογής απαιτεί μελέτη παραμέτρων και προσοχή στο σχεδιασμό, ενώ πιθανότατα θα γίνει χρήση άλλων εφαρμογών. Βασικά, πρέπει να επιλέξουμε αν η σχεδίαση της εφαρμογής θα γίνει με χρήση φυσικού δέκτη ή χωρίς χρήση φυσικού δέκτη ή με βάση την τοποθεσία του χρήστη. Για τις εφαρμογές A.R. με τη χρήση φυσικού δέκτη υπάρχουν δωρεάν λογισμικά, τα οποία προσφέρουν σημαντική ποικιλία σχεδιαστικών ιδεών. Στην άλλη περίπτωση, η πλειοψηφία των εφαρμογών που διατίθενται είναι με χρέωση. Η μηχανή ανάπτυξης παιχνιδιών Unity (τελευταία έκδοση

την Unity 2018.2), η οποία χρησιμοποιείται και ως εργαλείο μοντελοποίησης, για την ανάπτυξη αρχιτεκτονικών απεικονίσεων και άλλων εφαρμογών ή παρουσιάσεων, σε συνδυασμό με την πλατφόρμα Vuforia, είναι τα βασικά εργαλεία δημιουργίας εφαρμογών A.R. Τα προαναφερόμενα εργαλεία μπορεί να τα αναζητήσει κάποιος στις «βιβλιοθήκες γλωσσών προγραμματισμού», οι οποίες είναι συλλογές πληροφοριών, κωδικών και δεδομένων, τα οποία συγκεντρώνονται με σκοπό να βοηθηθούν οι δημιουργοί στη παραγωγή του έργου τους, δηλαδή της εφαρμογής.

1.6.1. ARToolkit

Αποτελεί μια βιβλιοθήκη λογισμικού με τη βοήθεια της οποίας παράγουμε εφαρμογές για την A.R. Τα βασικά της στοιχεία είναι: single camera, position/orientation, tracking, ο κώδικας παρακολούθησης που χρησιμοποιεί απλά μαύρα τετράγωνα, η δυνατότητα χρήσης κάθε τετραγώνου marker patterns, η σημαντική ταχύτητα για πραγματικού χρόνου A.R. εφαρμογές, ενώ διανέμεται σε OS των Windows, Linux, Mac.

Η σημαντικότερη δυσκολία στη δημιουργία μιας εφαρμογής σχετίζεται με την ανίχνευση της οπτικής γωνίας από όπου βρίσκεται ο χρήστης, άρα θα πρέπει να είναι εμφανές προς ποια κατεύθυνση είναι στραμμένος ο χρήστης στον αληθινό κόσμο. Για αυτό το λόγω η ARToolkit κάνει χρήση αλγορίθμων ηλεκτρονικής όρασης, ώστε να λυθεί το θέμα που δημιουργείται. Στην ουσία λοιπόν οι βιβλιοθήκες παρακολούθησης των βίντεο εκτιμούν την πραγματική θέση και τον προσανατολισμό της κάμερας σε σχέση με τους φυσικούς δείκτες στον πραγματικό χρόνο.

1.6.2 ARCore

Το ARCore είναι μια πλατφόρμα ανάπτυξης υλικού A.R. που κατασκεύασε η Google, ένα υλικό συμβατό με το λογισμικό Android. Με ποικίλα APIs η ARCore εργαλειοποιεί το smartphone ώστε το περιβάλλον του χρήστη να βρίσκεται σε αλληλόδραση με πρόσθετες πληροφορίες. Ας δούμε τα δύο θεμελιώδη στοιχεία που καθιστούν το ARCore μια πολύ καλή πλατφόρμα υλοποίησης εφαρμογών με τεχνολογία A.R.

α) αντιλαμβάνεται τη θέση του smartphone μέσα στον κόσμο που ανήκει.

β) ουσιαστικά κατανοεί το περιβάλλον με τα στοιχεία του, αναπαριστώντας μια προσωπική. Αυτή ακριβώς η αντίληψη της πραγματικότητας που κατασκευάζει η

ARCore παρέχει τη δυνατότητα εμφάνισης εμβόλιμων ψηφιακών αντικειμένων, σχόλια και κάθε άλλης μορφής πληροφορίες, ώστε η ενσωμάτωση του πραγματικού κόσμου να συντελείται αρμονικά. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η τοποθέτηση ένα γεωμετρικού αντικειμένου στον πίνακα μιας τάξης ή η εμφάνιση χρήσιμων πληροφοριών για κάποιον πίνακα ζωγραφικής σε gallery. Έως το 2017, οι προγραμματιστές που εργάζονταν με το ARCore, έπρεπε να είναι εξοικειωμένοι με την Unity, ή με τα 3D graphics του OpenGL αν ήθελαν να παράξουν A.R. εφαρμογές. Η εμφάνιση του Sceneform το 2018 έδωσε την ευκαιρία στους ειδικούς προγραμματισμού να γνωρίζουν μόνο το Android SDK και τη γλώσσα Java, αν ήθελαν να δημιουργήσουν A.R. εφαρμογές.

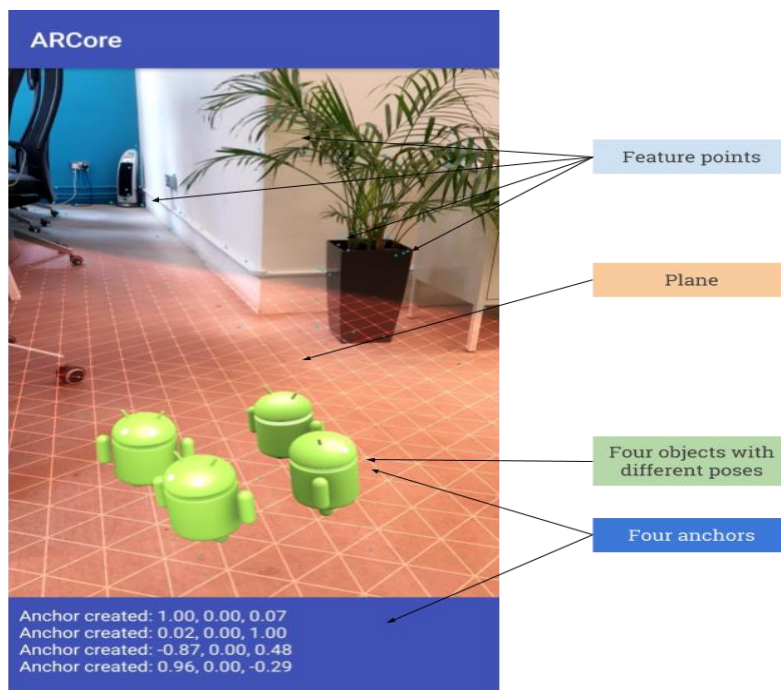
Μερικά βασικά στοιχεία λειτουργίας του ARCore είναι τα εξής:

- Features points/ Χαρακτηριστικά σημεία: Κατά τη μετακίνηση της συσκευής, το ARCore με οδηγό την κάμερα ανιχνεύει «οπτικά διακριτά σημεία» ανά εικόνα λήψης. Η χρήση αυτών των σημείων συνδυάζεται με τους αισθητήρες της συσκευής ώστε να καταστεί εφικτός ο υπολογισμός της θέσης στο χώρο, αλλά και η εκτίμηση του pose.
- Pose: Η χρήση του pose είναι αναγκαία, ώστε να γίνει αναφορά θέσης και προσανατολισμού της κάμερας και να καταστεί έτσι δυνατή η ευθυγράμμιση ανάμεσα στην εικονική κάμερα και την κάμερα της συσκευής την αποτύπωσης. Αυτό επιτρέπει την αποτύπωση των εικονικών αντικειμένων υπό τη σωστή οπτική.
- Plane/ Επίπεδο: Εκτός όμως των χαρακτηριστικών σημείων, το ARCore προσπαθεί να εντοπίσει επίπεδες επιφάνειες, π.χ. τραπέζι, δάπεδο, κ.λ.π.
- Anchor: Είναι σημεία στον εικονικό χώρο, στα οποία θα τοποθετηθούν τα εικονικά αντικείμενα. Πρόκειται δηλαδή για μια αναφορά σταθερής θέσης και προσανατολισμού επί του πραγματικού κόσμου, η οποία προκύπτει ως συνέπεια του αγγίγματος της οθόνης με ένα hit test (αναλύεται παρακάτω). Η τοποθέτηση του εικονικού αντικειμένου σε ένα anchor, προϋποθέτει την παρακολούθηση της θέσης και του προσανατολισμού του αντικειμένου από το ARCore κατά την παρέλευση κάποιου χρονικού διαστήματος.
- Hit Test: Κατά τη διάρκεια αλληλόδρασης χρήστη και οθόνης εκτελείται εκ μέρους του ARCore ένα hit test από τις συντεταγμένες (x, y) που επιλέχθηκαν από τον χρήστη. Το προϊόν αυτού του hit test είναι μια σύζευξη από επίπεδα και θέσεις, η οποία

προορίζεται για την κατασκευή των παραπάνω anchors, ώστε να είναι εφικτή η εναπόθεση των εικονικών αντικείμενων στον κόσμο.

Τα τρία βασικά εργαλεία που εφοδιάζουν το ARCore με τη δυνατότητα εναπόθεσης εικονικών στοιχείων επί του φυσικού περιβάλλοντος, είναι:

- Καταγραφή κίνησης/ Motion tracking: δίνει την ικανότητα στον χειριστή του smartphone να εποπτεύει τα τοποθετημένα αντικείμενα από πολλές οπτικές γωνίες κατά την μετακίνησή του.
- Περιβαλλοντική κατανόηση/Environmental understanding: είναι δυνατή η ανίχνευση του μεγέθους και της τοποθεσίας πολλαπλών επιφανειών: επίπεδες, κάθετες και αιχμηρές επιφάνειες όπως τοίχοι, έπιπλα, κ.λ.π.
- Εκτίμηση φωτός/Light estimation: ικανότητα προσαρμογής της συσκευής στις μεταβολές της έντασης και κατεύθυνσης της φωτεινής ακτινοβολίας στο φυσικό περιβάλλον.



Εικόνα 4. Στιγμιότυπο από μια εφαρμογή, με επεξήγηση των παραπάνω εννοιών

1.7 Τεχνολογίες για εξοπλισμό A.R.

1.7.1 Microsoft HoloLens 2

Στις 30/3/2016 η Microsoft κυκλοφόρησε στο εμπόριο για πρώτη φορά ένα ζεύγος «έξυπνων γυαλιών» μικτής πραγματικότητας, τα HoloLens. Το HoloLens 2 είναι μια συσκευή μικτής πραγματικότητας (holographic computer headset), που μας επιτρέπει να βλέπουμε, να ακούμε και να αλληλεπιδρούμε με υπερτιθέμενα 3D ολογράμματα με δυνατότητα περιστροφής 360⁰ σε ένα πραγματικό περιβάλλον της επιλογής μας (ενδεικτικά μια αίθουσα συσκέψεων). Η ομορφιά αυτής της σύγχρονης τεχνολογίας είναι ότι έχει πολλές χρήσεις σε ένα διαφορετικό φάσμα βιομηχανιών, συμπεριλαμβανομένων των νοσοκομείων για χειρουργικές επιδείξεις και μηχανικής για την παρουσίαση της κατασκευής και του σχεδιασμού.



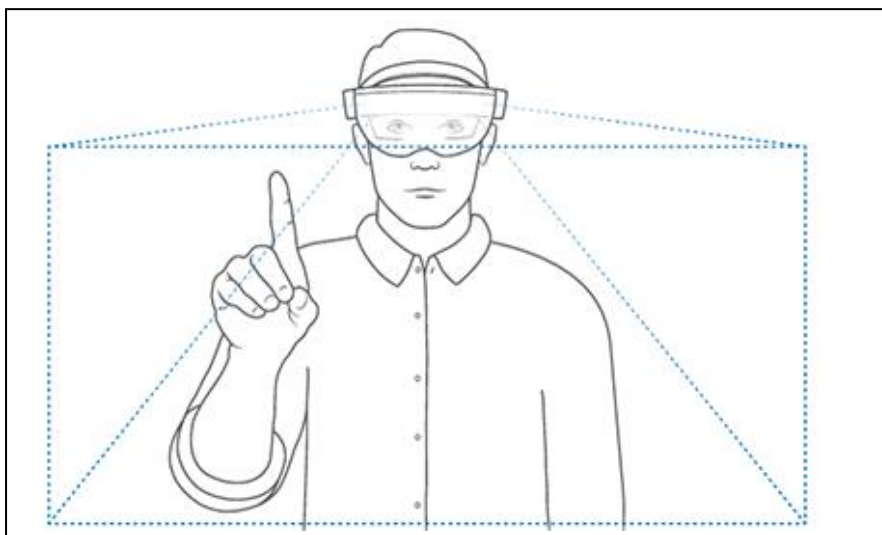
Εικόνα 5: Τα έξυπνα γυαλιά HoloLens 2

Το HoloLens headset αποτελείται από μια εύκολα προσαρμόσιμη ζώνη (headband) στο κεφάλι του χρήστη, ενώ η κατανομή των ηλεκτρονικών μερών, όπως επεξεργαστές, μνήμη, κάμερες, ηχεία, κατανέμονται ομοιόμορφα. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να βλέπει εικονικά αντικείμενα μόνο σε ένα συγκεκριμένο χώρο μπροστά του, ενώ οι ήχοι που ακούει φαίνεται να προέρχονται από αντικείμενα που βρίσκονται πίσω του. Τα HoloLens διαθέτουν μόνο τρία κουμπιά: power button, έντασης ήχου και κουμπί ρύθμισης της αντίθεσης στους φακούς (holographic lenses). Υπάρχουν τρεις επεξεργαστές με παράλληλη λειτουργία: η CPU, η μονάδα επεξεργασίας γραφικών (graphics processing unit GPU) και η μονάδα ολογραφικής επεξεργασίας (holographic processing unit – HPU).

Η μονάδα αδρανειακής μέτρησης (inertial measurement unit - IMU) αποτελείται από τρία μέρη: ένα επιταχυνσιόμετρο (accelerometer), ένα γυροσκόπιο (gyroscope) και ένα μαγνητόμετρο (magnetometer). Αυτοί οι αισθητήρες αποτελούν μαζί με τις κάμερες το σύστημα με το οποίο τα HoloLens επικοινωνούν με τον πραγματικό κόσμο, ώστε τα εικονικά αντικείμενα να απεικονιστούν με το σωστό μέγεθος, προοπτική και απόσταση στο χώρο. Διαθέτουν πέντε κάμερες ορατού μήκους κύματος, οι οποίες ανιχνεύουν τις κινήσεις του κεφαλιού σε σχέση με το περιβάλλον του χρήστη. Πρόσθετα, υπάρχουν υπέρυθρη κάμερα και υπέρυθρος προβολέας laser που βλέπουν ευθεία μπροστά. Ο προβολέας χρησιμοποιείται για να σαρώσει τα αντικείμενα, τα οποία αντανακλούν υπέρυθρο φως στην αντίστοιχη κάμερα.

Τα HoloLens διαθέτουν και μικρόφωνο με το οποίο ο χρήστης αλληλεπιδρά με τις εφαρμογές. Στους φακούς των HoloLens υπάρχει μια σειρά από μικρά «αυλάκια» που κατευθύνουν τις εικόνες των εφαρμογών στα μάτια του χρήστη, εμφανίζοντας τα εικονικά αντικείμενα, είτε συμπαγή, είτε ημιδιαφανή.

Η αλληλεπίδραση χρήστη – HoloLens γίνεται με τρεις τρόπους : Gaze (βλέμμα), Χειρονομίες και Φωνητικές εντολές. Μπορούμε να φανταστούμε το Gaze ως μια ακτίνα που ξεκινάει σε ευθεία γραμμή (από τα μάτια του χρήστη) η οποία όταν χτυπήσει πάνω σε ένα αντικείμενο (πραγματικό ή εικονικό), αυτό εντοπίζεται από τα HoloLens. Συνήθως υπάρχει ένας κέρσορας που υποδεικνύει το σημείο στο οποίο η ακτίνα βρίσκει πρώτη φορά αντικείμενο.



Εικόνα 6: Πεδίο αλληλεπίδρασης, HoloLens

Τα Hololens διαθέτουν ένα πλαίσιο (Gesture Frame) το οποίο οριοθετεί τη χρήση των χειρονομιών, υπό την έννοια ότι εκτός αυτού οι χειρονομίες δεν αναγνωρίζονται. Αν αντιστοιχίζαμε την κίνηση του Gaze με αυτή του ποντικιού στον υπολογιστή, τότε το Air-Tap θα ήταν το αριστερό κλικ. Αυτή η hand gesture γίνεται ως εξής:



1. Finger in the ready position



2. Press finger down to tap or click

Εικόνα 7: Αναγνώριση χειρονομιών στα Hololens

1. Ο χρήστης κάνει Gaze σε ένα αντικείμενο.
2. Κρατάει την παλάμη του σφιγμένη μέσα στο Gesture Frame.
3. Υψώνει το δείκτη προς τα πάνω
4. Τον κατεβάζει με τον ίδιο τρόπο που θα το έκανε και για να πατήσει το αριστερό κλικ σε ένα ποντίκι υπολογιστή.
5. Ξανασηκώνει γρήγορα του δείκτη όπως στο βήμα 3.

Υπάρχει όμως και ένας άλλος τρόπος αλληλεπίδρασης (Bloom) ο οποίος χρησιμεύει για το μενού Έναρξη ή για άνοιγμα και κλείσιμο μιας εφαρμογής, αλλά περισσότερο για να προσανατολίσει τον χρήστη, όταν αυτός δεν ξέρει τι πρέπει να κάνει. Το Bloom γίνεται ως εξής :

1) Ο χρήστης τοποθετεί την παλάμη του μέσα στο Gesture Frame και την κρατάει προς τα πάνω μαζί με τα δάχτυλά του.

2) Στη συνέχεια την ανοίγει προς τα κάτω.

Το Tap and Hold μοιάζει με το Air-Tap με μόνη διαφορά ότι στο τέλος ο δείκτης παραμένει κολλημένος κάτω. Αυτή η κίνηση συνδυαζόμενη με χρήση εργαλείων μέσα σε κάθε εφαρμογή, παράγει νέες λειτουργίες στα Hololens, όπως κύλιση – scroll, σύρσιμο – drag, zoom, αλλαγή μεγέθους, περιστροφή.



Εικόνα 8: Bloom: έναρξη, κλείσιμο εφαρμογής

Οι φωνητικές εντολές είναι μια άλλη μέθοδος εισόδου και για να μπορέσει ο χρήστης να τις χρησιμοποιήσει, πρέπει να κάνει πρώτα Gaze πάνω σε ένα εικονικό αντικείμενο. Επιτρέπουν μάλιστα και τη χρήση του πληκτρολογίου, το οποίο συνήθως δύσκολα χρησιμοποιείται γρήγορα μόνο με το Air Taps. Αποτελούν δε, τον καλύτερο τρόπο για την πλοήγηση του χρήστη, μέσω των πολύπλοκων μενού των Hololens.

1.7.2 Magic leap

Το Magic Leap 1 είναι ένας ελαφρύς, φορητός χωρικός υπολογιστής που συνδυάζει τον φυσικό και ψηφιακό κόσμο ως έναν. Δεν είναι ούτε VR, αλλά ούτε και smartphone AR. Με το Magic Leap 1, ένας αστροναύτης μπορεί να επιπλέει στο διάδρομο σας, να περπατάει στο τραπέζι του καφέ σας και να κατανοεί απρόσκοπτα τον χώρο που βρίσκεται. Μπορεί ακόμη και να σας κοιτάξει στα μάτια.



Εικόνα 9: Magic Leap

Τα Lightwear μπορούν να «διαβάσουν» ένα δωμάτιο σε ελάχιστα δευτερόλεπτα. Κατανοούν γωνίες, άκρα και επιφάνειες, έτσι ώστε οι εφαρμογές που χρησιμοποιείτε, να μπορούν να αλληλεπιδράσουν με το περιβάλλον σας. Τοποθετούν ψηφιακό περιεχόμενο στον φυσικό κόσμο με εκπληκτική σαφήνεια. Παρακολουθώντας το σημείο που ψάχνετε, το Magic Leap 1 αποδίδει αντικείμενα στην κατάλληλη απόσταση, δημιουργώντας μια ευκρινή οθόνη που είναι άνετη στο μάτι.



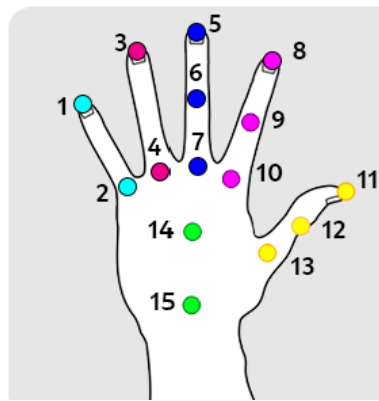
Εικόνα 10: τα Lightwears χρησιμοποιούν 9 διαφορετικούς αισθητήρες για την αναγνώριση του χώρου.)

Η συσκευή Magic Leap χρησιμοποιεί την ίδια τεχνική ολογραφικής οπτικοποίησης με το HoloLens με την διαφορά ότι έχει 6 αντί για 4 waveguide layers .



Εικόνα 11: Lightwear, Lightpack and Control. Φορτιστής Lightpack, Φορτιστής Ελέγχου, Καλώδιο τροφοδοσίας AC, 2 Καλώδια USB-C, Κορδόνι καρπού, Καθαριστικό πανί και σετ προσαρμογής με τακάκια με μύτη και μέτωπο.

Έχει $40^{\circ} \times 30^{\circ}$ (HxV) FoV με ανάλυση 1280×960 εικονοστοιχείων ανά μάτι. Διαθέτει δική της μονάδα επεξεργασίας με την διαφορά ότι δεν βρίσκεται πάνω στο Head Mount Display (HMD) αλλά συνδέεται με καλώδιο και ο χρήστης μπορεί να την κρατάει πάνω του. Έτσι μειώνεται το βάρος του HMD, το οποίο είναι σημαντικό δεδομένου ότι μετά από αρκετή χρήση ο χρήστης κουράζεται. Έχει δικό του χειριστήριο το οποίο ανιχνεύει με 6 βαθμούς ελευθερίας. Επίσης έχει την δυνατότητα να κάνει ανίχνευση χεριού βρίσκοντας 15 keypoints του χεριού.



Εικόνα 12: Hand Tracking system, 15 key points on each hand which apply to every recognized hand pose.

Περιγραφή	C API Name
1 Pinky finger tip	HAND_PINKY_TIP
2 Pinky finger joint, bottom	HAND_PINKY_MCP
3 Ring finger tip	HAND_RING_TIP
4 Ring finger joint, bottom	HAND_RING_MCP
5 Middle finger tip	HAND_MIDDLE_TIP
6 Middle finger joint, middle	HAND_MIDDLE_PIP
7 Middle finger joint, bottom	HAND_MIDDLE_MCP
8 Index finger tip	HAND_INDEX_TIP
9 Index finger joint, middle	HAND_INDEX_PIP
10 Index finger joint, bottom	HAND_INDEX_MCP
11 Thumb tip	HAND_THUMB_TIP
12 Thumb joint, middle	HAND_THUMB_IP
13 Thumb joint, bottom	HAND_THUMB_MCP
14 Hand, center	HAND_HAND_CENTER
15 Wrist, center	HAND_WRIST_CENTER

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

Εφαρμογές Επαυξημένης Πραγματικότητας

2.1 Γενικά

Συνοπτικά, όπως ήδη αναφέραμε στο 1^ο Κεφάλαιο, οι τεχνολογίες της επαυξημένης πραγματικότητας μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις κατηγορίες:

- ✓ *Marker-based A.R.* χρησιμοποιεί δείκτες που είναι κρυμμένοι σε εικόνες. Μόλις μια κάμερα εντοπίσει έναν δείκτη, η εφαρμογή ενεργοποιεί στοιχεία επαυξημένης πραγματικότητας.
- ✓ *Marker-less or location-based A.R.* χρησιμοποιεί δεδομένα από GPS ή άλλα συστήματα εντοπισμού θέσης και δεδομένα από αισθητήρες τηλεφώνου για να προσδιορίσει την τοποθεσία μιας συσκευής. Η τοποθεσία ενεργοποιεί στοιχεία A.R.
- ✓ *Projection-based A.R.* Οι εικόνες και το κείμενο προβάλλονται σε φυσικά αντικείμενα, καλύπτοντάς τα εντελώς.
- ✓ *Superimposition-based A.R.* Χρησιμοποιώντας αυτόν τον τύπο τεχνολογίας AR, μπορείτε να αντικαταστήσετε την αρχική εμφάνιση ή να αλλάξετε εν μέρει την εμφάνιση ενός στοιχείου.

Οι εφαρμογές A.R. βάσει τοποθεσίας μπορούν να λειτουργήσουν μόνο εάν οι τεχνολογίες geopositioning και A.R. εφαρμόζονται σωστά και εμφανίζουν ακριβή δεδομένα. Αυτός ο τύπος εφαρμογής A.R. χρησιμοποιεί ειδικούς γεωγραφικούς δείκτες, που ονομάζονται επίσης σημεία ενδιαφέροντος. Αρχικά, η εφαρμογή πρέπει να προσδιορίσει αυτούς τους γεωγραφικούς δείκτες. Βασικά, αυτό σημαίνει τον καθορισμό της ακριβούς θέσης του smartphone. Το GPS είναι μια από τις διάσημες τεχνολογίες για αυτό. Παράλληλα με το GPS, μια εφαρμογή A.R. χρησιμοποιεί δεδομένα από ψηφιακή πυξίδα και επιταχυνσιόμετρα. Όταν η εφαρμογή προσδιορίζει ένα συγκεκριμένο σημείο ενδιαφέροντος, ενεργοποιεί στοιχεία A.R. που τοποθετούνται πάνω από το πραγματικό περιβάλλον. Εκτός από τα οπτικά αντικείμενα και το κείμενο, αυτά τα στοιχεία μπορούν να περιλαμβάνουν μουσική, κινούμενα σχέδια και βίντεο. Ορισμένες εφαρμογές επιτρέπουν στους χρήστες να χειρίζονται εικονικά αντικείμενα, μερικές δεν το επιτρέπουν.

Πολλές βιομηχανίες επωφελούνται ήδη από εφαρμογές που συνδυάζουν χαρακτηριστικά A.R. και γεωγραφικής θέσης. Εκτός από το Pokémon Go, υπάρχουν πολλά άλλα παιχνίδια A.R. βάσει τοποθεσίας, για παράδειγμα, το the Walking Dead: Our World. Ας δούμε όμως τις βασικές κατηγορίες της ανθρώπινης δραστηριότητας, στις οποίες έχει εισέλθει η τεχνολογία A.R.

2.2 Εφαρμογές A.R. στον Στρατό

Ο στρατιωτικός τομέας ήταν πάντα στην πρώτη γραμμή της χρήσης αναδυόμενων τεχνολογικών εξελίξεων για σκοπούς εκπαίδευσης και μάχης. Και η επαυξημένη πραγματικότητα (A.R.) δεν αποτελεί εξαίρεση. Πολύ πριν το Snapchat κυκλοφορήσει τα φίλτρα του (η απλούστερη μορφή A.R.), ο στρατός είχε ήδη εφαρμόσει την τεχνολογία επικάλυψης σε πραγματικό χρόνο για τους πιλότους μαχητικών αεροσκαφών τους. Έτσι, το κράνος των πιλότων σε πολεμικά αεροσκάφη και ελικόπτερα, όπου οι πιλότοι φορώντας ένα ειδικό κράνος, HMD σύστημα, μπορούν να δουν πληροφορίες σχετικές με το όχημά τους, οδηγίες, χάρτες και εχθρικές τοποθεσίες ή οχήματα, είναι το πιο γνωστό παράδειγμα AR σε στρατιωτικό επίπεδο.



Εικόνα 13: Παράδειγμα Head-Up Display (HUD)

Στα πολεμικά αεροσκάφη έχουν αναπτυχθεί ειδικά HUDs (Heads-Up-Displays), που είναι ειδικά διάφανα κάτοπτρα τοποθετημένα μπροστά στον πιλότο και προσφέρουν την επιπρόσθετη πληροφορία που έχει αναγκαία ο πιλότος. Στον στρατό ξηράς αναπτύσσονται κράνη AR κράνη με κάμερες 360⁰ εμβέλειας, υπέρυθροι και θερμικοί αισθητήρες και με διάφανα OLED κάτοπτρα. Με την τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας για στρατιωτικούς σκοπούς, η διεξαγωγή των πολέμων θα αλλάξει ριζικά (Sisodiaa et al, 2007). Καθώς οι πολεμικές συρράξεις συνεχώς ανανεώνονται, οι

στρατοί πρέπει να συγχρονίζονται με τις νεότερες στρατιωτικές «τάσεις» και να αναζητούν ευκαιρίες για να προχωρήσουν στον τεχνολογικό πόλεμο. Και, με τις διευρυμένες δυνατότητες επεξεργασίας δεδομένων και γραφικών, ο αριθμός χρήσεων της A.R. στον στρατό αυξάνεται εκθετικά.

Το σύστημα είναι τοποθετημένο στο κράνος με τον ίδιο τρόπο που είναι τα γυαλιά και μπορούν να λειτουργούν τόσο τη νύχτα όσο και την ημέρα. Έτσι, το TAR (Tactical Augmented Reality) ουσιαστικά αντικαθιστά την τυπική φορητή συσκευή GPS και γυαλιά. Ως αποτέλεσμα, ένας στρατιώτης δεν χρειάζεται να κοιτάζει κάτω, όταν θέλει να ελέγξει τη θέση του GPS. Πρόσθετα, υπάρχει μια θερμική ακτίνα στο όπλο, που συνδέεται ασύρματα με το προσοφθάλμιο τακτικής AR και ένα tablet. Ένα τέτοιο σύστημα επιτρέπει στους στρατιώτες να βλέπουν τον στόχο και την απόσταση από αυτόν. Η οθόνη TAR μπορεί να βελτιώσει την ευελιξία στο πεδίο της μάχης, να μειώσει τον αριθμό των συσκευών που πρέπει να μεταφερθούν και να μειώσει τον κίνδυνο προσβολής από τον εχθρό.

Το Synthetic Training Environment, είναι ένα AR σύστημα που θα βοηθήσει να



Εικόνα 14: Tactical Augmented

εκπαιδευτούν οι στρατιώτες με έναν πιο ρεαλιστικό τρόπο σε πολεμικές συνθήκες, τοποθετώντας τους σε επιχειρησιακά περιβάλλοντα που θα χαρακτηρίζονται από σωματικές και διανοητικές δυσκολίες παρόμοιες με αυτές σε μια πραγματική μάχη.. Η Army Research Laboratory (ARL), το Southern California Institute for Creative Technologies, το Combined Arms Center-Training (CAC-T) και το Εκτελεστικό

Γραφείο Προγράμματος Προσομοίωσης, Κατάρτισης και Οργάνωσης (PEO STRI) αναπτύσσουν τώρα τις κύριες αρχές που πρέπει να διέπουν το έργο STE.



Εικόνα 15: Η ομάδα του Συνθετικού Εκπαιδευτικού Περιβάλλοντος του Στρατού των ΗΠΑ (STE) αναπτύσσει ένα ενιαίο περιβάλλον που επιτρέπει στους στρατιώτες να εκπαιδεύονται μαζί από οπουδήποτε στον κόσμο.

2.3. Εφαρμογές AR στα Ηλεκτρονικά Παιχνίδια

Η Ε.Π. προσφέρει νέες δυνατότητες είναι στους τομείς της ψυχαγωγίας και ιδιαίτερα σε αυτόν των ηλεκτρονικών παιχνιδιών. Εκεί, ο παίχτης σχέση είναι σε θέση να αλληλεπιδρά με το αντικείμενο, διεγείροντας τις αισθήσεις του. Τα τελευταία χρόνια κατασκευάζονται όλο και περισσότερες συσκευές εικονικής πραγματικότητας και αρκετά παιχνίδια που βρίσκουν θετικές κριτικές απέναντι στους «gamers». Ένα σημαντικό παράδειγμα σε αυτό τον τομέα είναι το παιχνίδι EyePet, φτιαγμένο για την παιχνιδιομηχανή PS3 και Playstation Eye (ειδική κάμερα), όπου επιτρέπει στον χρήστη να τοποθετεί και να χρησιμοποιεί αντικείμενα μπροστά στην κάμερα και το εικονικό κατοικίδιο να αντιδράει ανάλογα. Όταν ο χρήστης κτυπούσε τα χέρια το κατοικίδιο εξαφανιζόταν από την οθόνη. Μερικές αξιόλογες εφαρμογές Augmented Reality για Android και iOS είναι οι εξής:



Εικόνα 16: Το critter ζωντανεύει στο τραπέζι του σαλονιού σας (ή στο πάτωμα) με τη βοήθεια κωδικοποιημένων καρτών, χορεύοντας γύρω και ακολουθώντας τις χειρονομίες σας.

Ingress

Έχοντας ένα sci-fi αφηγηματικό σενάριο ως βάση, το παιχνίδι περιστρέφεται γύρω από δύο αντίπαλες ομάδες, οι οποίες καλούνται να καταλάβουν όσα περισσότερα portals μπορούν σε χώρους πολιτιστικής σημασίας όπως αξιοθέατα, μνημεία, έργα δημόσιας τέχνης και άλλα παρόμοια, με σκοπό να δημιουργήσουν όσο το δυνατό περισσότερες εικονικές τριγωνικές γεωγραφικές περιοχές. Το Ingress βασίζεται κυρίως στην πλοήγηση των παικτών στην πόλη τους και όχι τόσο στην οδήγηση. Παρ' ότι δεν απαγορεύεται να πάει κανείς οδικώς στα portals, οι μεγάλες ταχύτητες απενεργοποιούν κάποια από τα χαρακτηριστικά του παιχνιδιού, ενθαρρύνοντας το περπάτημα και την πραγματική εξερεύνηση!

PulzAR

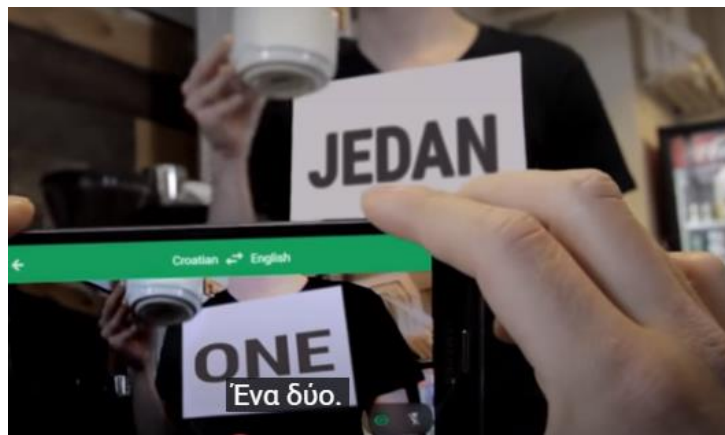
Μια διαφορετική προσέγγιση στους ζωντανούς γρίφους δίνει το PulzAR, το οποίο διατίθεται στο PlayStation Store και το PS Vita, χρησιμοποιώντας την κάμερα και τις δυνατότητες της τεχνολογίας AR προκειμένου να δημιουργήσει δυναμικούς και διαδραστικούς γρίφους. Με κύριο σύμμαχο τις πηγές laser, οι χρήστες καλούνται να καταστρέψουν αστεροειδείς ξεπερνώντας εμπόδια, δημιουργώντας ανακλάσεις, τοποθετώντας φίλτρα και άλλες ευφάνταστες τεχνικές, ώστε να περάσουν στο επόμενο επίπεδο.



Εικόνα 17: Οι εισερχόμενες κάρτες εκπέμπουν ακτίνες laser

Google Translate

Μία από τις πιο χρήσιμες και δημοφιλείς εφαρμογές είναι εκείνη του Google Translate, η οποία κάνει ακόμα πιο εύκολη τη ζωή και την επικοινωνία μας. Σίγουρα κάποια στιγμή έχετε χρησιμοποιήσει το Google Translate για να μεταφράσετε κάποια πρόταση ξένης γλώσσας. Τι γίνεται όμως αν ταξιδεύετε στο εξωτερικό και ο κατάλογος του εστιατορίου φαντάζει να έρχεται από άλλο πλανήτη; Η AR εφαρμογή Google Translate επιτρέπει στους χρήστες να βλέπουν μέσα από την κάμερα του κινητού ή του tablet ζωντανά την μετάφραση των λέξεων στην γλώσσα τους, δίχως να χρειάζεται να πληκτρολογήσουν το παραμικρό.



Εικόνα 18: Μετάφραση λέξεων στο άμεσο περιβάλλον μας

2.4. Εφαρμογές AR στον ταξιδιωτικό τομέα

Ιδιαίτερα χρήσιμη θεωρείται η επαυξημένη πραγματικότητα στον ταξιδιωτικό τομέα όπου παρέχει πολύτιμες πληροφορίες, στους ταξιδιώτες, για σημαντικά μνημεία και τοποθεσίες. Ένας ταξιδιώτης, ειδικά αν προέρχεται από άλλη χώρα και δεν ξέρει την τοπική γλώσσα, έχει ανάγκη από καθοδήγηση και ενημέρωση σχετικά με την περιοχή που βρίσκεται για την καλύτερη εμπειρία που μπορεί να αποκτήσει από το ταξίδι του. Από τις γνωστές εφαρμογές είναι η “Wikitude” η οποία παρέχεται δωρεάν σε android και ios συσκευές από την εταιρεία Wikitude. Η εφαρμογή, χρησιμοποιεί την τεχνολογία AR Browser, σε συνεργασία με την Wikipedia και με το Trip Advisor, (γνωστή εφαρμογή για βαθμολόγηση επιχειρήσεων για τουριστικούς σκοπούς κυρίως), προσφέρει εικονική πληροφορία υπό τη μορφή σημείου ενδιαφέροντος (POI), σχετική με την γεωγραφική τοποθεσία του χρήστη, με την βοήθεια διαδικτυακής παροχής (internet), κάμερας και των αισθητήρων της συσκευής (πυξίδα, επιταχυνσιόμετρο).



Εικόνα 19: Η εφαρμογή thinkAR στον τουρισμό

Ο χρήστης αξιοποιώντας την τεχνολογία των A.R. επαυξήσεων στοχεύει με τη βοήθεια της κάμεράς του (χρησιμοποιώντας ενδεικτικά είτε Tablet, είτε Smart phone,) πάνω στο αξιοθέατο, το οποίο μπορεί να ανήκει τόσο στον πραγματικό όσο και στον εικονικό κόσμο (ενδεικτικά να είναι χάρτης ή φωτογραφία). Μόλις διακρίνει στην οθόνη του το σημείο ενδιαφέροντος, επιλέγει το αντίστοιχο εικονίδιο και αποκτά άμεσα πρόσβαση στις πληροφορίες που το αφορούν. Οι πληροφορίες αυτές, τις οποίες λαμβάνει ο χρήστης, είναι εφικτό να βρίσκονται σε κάποιο από τα είδη ψηφιακής μορφής (ενδεικτικά φωτογραφίες ή βίντεο, παραπομπή σε διαδικτυακή διεύθυνση ή ακόμη και

κείμενο) και προσφέρουν δυνατότητες ανάδρασης μεταξύ του χρήστη και του φορέα ή του εκάστοτε διαχειριστή του συγκεκριμένου σημείου ενδιαφέροντος (εφαρμογή thinkAR).

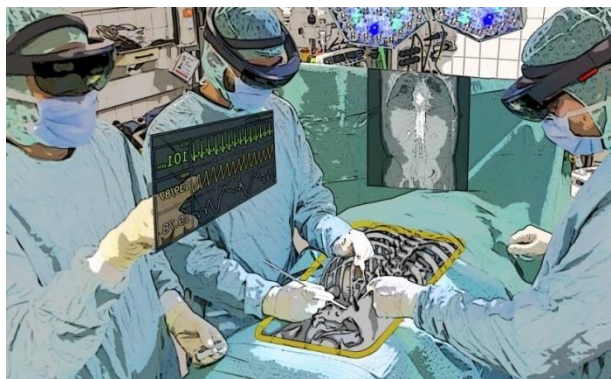
2.5. Εφαρμογές AR στην Ιατρική

Η A.R. μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον χώρο της Ιατρικής επιστήμης ως ένας αποτελεσματικός τρόπος απεικόνισης σε μια χειρουργική επέμβαση και ως δυνατότητα εκπαίδευσης. Πιο συγκεκριμένα, η Υπολογιστική Μαγνητική Τομογραφία (MRI) ή οι απεικονιστικοί υπέρηχοι αξιοποιώντας αισθητήρες μη επεμβατικούς έχουν τη δυνατότητα να συγκεντρώνουν, σε πραγματικό χρόνο, για τρισδιάστατα δεδομένα, τα οποία, στο επόμενο στάδιο, θα μπορούσαν να συσχετιστούν με την εικόνα του συγκεκριμένου ασθενούς και να αξιοποιηθούν από τον γιατρό, που θα αποκτούσε έτσι μια πληρέστερη εικόνα του ακτινογραφήματος. Η δυνατότητα αυτή θα ήταν ιδιαίτερα ωφέλιμη στις περιπτώσεις μικρών χειρουργικών επεμβάσεων, διότι θα περιόριζε είτε το μήκος της τομής, είτε ενδεχομένως και θα τις καθιστούσε περιττές. Η δυσκολία σχετικά με τις μικρές επεμβατικές τεχνικές αφορά τη μειωμένη δυνατότητα του ιατρού να δει λεπτομερώς εντός του ασθενούς, γεγονός που κάνει πιο δύσκολη, από ότι ενδεχομένως είναι τη χειρουργική αντιμετώπιση. Η τεχνολογία της A.R. είναι δυνατό, ωστόσο, να παράσχει μια αντιπροσωπευτική ανατομική εικόνα ελαχιστοποιώντας την ανάγκη για μεγαλύτερες τομές.

Η A.R. θα συνέβαλε, πρόσθετα, αποτελεσματικά στις εργασίες εντός των χειρουργείων που άπτονται των απεικονίσεων γενικής ιατρικής. Πιο ειδικά, οι χειρουργοί αποκτούν τη δυνατότητα να εντοπίζουν κάποια χαρακτηριστικά διά γυμνού οφθαλμού, τα οποία δεν θα ήταν δυνατό να οπτικοποιηθούν άμεσα χωρίς τη χρήση μαγνητικής ή αξονικής τομογραφίας. Στο οπτικό πεδίο του γιατρού αποκαλύπτονται καίρια στοιχεία του ασθενή, διότι οι ψηφιακές πληροφορίες που συνδέονται με τα πραγματικά δεδομένα διασφαλίζουν τόσο ότι η επέμβαση διεξάγεται με ακρίβεια, όσο και ότι ο χρόνος απόκρισης μειώνεται. Ιδιαίτερα σημαντική θα μπορούσε να αποβεί σε εργασίες ακριβείας, όπως στο σημείο τομής για χειρουργικές επεμβάσεις στον εγκέφαλο, ή στο σημείο εισαγωγής μιας βελόνας για βιοψία. Η εσωτερική ανατομία του

χειρουργούμενου παρουσιάζεται απευθείας στον γιατρό συντελώντας να πραγματοποιηθούν με επιτυχία ευαίσθητα σημεία της επέμβασης.

Η A.R. μπορεί να αξιοποιηθεί επίσης ως εκπαιδευτικό εργαλείο στον χώρο της Ιατρικής (Kancherla, et al., 1995). Ένας αρχάριος χειρουργός θα ήταν ίσως εφικτό ακολουθώντας τις εικονικές οδηγίες να καθοδηγείται για να εκτελεί τα αναγκαία βήματα, χωρίς απαραίτητα να έχει προηγουμένως μελετήσει σχετικό εγχειρίδιο. Οι χειρουργικοί A.R. «πλοηγοί» θα είχαν παράλληλα τη δυνατότητα να προσδιορίζουν τα όργανα και να καθορίζουν το συγκεκριμένο σημείο στο οποίο θα γίνει η εγχείρηση (Durlach & Manor, 1994). Επίσης, έχουν αναπτυχθεί με μεγάλη επιτυχία εφαρμογές για εκπαίδευση φοιτητών ιατρικής, όπως για παράδειγμα το *Inside Heart*, στο οποίο ο χρήστης δύναται να παρατηρήσει πληροφορίες για την καρδιά, αλλά και το *Complete Anatomy*, με το οποίο ο μελετητής-χρήστης μπορεί να μελετήσει την ανθρώπινη ανατομία, βασισμένος σε δεδομένα από 15 χρόνια έρευνας, τρισδιάστατα σκαναρισμένα μοντέλα και κλασσικά ιατρικά εγχειρίδια. Η τελευταία χρησιμοποιείται αυτή τη στιγμή σε περίπου 250 πανεπιστήμια σε όλο τον κόσμο.



Εικόνα 20: Μια ενδο-λειτουργική ιδέα συστήματος A.R. Εικόνα των Marc Lazarovici και Alexander

2.6. Εφαρμογές A.R. σε Media – Διαφήμιση

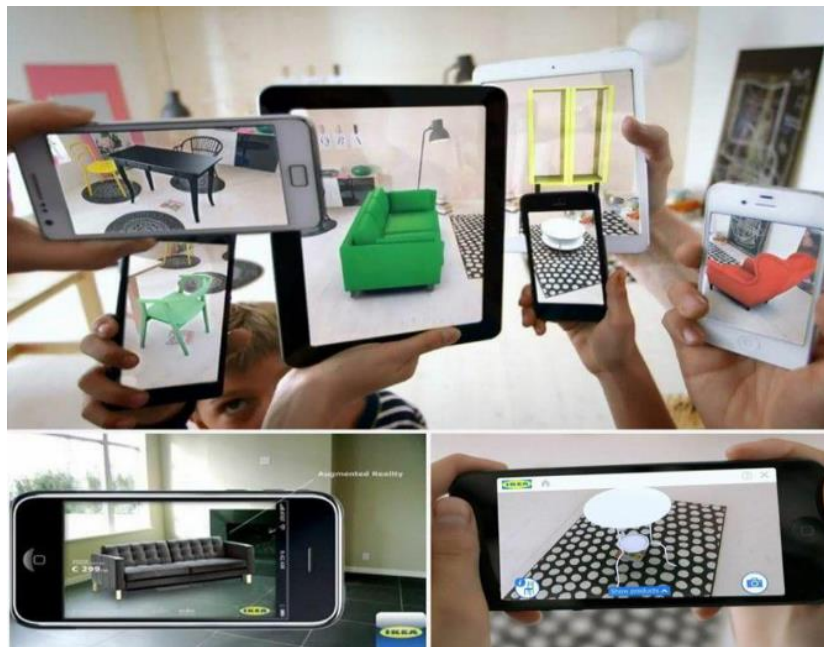
Η A.R. έχει μια διαρκώς αυξανόμενη και ιδιαίτερα δυναμική παρουσία σε όλα τα είδη των επιχειρήσεων. Συνιστά για τους εργαζόμενους στο χώρο του μάρκετινγκ κάτι περισσότερο από μια απλώς καινοτόμο προοπτική. Πρόκειται για μια ουσιαστική σύγχρονη συνιστώσα του μάρκετινγκ, η οποία αφήνει να διαφανούν ποικίλες

δυνατότητες για να συνδεθεί ο πελάτης με τη μάρκα, πράγμα που είναι θεμελιώδης προτεραιότητα για όλες τις εταιρίες. Οι A.R. εφαρμογές αίρουν τη διαχωριστική γραμμή που ορθωνόταν μεταξύ του φυσικού, ρεαλιστικού κόσμου και του ψηφιακού (Smith, 2017). Πρόσφατη έρευνα, που διεξήγε το καλοκαίρι του 2016 η Deloitte US, επισήμανε ότι μόλις το 11,8 των επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται στην Αμερική δεν αξιοποιούν στο παρόν ή δεν αξιοποίησαν στο πρόσφατο παρελθόν κάποιο πλάνο μάρκετινγκ που να στηρίζεται στην επαυξημένη πραγματικότητα (Deloitte U.S., 2016). Επίσης, πριν από λίγα χρόνια, το 66% των καταναλωτών δήλωσε ότι ενδιαφέρεται να αγοράσει αντικείμενα μέσω A.R. και το 63% δήλωσε ότι αναμένουν ότι το A.R. / V.R. θα αλλάξει τον τρόπο ψωνίζουν. Τώρα που οι περισσότεροι καταναλωτές διαθέτουν συσκευές ικανές να προσφέρουν εμπειρίες A.R. / V.R. στις τσέπες τους, οι δυνατότητες σύνδεσης μέσω A.R. με δυνατότητα Ιστού είναι απεριόριστες (Deloitte U.S., 2020)

Οι «γίγαντες» στον χώρο της τεχνολογίας, ενδεικτικά η Apple και η Facebook, διαμορφώνουν στρατηγικές μάρκετινγκ για τη χρήση της. Πιο συγκεκριμένα, ο M. Zuckerberg, εμπνευστής του Facebook, δήλωσε πρόσφατα πως «η τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας θα αλλάξει τον τρόπο που χρησιμοποιούμε το κινητό μας και όλα τα μέσα γύρω μας. Έναν τέτοιο κόσμο θέλουμε να χτίσουμε» (Smith, 2017). Η επαυξημένη πραγματικότητα δεν συναντάται πλέον, μόνο στη διαφημιστική προβολή των μεγάλων επιχειρήσεων τεχνολογίας, των επιχειρηματικών κολοσσών ή των εταιριών για παιχνίδια, αλλά έχει ευρεία διάδοση. Περιλαμβάνεται στη διαφήμιση διάφορων εμπορών λιανικής πώλησης ανεξαρτήτως του είδους εμπορεύματος ή του μεριδίου στην αγορά. Σε παγκόσμιο επίπεδο οι εταιρίες, εστιάζοντας στους καταναλωτές, επιδιώκουν να αξιοποιήσουν την A.R. τεχνολογία και τις εφαρμογές της προκειμένου να ενισχύσουν την εμπειρία των καταναλωτών, να επιτύχουν μια πιο ευρεία αποδοχή της μάρκας τους και να αυξήσουν αναμφίβολα τα κέρδη τους με τις πωλήσεις. Σε έρευνα που πραγματοποίησε το 2016 η εταιρία Markets and Markets, προέκυψε ως συμπέρασμα ότι το ποσό που θα δαπανηθεί για διαφημίσεις που θα χρησιμοποιούν την επαυξημένη πραγματικότητα θα είναι περίπου 117,4 δισεκατομμύρια δολάρια μέχρι το 2022 (Marketsandmarkets.com, 2020).

Παράδειγμα γνωστής εταιρίας, που χρησιμοποιεί την τεχνολογία A.R. ήδη από το 2013, προκειμένου να αναπτύξει μια σχέση διάδρασης με τους πελάτες της, αλλά και

να βελτιώσει την αγοραστική τους εμπειρία, είναι η εταιρία ΙΚΕΑ. Ο ηλεκτρονικός κατάλογος των προϊόντων της είναι εμπλουτισμένος με Α.Ρ. επαυξησεις, που παρέχονται, μέσω μιας δωρεάν εφαρμογής, τόσο σε κινητά με Android λογισμικό, όσο και με iOS. Η εφαρμογή αυτή δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες να εμφανίσουν με τη συμβολή της κάμερας από το κινητό τους, στοιχεία του καταλόγου στο χώρο του σπιτιού τους για να αποκτήσουν μια εικόνα για το αν συμβαδίζουν αισθητικά με την επιθυμία τους. Πιο συγκεκριμένα, οι χρήστες ανοίγουν με το tablet ή το κινητό τους την εφαρμογή, βρίσκουν το, προς αγορά, τοποθετούν τον κατάλογο της ΙΚΕΑ εκεί που επιθυμούν να δουν το προϊόν και απεικονίζουν, μέσω της κάμερας, σε ρεαλιστικό χρόνο σπίτι τους, το οποίο είναι μεταμορφωμένο με τα έπιπλα ή τα διακοσμητικά προϊόντα της ΙΚΕΑ. Υπάρχει η πρόσθετη δυνατότητα να εμφανίζονται και οι ίδιοι οι χρήστες εντός του πλάνου ποζάροντας μαζί με τα επιθυμητά αντικείμενα, γεγονός που κάνει τη χρήση της συγκεκριμένης εφαρμογής όχι μόνο ευχάριστη αλλά και διαδραστική (IKEA USA, 2013).

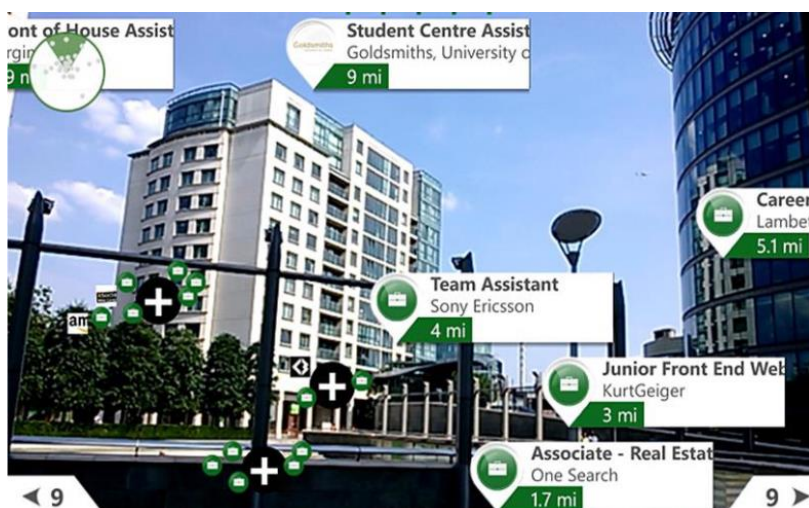


Εικόνα 21: Εφαρμογή Α.Ρ. από την ΙΚΕΑ

Η εταιρία Νokia επιδιώκοντας να συμβάλει στον περιορισμό της ανεργίας, παρουσίασε τον Ιούνιο του 2013 μια Α.Ρ. εφαρμογή με καινοτόμα στοιχεία, την JobLens, που αρχικά προωθήθηκε στην Αμερική, στον Καναδά, στην Αγγλία και στην Ισπανία. Το κοινό, στο οποίο απευθύνεται η JobLens, διακρίνεται σε δύο επιμέρους ομάδες: σε αυτούς που αναζητούν μια θέση στον εργασιακό χώρο άμεσα και στους εργαζόμενους,

που διαθέτουν ήδη εργασία, αλλά προσδοκούν να ενημερώνονται για καλύτερες ευκαιρίες που πιθανόν να προκύπτουν. Μεγαλύτερη απήχηση έχει στις ΗΠΑ (άμεση συνεργασία με το Υπουργείο Εργασίας) και στο Ηνωμένο Βασίλειο (ως διαδικασία συνεργασίας τόσο με τη κυβέρνηση όσο και με τον οργανισμό «Entrepreneur First»).

Την εφαρμογή μπορούν να την χρησιμοποιήσουν μόνο οι κάτοχοι κινητών Nokia Lumia, στους οποίους επιτρέπει, αν δεν εργάζονται, να «βλέπουν» αναπαραστατικά, μέσω της κάμερας και της οθόνης του κινητού τους τις πιθανές δουλειές που υπάρχουν στο εργασιακό περιβάλλον γύρω τους. Σε όσους ήδη βρίσκονται σε καθεστώς εργασίας, η εφαρμογή αποστέλλει διαρκείς ειδοποιήσεις για νέες επαγγελματικές ευκαιρίες που πιθανόν να προκαλούσαν το ενδιαφέρον των εν λόγω χρηστών. Η εφαρμογή στηρίζεται στη συγκέντρωση και επεξεργασία των στοιχείων που είχαν εισάγει στο προφίλ τους οι ενδιαφερόμενοι, όπως τα προσόντα ή οι εργασιακές προτιμήσεις τους. Με βάση τα παραπάνω και λαμβάνοντας υπόψη και το δεδομένο της απόστασης συντάσσει και προτείνει έναν κατάλογο με πιθανές εργασίες στην πόλη τους.



Εικόνα 22: Η Nokia φέρνει την A.R. στην αγορά εργασίας με το Jobens

2.7. Εφαρμογές AR σε Μουσεία και Πολιτιστικούς Χώρους

Τη συγκαιρινή εποχή διαπιστώνεται μια κατακόρυφη αύξηση της χρήσης της A.R. σε πολιτιστικούς χώρους άτυπης εκπαίδευσης, όπως οι αρχαιολογικοί, οι μουσειακοί χώροι, αλλά και γενικότερα χώρων που σχετίζονται με την εκπαίδευση (πχ. στην

Ελλάδα το Ίδρυμα Ευγενίδου, το ΙΜΕ). Η πρόσθετη αξία από τη χρήση της Α.Ρ. είναι σαφέστατα η ενίσχυση του ενδιαφέροντος και της εμπειρίας των χρηστών (Yoon et al., 2012). Έτσι, για παράδειγμα η μάθηση των επιστημών στο σχολείο συνδέθηκε με τις μαθησιακές εμπειρίες των εικονικών επισκέψεων σε τέτοιους χώρους, με τη χρήση της Α.Ρ. για αύξηση της οπτικοποίησης και των διαδραστικών πειραμάτων των μαθητών. Ένα τέτοιο περιβάλλον επηρεάζει θετικά το εγγενές κίνητρο των μαθητών για την εκμάθηση της (Sotiriou & Bogner, 2008).

Παράδειγμα της προαναφερόμενης κατηγορίας εφαρμογών Α.Ρ. στον ελληνικό πολιτισμό, συναντάμε στο Μουσείο της Ακρόπολης. Συγκεκριμένα, πρόκειται περί του ερευνητικού προγράμματος CHES (Cultural-Heritage Experiences through Socio-personal interactions and Storytelling), το οποίο, στοχευτεί, με τη χρήση μιας εξατομικευμένης σειράς αφηγήσεων διαδραστικού τύπου, να εμπλουτίσει την εμπειρία όσων επισκέπτονται το μουσείο (Ioannidis et al., 2013). Οι επισκέπτες εισερχόμενοι εντός του περιβάλλοντος του μουσείου, συνδέονται με τη φορητή τους συσκευή στη συγκεκριμένη εφαρμογή CHES και δίνουν απαντήσεις σε ένα σύντομο κουίζ, για να διαμορφωθεί το προφίλ τους (Vayanou et al., 2014). Εν τη εξελίξει, ο χρήστης αποκτά μέσω της εφαρμογής, πληροφορίες, οπτικοακουστικά στοιχεία, που αφορούν τα εκθέματα με βάση το διαμορφωμένο προφίλ του (Ioannidis et al., 2013).

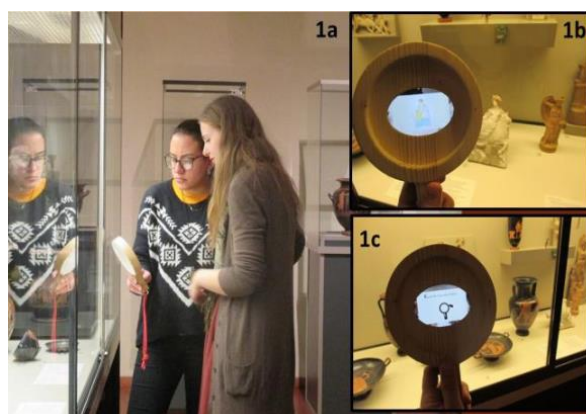


Εικόνα 23: AR στο Μουσείο της Ακρόπολης (εφαρμογή CHES) Πηγή: <http://www.chesexperience.eu/>

Μία ακόμη Α.Ρ. εφαρμογή συνιστά το LOUPE. Η εν λόγω εφαρμογή συνίσταται σε μια φορητή συσκευή, τοποθετημένη μέσα σε ένα ξύλινο περίβλημα που έχει τη μορφή ενός μεγεθυντικού φακού. Ο επισκέπτης κρατώντας τη συσκευή την τοποθετεί μπροστά από κάποιο έκθεμα, κατά την περιήγησή του στο μουσείο και εμφανίζονται

στην οθόνη του οι απαιτούμενες πληροφορίες ώστε να αρχίσει η αφηγηματική διαδραστική ξενάγηση (Damala et al., 2016). Η συγκεκριμένη εφαρμογή εστιάζει τόσο στην ψηφιακή απεικόνιση μεγάλων οικοδομημάτων, όσο και αγαλμάτων ή και μικρότερων εκθεμάτων.

Στο iPhone εκτελείται μια εφαρμογή A.R. που έχει αναπτυχθεί χρησιμοποιώντας το λογισμικό Vuforia AR (SDK). Η λειτουργία A.R. επιτρέπει στην εφαρμογή στο iPhone να χρησιμοποιεί την κάμερα και να συνδέει τον φυσικό χώρο με το ψηφιακό περιεχόμενο. Καθώς ο χρήστης κοιτάζει μέσα από την οθόνη του τηλεφώνου, η λειτουργία A.R. τον παροτρύνει να αναζητήσει ενεργά έναν στόχο, στην περίπτωση αυτή, ένα αντικείμενο μέσα στο μουσείο, με βάση ένα περίγραμμα αυτού του αντικειμένου. Εάν ο επισκέπτης ταιριάζει το περίγραμμα του αντικειμένου με το φυσικό αντικείμενο σωστά, τότε εμφανίζεται το σχετικό περιεχόμενο. Ο επισκέπτης μπορεί να γείρει το Loupe προς τα δεξιά για να κινηθεί, καθώς οι ενσωματωμένοι αισθητήρες του iPhone μπορούν να ανιχνεύσουν την κίνηση.



Εικόνα 24 : Χρήση της A.R. εφαρμογής LOUPE σε ελληνική gallery στο Μουσείο Allard Pierson

Οι επισκέπτες του Εθνικού Μουσείου της Σιγκαπούρης μπορούν να χρησιμοποιήσουν μια συναρπαστική εφαρμογή A.R. που ονομάζεται Story of the Forest. Η εφαρμογή επικεντρώνεται σε 69 εικόνες, οι οποίες έχουν μετατραπεί σε τρισδιάστατα κινούμενα σχέδια, με τα οποία οι επισκέπτες του χώρου έχουν τη δυνατότητα αλληλεπίδρασης, αφού προηγουμένως κατεβάζουν την εφαρμογή. Έπειτα χρησιμοποιούν την κάμερα από το τηλέφωνο ή το τάμπλετ τους προκειμένου να παρατηρήσουν τους πίνακες. Η φιλική αυτή εφαρμογή χρησιμοποιεί την A.R. τεχνολογία, ώστε να διαμορφώσει μια εμπειρία μάθησης. Οι περιηγούμενοι στο μουσείο μπορούν να κυνηγήσουν και να

«πιάσουν» τα φυτά και τα ζώα που υπάρχουν στις εικόνες. Στη συνέχεια, μπορούν να διαμορφώσουν τη δική τους εικονική συλλογή, όσο περιηγούνται στον χώρο και να αποκτήσουν περισσότερες πληροφορίες σχετικά με αυτά (διατροφή, σπανιότητα είδους) μέσω της εφαρμογής.



Εικόνα 25 : Αν ο επισκέπτης σταθεί ακίνητος με ανοικτή την εφαρμογή, στην περιοχή του εμφανίζονται ζώα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο A.R .και Εκπαίδευση

3.1 Εκπαιδευτική Αξία της χρήσης Εφαρμογών AR

Η AR προσφέρει συναρπαστικές εφαρμογές για την δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια εκπαίδευση, οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν δραστικά τη μάθηση, μετασχηματίζοντας την μεταφορά της γνώσης και ενθαρρύνοντας τους μαθητές να έχουν ισχυρότερη συμμετοχή στη διδακτική διαδικασία. (Johnson, A.Becker, Cummins, Estrada, Freeman & Hall, 2016). Έτσι, έχει χρησιμοποιηθεί ήδη ως εργαλείο στην εκπαίδευση, επίσημα ή ανεπίσημα. Οι «εμπλουτισμένες» πληροφορίες πάνω στον πραγματικό κόσμο προβάλλονται μέσω συσκευών με δυνατότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο, κυρίως κινητά τηλέφωνα και μπορούν να διατεθούν για τους εκπαιδευόμενους στην χρονική στιγμή και τοποθεσία που επιλέγουμε. Αυτή η συμπίεση αντικειμένων από το περιβάλλον της εικονικής πραγματικότητας και αντικειμένων του φυσικού κόσμου δίνει τη δυνατότητα να οπτικοποιήσουν οι μαθητές πολύπλοκες σχέσεις, που αφορούν τον χώρο και έννοιες με αφηρημένο περιεχόμενο (Arvanitis et al., 2007). Ουσιαστικά πρόκειται για μια βιωματική διαδικασία ανάλυσης φαινομένων και κατανόησης εννοιών, μέσω της αλληλοεπίδρασης με τρισδιάστατα εικονικά αντικείμενα, μια πρακτική που δεν μπορεί να αναπτυχθεί σε οποιοδήποτε άλλο μαθησιακό περιβάλλον που χρησιμοποιεί ΤΠΕ. Άρα, οι εφαρμογές A.R. στην εκπαίδευση συνιστούν ένα ελπιδοφόρο εργαλείο στη μάθηση.

Αναπόφευκτα, η διδασκαλία μέσω ΤΠΕ συνδέεται με σύγχρονες θεωρίες μάθησης, όπως για παράδειγμα ο εποικοδομισμός, ένας όρος που απορρέει από την αντίστοιχη αγγλική «construct ή construction», που δηλώνει το οικοδόμημα. Η απόδοση του όρου εκφράζει ότι οι εποικοδομιστές παιδαγωγοί εκλαμβάνουν τη μάθηση ως διαδικασία με κοινωνικό-γνωστική βάση, μια διαδικασία ενεργούς οικοδόμησης τόσο της γνώσης όσο και της ανθρώπινης προσωπικότητας. Υπό αυτή την οπτική ο άνθρωπος γίνεται αντιληπτός ως οικοδόμος νοημάτων, που συναρτώνται με την προηγηθείσα εμπειρία του, που είναι κοινωνικά καθορισμένα και δεν αποτελεί έναν παθητικό υποδοχέα ή έναν άγραφο χάρτη, στον οποίο η γνώση εγχαράσσεται έξωθεν (Ράπτης & Ράπτη, 2013).

Η A.R. σχετίζεται επίσης με τη θεωρία «just-in-time» μάθησης. Αυτή η θεωρία υποδηλώνει ότι οι μαθητές μαθαίνουν πληροφορίες, που πρέπει να γνωρίζουν τώρα, αυτή τη στιγμή. Οι Collins και Halverston (2009) υπογράμμισαν ότι οι εκπαιδευτικοί οφείλουν να "επαναπροσδιορίσουν" πώς βλέπουν τη μάθηση και να "ξανασκεφτούν" τι θα πρέπει να διδάσκουν. Η Επαυξημένη Πραγματικότητα τους επιτρέπει να κάνουν και τα δύο αυτά πράγματα, επιτρέποντας στους εκπαιδευτικούς να χρησιμοποιούν μια νέα και ελκυστική τεχνολογία για να δουν με διαφορετικό τρόπο τις πτυχές του πραγματικού κόσμου. Οι Dunleavy et al. (2009) συζήτησαν την πιθανή σχέση μεταξύ της φυσικής θεωρίας μάθησης και της Επαυξημένης Πραγματικότητας. Σύμφωνα με τη φυσική μαθησιακή θεωρία, η εκμάθηση γίνεται φυσικά κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων. Ορισμένες καταστάσεις της A.R. επιτρέπουν στους μαθητές να χρησιμοποιούν πραγματικές εμπειρίες για να διευκολύνουν τη μάθηση, η οποία πολλές φορές προκύπτει καθώς οι μαθητές περνούν στο περιβάλλον επίλυσης προβλημάτων. Στο περιβάλλον αυτό οι μαθητές συνεργάζονται μαθαίνοντας ο ένας από τον άλλο και αναμφίβολα αλληλεπιδρούν κοινωνικά (Antonioli, Blake & Sparks, 2014).

Ισχυρή ανάπτυξη παρουσιάζουν τελευταία, με την παραγωγή των έξυπνων κινητών συσκευών, οι εφαρμογές προσαρμοσμένες σε Android και IOS, μέσα από κατάλληλες πλατφόρμες που δημιουργήθηκαν. Φυσικά, εδώ θα ασχοληθούμε με τις εφαρμογές στην εκπαίδευση και κατά πόσο αυτές μπορούν να αποτελέσουν σημαντικό εφόδιο στη μαθησιακή διαδικασία. Οι μεταβλητές που εξετάζονται είναι τα κόστη και τα προαπαιτούμενα αυτών των εφαρμογών, ενώ γίνεται και μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας, η οποία θα οδηγήσει στην στοχευμένη προσαρμογή τέτοιων εφαρμογών στο εκπαιδευτικό σύστημα. Οι Nesterov et al. (2017) σημειώνουν ότι οι τεχνολογίες A.R. αντικαθιστούν τον ακριβό εργαστηριακό εξοπλισμό, ενώ το επίπεδο ενδιαφέροντος των μαθητών αυξάνεται λόγω της αλληλεπίδρασης αυτών των τεχνολογιών με τους μαθητές. Στη μελέτη τους, οι Martin et al. (2015) διερεύνησαν τη σχέση μεταξύ εκπαίδευσης και αντίληψης χρησιμοποιώντας θεωρητική γνώση σε εργαστηριακές πρακτικές που υποστηρίζονται από A.R.

Υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες εφαρμογών A.R., που χρησιμοποιούνται στην εκπαίδευση. Αυτές που βασίζονται στην εικόνα (Image-Based AR), την οποία ανιχνεύουν συνήθως με την ύπαρξη κάποιου ραβδωτού κώδικα (Barcode) προκειμένου να δώσουν τις σχετικές πληροφορίες. Έπειτα εκείνες που βασίζονται στη θέση (Location-Based), οι οποίες με βάση τη θέση που βρίσκεται ο χρήστης, που συνήθως

εντοπίζεται μέσω του GPS-δέκτη του τροποποιούν την παραγόμενη πληροφορία αναλόγως. Είναι προφανές ότι οι A.R. εφαρμογές που στηρίζονται στη θέση μπορούν να εφαρμοστούν περισσότερο σε ανοιχτά περιβάλλοντα.

Οι παραπάνω αναφερόμενες προσεγγίσεις είναι εφικτό να οδηγήσουν σε διαφορετικά αποτελέσματα σχετικά με τη μάθηση επιστημονικών αντικειμένων. Έχει διαπιστωθεί ότι οι βασισμένες μεν στην εικόνα A.R. εφαρμογές συμβάλουν θετικά στην ανάπτυξη της ικανότητας κατανόησης του χώρου, στη βελτίωση των πρακτικών δεξιοτήτων και στην κατανόηση εννοιών. Οι βασισμένες δε στη θέση A.R. εφαρμογές ενθαρρύνουν τις περισσότερες φορές προσπάθειες διερευνητικής-ανακαλυπτικής μάθησης (Cheng & Tsai, 2013). Στηριζόμενοι στην ισχυρή λειτουργικότητα της A.R. ως μιας βελτιωμένης τεχνολογίας διεπαφής χρήστη, οι ερευνητές πιστεύουν ότι η A.R. έχει πολλαπλά πλεονεκτήματα για την ενίσχυση της διδασκαλίας και τη βελτίωση της μάθησης (Radu, 2014). Επιγραμματικά, θα λέγαμε ότι η χρήση εφαρμογών A.R. στον εκπαιδευτικό χώρο έχει σήμερα τη δυνατότητα να:

- ✓ Ενισχύσει την πρόσληψη της διδασκόμενης έννοιας από τους μαθητές και να συμβάλλει στην βελτίωση της απόδοσή τους.
- ✓ Ενεργοποιήσει τη διάθεση των μαθητών για διερεύνηση, ώστε το διδασκόμενο υλικό να ιδωθεί υπό πολλαπλές οπτικές γωνίες.
- ✓ Αλλάξει επίπεδο η διδακτική προσέγγιση πρακτικών γνωστικών αντικειμένων, όπως η αστρονομία και η γεωγραφία.
- ✓ Ενδυναμώσει τη, μεταξύ εκπαιδευτικών και μαθητών, συνεργατική διάθεση.
- ✓ Προωθήσει τη δημιουργικότητα και την αυτενέργεια των μαθητών.

Η χρήση A.R. εφαρμογών στη διδακτική πράξη και διαδικασία σηματοδοτεί τη σύνθεση ενός νέου περιβάλλοντος μάθησης. Εικόνες, βίντεο αλλά και τρισδιάστατα γραφικά ενσωματώνονται σε πραγματικό χρόνο στις ρεαλιστικές συνθήκες των μαθητών, και έτσι έχουμε τη δημιουργία ενός αποτελεσματικού τρόπου αναπαράστασης, ο οποίος κρατά σε ισορροπία την αλληλεπίδραση υπαρκτού και ψηφιακά συντιθέμενου περιβάλλοντος. Κατά την άποψη των Lee (2012) και Wasko (2013) η A.R. εδραιώνεται στη σύμπραξη των αρχών από τη μια μεριά του κονστрукτιβισμού, ο οποίος συναρτάται με τη δόμηση νοητικών μοντέλων και από την άλλη υπακούει στις επιταγές της πλαισιοθετημένης μάθησης, στην οποία το πλαίσιο, εντός του οποίου διαμορφώνονται οι συνολικές αλληλεπιδράσεις των μαθητευόμενων με άλλα άτομα ή και διάφορα αντικείμενα, που φέρουν ως απότοκο τη

μάθηση, κατέχει κομβικό ρόλο. Υπό την έννοια αυτή, η νέα γνώση, καθώς εντάσσεται μέσα στο κατάλληλο πλαίσιο, που διασφαλίζει την αλληλεπίδραση με τους μαθητές, νοηματοδοτείται εντός αυτού του συγκεκριμένου πλαισίου, συναρτάται άρρηκτα με αυτό και ως αποτέλεσμα διαμορφώνονται από τους μαθητές νοητικές δομές ολοκληρωμένες, οι οποίες αποφέρουν τη μάθηση (Dunleavy & Dede, 2014).

Διάφοροι ερευνητές ασχολήθηκαν με τις συγκεκριμένες εφαρμογές A.R. και την αξιοποίησή τους στην εκπαίδευση. Με γνώμονα επιστημονικές έρευνες (Martin et al., 2011; Tarnng & Ou, 2012; Chang et al., 2014 κ.ά.) οι A.R. εφαρμογές που αξιοποιούνται σε ποικίλα γνωστικά αντικείμενα αποβαίνουν ένα ανεκτίμητο εργαλείο για τους εκπαιδευτικούς και δύνανται να συνεισφέρουν σημαντικά στην εκπαιδευτική διαδικασία, αφού δίνουν την ευκαιρία στους μαθητές να βιώσουν εμπειρίες και να δουν γεγονότα, τα οποία δύσκολα θα έβλεπαν ή και δεν θα μπορούσαν να ζήσουν στην πραγματική ζωή τους. Σε αντικείμενα, όπως ενδεικτικά η Φυσική, η Χημεία, η Βιολογία, η Ανατομία, τα Μαθηματικά, η Γλώσσα και η Γεωγραφία θεωρείται ότι ενισχύουν το κίνητρο προς τη μάθηση, κινητοποιούν την αλληλεπίδραση με άλλα πρόσωπα ή αντικείμενα εικονικής φύσεως, προσφέρουν ακριβή απεικόνιση όσον αφορά τις έννοιες χρόνου και χώρου και καθιστούν προσιτή μια πληρέστερη κατανόησή τους, προωθούν την ανάπτυξη της ικανότητας να συνδέουν οι μαθητές αυτά που μαθαίνουν με την καθημερινή ζωή, στην οποία θα έχουν τη δυνατότητα στη συνέχεια να τα εφαρμόσουν.

Από πιλοτικές A.R. εφαρμογές έχουν επίσης προκύψει θετικές διαπιστώσεις όσον αφορά την ενεργοποίηση και την αύξηση του ενδιαφέροντος στη μαθησιακή διαδικασία (Di Serio et al., 2013; Wu et al., 2013). Ομοίως, διατυπωθεί επισημάνσεις για την ανοδική τάση της συμμετοχής των μαθητών στην εκπαιδευτική πράξη (Bidin & Ziden, 2013), πλαισίωση της προσφερόμενης γνώσης (Lee, 2012; Wasko, 2013) και για επιδράσεις στην τόνωση της δημιουργικότητας, διεύρυνση της φαντασίας και όξυνσης της κριτικής τους σκέψης (Lee, 2012; Mang & Wardley, 2013; Wasko, 2013).

3.2 Δυσκολίες και μειονεκτήματα της χρήσης Ε.Π. στην εκπαίδευση

Η χρήση της A.R. στον χώρο της εκπαίδευσης δεν έχει φυσικά μόνο θετικά στοιχεία, υπάρχουν και μειονεκτήματα, αλλά και δυσκολίες εφαρμογής της. Οι δυσκολίες αυτές

μπορούν να διακριθούν σε τέσσερα επίπεδα: εκπαιδευτικό πλαίσιο, διαθέσιμες A.R. πλατφόρμες, τεχνικά προβλήματα, δυσκολίες μαθητών (Antonioli et al., 2014). Η χρήση A.R. προφανώς προϋποθέτει ισχυρή προετοιμασία του διδάσκοντα. Η πλειονότητα των εφαρμογών αφορά ένα συγκεκριμένο πεδίο, οπότε είναι μάλλον αδύνατη η τροποποίησή τους, ώστε να ταιριάζουν σε άλλη περίπτωση. Πρόσθετα, οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί είναι προσανατολισμένοι σε δασκαλοκεντρικές μεθόδους διδασκαλίας, οπότε και αντιμετωπίζουν εχθρικά κάθε είδους αλλαγή. Τέλος, η κατάσταση γίνεται πιο σύνθετη, αν σκεφτούμε ότι αρκετές εφαρμογές A.R. απαιτούν προγραμματιστικές γνώσεις.

Τα πιο συχνά τεχνικά προβλήματα αφορούν τις αστοχίες του GPS συστήματος (Dunleavy & Dede, 2014; Wu et al., 2013; Bacca et al., 2014) και έπονται οι δυσκολίες που διαπιστώνονται για χρήσεις στον εξωτερικό χώρο, όπως αντανάκλασεις ηλιακού φωτός, θορυβώδεις περιβάλλον. Τέλος, αναφέρονται και προβλήματα χειροκίνητης ρύθμισης των συσκευών. Στις δυσκολίες που σχετίζονται με τους μαθητές, αναφέρεται ως σημαντικότερο εμπόδιο η γνωστική υπερφόρτωσή τους και το ότι αποδίδουν μεγαλύτερη έμφαση στις εικονικές πληροφορίες παρά στα ερευνητικά ζητούμενα μιας διδακτικής δραστηριότητας (Dunleavy & Dede, 2014).

3.3 Βιβλιογραφική αναφορά ερευνών σχετικά με τη χρήση AR στην εκπαίδευση

Η αξιοποίηση της A.R. τεχνολογίας στην εκπαίδευση έχει προκαλέσει το ερευνητικό ενδιαφέρον πολλών σύγχρονων μελετητών. Μια από τις έρευνες αυτές, που συμπεριέλαβε δείγμα 10 υλοποιημένων ερευνών που αφορούσαν τη χρήση A.R., ως μεθόδου ενίσχυσης της εκπαιδευτικής πράξης, επιβεβαίωσε μια τάση αύξησης του ενδιαφέροντος στη σχετική αρθρογραφία για ενασχόληση με το συγκεκριμένο θέμα, αλλά και παράλληλα μία εφαρμογή στην εκπαίδευση της A.R. σε ακόμη πολύ πρώιμο στάδιο (Martin et. al., 2011). Επόμενη ερευνητική απόπειρα με βιβλιογραφική επισκόπηση του Radu (2012 & 2014), που είχε ως στόχο να συγκρίνει τα μαθησιακά αποτελέσματα σε περιβάλλον με ή χωρίς τη χρήση A.R. εφαρμογών, κατέδειξε στα συμπεράσματά της τη θετική συμβολή της A.R. πρωτίστως στην κατανόηση των διαστάσεων και των δομών του χώρου, στη δυνατότητα απομνημόνευση και στις γλωσσικές σχέσεις. Σημειώθηκαν, ωστόσο, και αναφορές για τις δυσκολίες που διαπιστώνονται κατά την εφαρμογή στη σχολική τάξη, με έμφαση στην αρνητική

επιρροή της στη συγκέντρωση ορισμένων παιδιών και στις δυσκολίες χειρισμού από μέρος των μαθητών.

Ερευνητική προσέγγιση των Santos et al., (2014) σε ένα δείγμα με 87 έρευνες περιλαμβανόμενες στη βάση IEEE Xplore, που αφορούσαν στη μαθησιακή εμπειρία με τη χρήση της A.R., διαπίστωσε μια μεγάλη εύρους απόκλιση. Οι επιδόσεις των μαθητών/τριών, που διδάχτηκαν γνωστικά αντικείμενα με A.R. παρουσίασαν από ελάχιστα αρνητική έως και πολύ θετική επίδραση. Επιπρόσθετα, η ποιοτική ανάλυση των σχεδιαστικών κριτηρίων, στα οποία υπακούουν οι A.R. εφαρμογές, κατέδειξε την παρουσία δύο πλεονεκτημάτων της, που είναι η δυνατότητα οπτικοποίησης της έννοιας και η εισαγωγή της ψηφιακής πληροφορίας στο φυσικό περιβάλλον.

Μια ακόμη απόπειρα βιβλιογραφικής ανασκόπησης 32 εμπειρικών ερευνών, που πραγματοποιήθηκε από τους Bacca et al., (2014) και αφορούσε στις χρήσεις, στους περιορισμούς και στα αναδυόμενα πλεονεκτήματα της A.R. στην εκπαίδευση, συμπέρανε ότι η αποδοτικότερη A.R. αξιοποίηση μπορεί να γίνει στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Στον τομέα αυτό οι περιορισμοί στη χρήση της A.R. είναι ελάχιστοι και θετικά συμπεράσματα αφορούσαν τόσο την ενεργοποίηση της διάθεσης των μαθητών όσο και την αποτελεσματική εξέλιξη της μαθησιακής διαδικασίας και τις βελτιωμένες επιδόσεις. Στο ίδιο πνεύμα κινούνται και τα αποτελέσματα άλλης έρευνας, η οποία πρόσθετα συμπεριλαμβάνει και την διαμόρφωση από τους μαθητές θετικής στάσης απέναντι στο μάθημα, στο οποίο χρησιμοποιήθηκε η A.R.. Οι διαπιστώσεις αυτές διατυπώθηκαν από τους Chen et al., (2016), που μελέτησαν βιβλιογραφικά 55 διαφορετικές έρευνες προερχόμενες από τη βάση SSCI, οι οποίες έλαβαν χώρα μεταξύ του 2011 και του 2016. Αρκετοί, τέλος, ερευνητές κάνουν λόγο για τη γενικότερη ενίσχυση του ενδιαφέροντος των μαθητών και για τη συγκέντρωση της προσοχής τους, σε διδασκαλίες που περιέχουν αξιοποίηση των A.R. εφαρμογών (Cai et al., 2013; Radu, 2014; Akcayir et al., 2016).

Στα 2016, μια συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση 68 ερευνών των 9 προηγούμενων ετών, ανέδειξε την εξαγωγή πολλών πλεονεκτημάτων από τη χρήση της A.R. στην εκπαίδευση, όπως θετική στάση μαθητών, βελτίωση επίδοσης, καλύτερη επίτευξη διδακτικών στόχων (Akcayir & Akcayir, 2016). Κατά την αξιολόγηση A.R. εφαρμογών οι περισσότεροι από τους μαθητές σημείωσαν ότι «οι δείκτες ήταν

μαγικοί» (Barreira et al, 2012), ενώ παρατηρήθηκε αύξηση της ικανοποίησης των μαθητών. Η χρήση της A.R. φαίνεται να έχει θετική επίδραση σε ποικίλους τομείς της εκπαιδευτικής διαδικασίας, οι οποίοι κατά σειρά συχνότητας είναι οι ακόλουθοι: τα μαθησιακά οφέλη, η κινητοποίηση για μάθηση, η μεταξύ των μαθητών συνεργασία, η προσοχή που επιδεικνύουν στο μάθημα, η διαμόρφωση θετικής για το μάθημα στάσης, ο ενθουσιασμός, η ανυπομονησία, η ευκολία στο να συγκρατούν γνώσεις, η ενίσχυση της αντίληψης του χώρου και η ανάπτυξη της παρατηρητικότητας.

Οι μισές περίπου από τις ερευνητικές προσπάθειες (48,1%) σχετίζονται με το πεδίο των Φυσικών Επιστημών. Στο πεδίο αυτό διδακτικά στοιχεία που αφορούν την απεικόνιση εννοιών ή αντικειμένων, τα οποία δεν θα ήταν εφικτό να δουν ή και να αντιληφθούν πολλοί μαθητές στον πραγματικό κόσμο (ενδεικτικά το μόριο, η διάσπαση του πυρήνα, μια προσομοίωση εργαστηριακού πειράματος) αποκτούν ρεαλιστική υπόσταση. Ομοίως, αντίστοιχη λογική επικρατεί και στη διδασκαλία των μαθηματικών, ιδιαίτερα των γεωμετρικών εννοιών, της γεωγραφία και της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης (Τζόρτζογλου & Σοφός, 2017). Παράλληλα, η δυνατότητα αξιοποίησης A.R. εφαρμογών στον ευρύτερο χώρο της εκπαίδευσης, με τη χρήση κινητής συσκευής, φαίνεται πως αποφέρει θετικές πτυχές (Liu et al., 2016; Radu et al., 2016; Τζόρτζογλου & Σοφός, 2017).

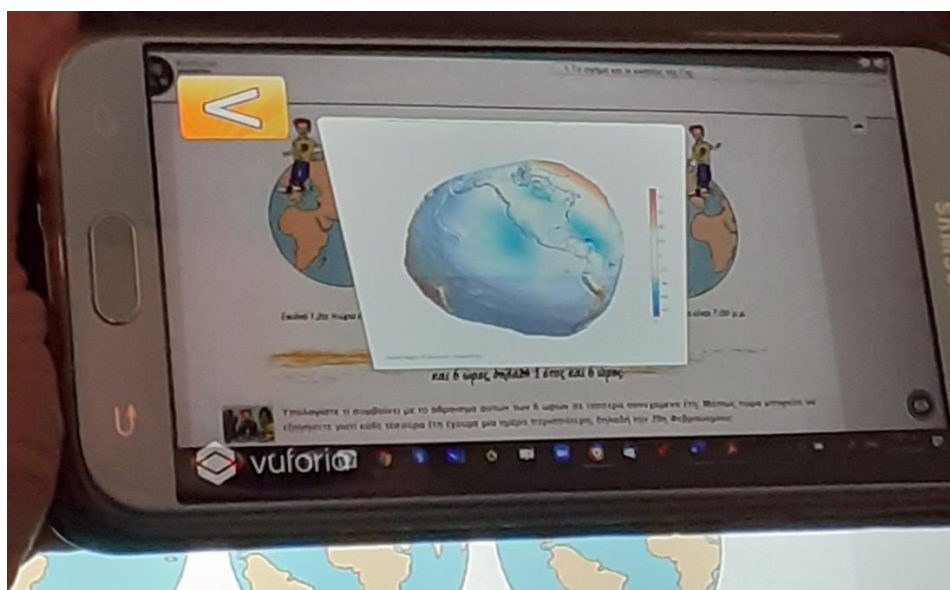
Αβίαστα οδηγούμαστε στο συμπέρασμα πως η A.R. δύναται να ενισχύσει την διδακτική πράξη και γενικότερα την εκπαίδευση, διότι στο νέο-σχηματιζόμενο ψηφιακό περιβάλλον διαδραστικής μάθησης, ο μαθητής αποκτά την ευελιξία να κινηθεί στον φυσικό χώρο και να αξιοποιήσει ταυτόχρονα τις ψηφιακές πληροφορίες στη κινητή συσκευή, δίχως να παραμένει σε στατική θέση εμπρός από την οθόνη του υπολογιστή. Επίσης, ως παραγωγός υλικού A.R. κατακτά κάποιος όλες τις δεξιότητες που απαιτούνται για ένα τεχνολογικά εγγράμματο πολίτη, δεξιότητες οι οποίες είναι απαραίτητες στο 21ο αιώνα. Η τεχνολογία A.R. αυξάνεται με ρυθμούς καταγιστικούς και οι πιθανοί τρόποι χρησιμοποίησής της στην τάξη επαφίενται στη δημιουργική φαντασία τόσο των εκπαιδευτικών όσο και των μαθητών τους.

3.4. Βιβλία Επαυξημένης Πραγματικότητας

Οι τεχνολογικές εξελίξεις δεν άφησαν ανεπηρέαστα τα παραδοσιακά σχολικά βιβλία, τα οποία ακολουθώντας τη γενικότερη εξέλιξη επηρεάστηκαν σημαντικά από κυρίαρχες στη σημερινή εποχή τεχνολογικές τάσεις. Έτσι πήραν διάφορες νεωτερικές μορφές, όπως ενδεικτικά βιβλία με ήχο, βιβλία σε CD ROM πολυμεσικά, βιβλία διαδραστικής μορφής στο διαδίκτυο και βιβλία ψηφιακά. Μια πρόσφατη μορφή ενός βιβλίου, είναι εκείνο που αξιοποιεί την τεχνολογία της A.R. Ο όρος, με τον οποίο τα βιβλία αυτά κατονομάζονται στη βιβλιογραφία είναι βιβλία Επαυξημένης Πραγματικότητας - Augmented Reality Books. Τα βιβλία αυτής της μορφής, σύμφωνα με τους Grasset et al. (2008), διαθέτουν περιεχόμενο, το οποίο είναι εμπλουτισμένο με τρισδιάστατα στοιχεία εικονικής υφής ή με ψηφιακό υλικό. Τα βιβλία Επαυξημένης Πραγματικότητας εντάσσονται γενικά στα συστήματα Επαυξημένης Πραγματικότητας, που βασίζονται στην εικόνα (image-based augmented reality). Αποτελούν μια εκδοχή των έντυπων παραδοσιακών βιβλίων, οι σελίδες των οποίων έχουν εμπλουτιστεί και, μέσω ανάλογης εφαρμογής, που περιέχεται σε έξυπνο κινητό ή τάμπλετ, επαυξάνονται με ψηφιακό -ενδεικτικά, εικόνες, ήχος, κείμενο ή και τρισδιάστατα αντικείμενα- περιεχόμενο (Grasset, Dünser, Seichter & Billinghamurst, 2008).

Η χρήση των εφαρμογών A.R. στην πραγματικότητα του ελληνικού σχολείου ήταν ως πρόσφατα αισθητά περιορισμένη. Η αξιοποίησή τους αρχίζει να δρομολογείται σταδιακά με τη μορφή των σχολικών εγχειριδίων, από τα οποία μπορούν να σημειωθούν, ως πρόσφατα παραδείγματα, τα βιβλία της Γεωγραφίας για την ΣΤ΄ τάξη και της Πληροφορικής για το Γυμνάσιο των Γεωργίου & Τζόρτζογλου. Τα εν λόγω βιβλία περιέχουν επαυξήσεις με την εφαρμογή SchoolAR (<http://users.sch.gr/samgeorg/schoolar/wordpress/>). Πρόκειται για μία εκπαιδευτική εφαρμογή για tablets και κινητά τηλέφωνα, που παρέχεται δωρεάν και η οποία λειτουργεί ως ακολούθως: αφού κατεβάσουμε την εφαρμογή στο κινητό και μπούμε στο κεντρικό της μενού, αποκτούμε τη δυνατότητα να ενημερωθούμε για τις σελίδες του σχολικού εγχειριδίου, στις οποίες έγινε εμπλουτισμός με ψηφιακό υλικό. Κατόπιν, μπορούμε να μεταφερθούμε σε σελίδα της επιλογής μας, να χρησιμοποιήσουμε από το αρχικό μενού αυτής της A.R. εφαρμογής την επιλογή Κάμερα A.R. και να στοχεύσουμε στη σελίδα του βιβλίου. Το ψηφιακό υλικό, το οποίο ενδέχεται να είναι αντικείμενα

τρισεδιάστατα ή βίντεο, πάντα, ωστόσο σχετικά με το περιεχόμενο του μαθήματος, προβάλλεται στην οθόνη της κινητής συσκευής μας, μέσω του μηχανισμού αναγνώρισης που διαθέτει η εφαρμογή.



Εικόνα 26 : Επαύξηση εικόνας σε βιβλίο Γεωγραφίας μέσω εφαρμογής κινητού



Εικόνα 27 : Επαύξηση σελίδας βιβλίου Πληροφορικής Α΄ Γυμνασίου με εικόνα

Η εφαρμογή δημιουργήθηκε ως πειραματικό project *Augmented Reality* για τα σχολικά βιβλία. Είναι διαθέσιμη στο *Google Play* για συσκευές Android και σύντομα και για iOS. Όλα τα λογισμικά που αξιοποιήθηκαν στην κατασκευή της εφαρμογής είναι δωρεάν όπως Unity και Vuforia. Επίσης όλα τα ψηφιακά στοιχεία της εφαρμογής είναι από δωρεάν ιστοσελίδες παροχής γραφιστικού υλικού, δημιουργίες του σχεδιαστή και με άδειες χρήσης λογισμικού.

Ο προγραμματιστής της εφαρμογής είναι ο εκπαιδευτικός πληροφορικής Σωτήρης Γεωργίου.

3.5 AR στο Ελληνικό Εκπαιδευτικό Σύστημα

Είναι σημαντικό να μελετηθούν οι βασικοί παράγοντες που δύνανται να επιδράσουν στη μελλοντική αποδοχή της και στην αποτελεσματική χρήση της A.R. στην εκπαιδευτική διαδικασία. Οι εκπαιδευτικοί είναι το κοινό στοιχείο σε κάθε διαφορετικό εκπαιδευτικό σύστημα και διαδραματίζουν βασικό ρόλο στην ένταξη και αποδοχή της τεχνολογίας στην εκπαίδευση.

Οι Σ. Σπύρου και Α. Σοφός (2019) αξιοποίησαν την πλατφόρμα δημιουργίας υλικού A.R. Blippar, ώστε τα παιδιά της Στ΄ τάξης Δημοτικού σχολείου, υπό την καθοδήγηση του δασκάλου τους, να επαυξήσουν το σχολικό τους βιβλίο της Γεωγραφίας και πιο συγκεκριμένα το κεφάλαιο με τις κινήσεις της Γης με κύριο σκοπό να εμπεδώσουν σε βάθος τις επιδιωκόμενες γνώσεις. Τα παιδιά μετατράπηκαν σε ερευνητές και ανακάλυψαν μόνοι τους τη νέα γνώση με έναν άκρως διασκεδαστικό τρόπο για αυτά

Το εκπαιδευτικό πρόβλημα για το συγκεκριμένο κεφάλαιο ήταν το γεγονός ότι οι μαθητές είχαν λανθασμένες αντιλήψεις όσον αφορά στο σχήμα ή στις κινήσεις της Γης, όπως Γη – Δίσκος, Διπλή Γη, Κοίλη σφαίρα, πεπλατυσμένη σφαίρα. Η καινοτομία της συγκεκριμένης εκπαιδευτικής δράσης έγκειται στο ότι οι ίδιοι οι μαθητές μετατράπηκαν σε ερευνητές, έμαθαν να δημιουργούν μόνοι τους υλικό A.R. και εμπέδωσαν τις επιδιωκόμενες διδαχθείσες γνώσεις, αφού έψαξαν μόνοι τους υλικό, με το οποίο επαύξησαν το σχολικό τους βιβλίο.

Η Μ. Μπάκα (2018) προσπάθησε να ερευνήσει τα αποτελέσματα της μάθησης με τη χρήση A.R. σε μαθητές 6^{ης} τάξης Δημοτικού στη διδασκαλία του Ηλιακού Συστήματος, σε σχέση με μια πιο συμβατική διδασκαλία. Η διδακτική παρέμβαση αξιοποίησε ως πρωταρχικά εργαλεία ένα έντυπο πληροφοριακού χαρακτήρα για τους πλανήτες που συναποτελούν το ηλιακό σύστημα και την A.R. εφαρμογή «Παράθυρο στο σύμπαν». Η εν λόγω εφαρμογή A.R. στηρίζεται σε κατάλληλες κάρτες που προβάλλουν πληροφορίες σχετικές με τα ουράνια σώματα που συνθέτουν το ηλιακό μας σύστημα με απτικό τρόπο. Για την υλοποίηση χρησιμοποιείται η κάμερα του κινητού

προκειμένου η εφαρμογή να αναγνωρίσει κάθε εποπτική κάρτα και να υπερθέσει πάνω της τα ψηφιακά τρισδιάστατα μοντέλα των πλανητών. Προσφέρεται ταυτόχρονα η δυνατότητα λήψης εγκυκλοπαιδικών πληροφοριών σχετικά με κάθε πλανήτη.

Ο χρήστης αποκτά έτσι τη δυνατότητα διαντίδρασης με το τρισδιάστατο περιεχόμενο, μέσω της απτικής προσέγγισης με το κινητό του. Επιπλέον μπορεί, περιστρέφοντας την κάρτα, να ατενίζει κάθε πλανήτη από διαφορετική οπτική γωνία αλλά και να προσλάβει πληροφοριακό υλικό που αφορά το πλανητικό σύστημα μέσω infographics που έχουν σχεδιαστεί κατάλληλα με γνώμονα την ηλικιακή ομάδα των χρηστών. Η συγκεκριμένη παρέμβαση πραγματοποιήθηκε σε δωδεκαθέσιο σχολείο πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στην πόλη των Σερρών και οργανώθηκε για δύο ομάδες: την ομάδα ελέγχου, αποτελούμενη από 21 μαθητές, και την πειραματική ομάδα, αποτελούμενη από 18, με διάρκεια και για τις δύο ομάδες 2,5 διδακτικές ώρες, ενώ είχε προηγηθεί ενημέρωση των εκπαιδευτικών και των συμμετεχόντων μαθητών για το περιεχόμενο της διδακτικής παρέμβασης.

Για τις δύο ομάδες χρησιμοποιήθηκε ως διδακτικό εργαλείο προσέγγισης της γνώσης το έντυπο προαναφερθέν πληροφοριακό υλικό και πρόσθετα δύο συσκευές φορητής μορφής, στις οποίες εγκαταστάθηκε η A.R. εφαρμογή «Παράθυρο στο σύμπαν». Πιο συγκεκριμένα, η ομάδα ελέγχου παρακολούθησε, με την έναρξη της διδασκαλίας, ένα βίντεο με θεματικό πυρήνα το Ηλιακό σύστημα και σχημάτισε έναν εννοιολογικό χάρτη στον πίνακα. Έπειτα ζητήθηκε από τους μαθητές να σχηματίσουν ομάδες εργασίας, η καθεμιά εκ των οποίων με τη βοήθεια και του έντυπου πληροφοριακού φυλλαδίου ανέλαβε ως αντικείμενο τη μελέτη δύο πλανητών. Αφού ολοκληρώθηκε η ομαδική δραστηριότητα, κάθε ομάδα παρουσίασε τα χαρακτηριστικά των πλανητών που διερεύνησε, ακολούθησε συζήτηση και δημιουργία κολλάζ με τους πλανήτες. Η παρέμβαση ολοκληρώθηκε με την προσωπική συμπλήρωση σε φύλλο αξιολόγησης για τις γνώσεις που αποκόμισαν.

Αντίστοιχα, η πειραματική ομάδα ακολούθησε τα ίδια μεθοδολογικά βήματα έως και την κατασκευή του εννοιολογικού χάρτη, αλλά μετά οι μαθητές σχημάτισαν επιμέρους ομάδες, που θα μελετούσαν από δύο πλανήτες με τη βοήθεια της A.R. εφαρμογής «Παράθυρο στο Σύμπαν». Όταν ολοκληρώθηκε η διερεύνηση, μέσω της εφαρμογής, πραγματοποιήθηκε αλληλοπαρουσίαση ανάμεσα στις ομάδες, σημειώθηκαν τα βασικά γνωρίσματα των μελετώμενων πλανητών και δημιουργήθηκε το κολλάζ τους. Η

παρέμβαση ομοίως έκλεισε με το να συμπληρώσουν οι μαθητές φύλλο αξιολόγησης, που αφορούσε τις γνώσεις που προσέλαβαν. Καταληκτικά οι μαθητές της πειραματικής ομάδας εμφάνισαν υψηλότερες επιδόσεις σε σχέση με την ομάδα ελέγχου, ενώ η ποιοτική αξιολόγηση κατέδειξε ότι το μοντέλο μαθητοκεντρικής, διερευνητικής μάθησης, που υιοθετήθηκε λειτούργησε αποτελεσματικά για να ανακαλύψει κάθε μαθητής το ηλιακό σύστημα με τους προσωπικούς του ρυθμούς.

Οι Π. Τσιαβός και Σ. Αλιβίζος (2019) μελέτησαν τη χρήση της A.R. στην εκπαίδευση και συγκεκριμένα στο μάθημα «Φυσικά - Ερευνώ και Ανακαλύπτω», που διδάσκεται στην Ε΄ τάξη του Δημοτικού σχολείου. Τα ερευνητικά ερωτήματα στα οποία εστίασαν ήταν αν, αφενός η χρήση ενός σχολικού βιβλίου Φυσικής με A.R. επαυξήσει επιφέρει ποιοτικότερο μαθησιακό αποτέλεσμα, αν συγκριθεί με μια διδασκαλία συμβατικού/κλασικού τύπου και αν, αφετέρου η αξιοποίηση σχολικών A.R. βιβλίων επιδρά στην ενεργοποίηση του μαθητικού ενδιαφέροντος και γενικότερα στη θετική στάση τους απέναντι στο αντίστοιχο γνωστικό αντικείμενο, σε σύγκριση με τα σχολικά βιβλία παραδοσιακής μορφής.

Ειδικότερα, η εκπαιδευτική παρέμβαση πραγματοποιήθηκε σε 12θέσιο δημοτικό σχολείο στην πόλη της Ρόδου. Η παρέμβαση υλοποιήθηκε σε δύο ομάδες μαθητών (αποτελούμενες από 22 μαθητές ανά ομάδα) της Ε΄ τάξης, εκ των οποίων η μία λειτούργησε ως πειραματική ομάδα και η άλλη ως ομάδα ελέγχου. Στην αρχή αξιοποιήθηκε ένα σύντομης μορφής ερωτηματολόγιο/τεστ, για να διαπιστωθούν από τη μια οι προηγούμενες γνώσεις των παιδιών και για να ελεγχθεί από την άλλη η παρουσία ανάλογων συνθηκών σε σχέση με το επίπεδο των μαθητών, που συνθέτουν τις δύο ομάδες. Η εκπαιδευτική παρέμβαση υλοποιήθηκε στην πειραματική ομάδα με την αξιοποίηση τάμπλετ και της A.R. εφαρμογής του σχολικού βιβλίου, η οποία δημιουργήθηκε για τον σκοπό αυτό, ενώ στην ομάδα ελέγχου επιχειρήθηκε μια διδασκαλία συμβατική, στην οποία συνυπήρξε η τεχνολογία τόσο με την παρουσίαση εικόνων και βίντεο όσο και με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή και προτζέκτορα. Η παρέμβαση και στις δύο ομάδες σχεδιάστηκε με το μαθητοκεντρικό διδακτικό μοντέλο και την ομαδοσυνεργατική μέθοδο διδασκαλίας, στην οποία ο δάσκαλος έχει οργανωτικό και καθοδηγητικό ρόλο.

Το γνωστικό αντικείμενο «Φυσικά - Ερευνώ και Ανακαλύπτω» περιέχεται στο πρόγραμμα των δύο τελευταίων τάξεων του Δημοτικού. Από τη μελέτη της

στοχοθεσίας του μαθήματος στο αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών προκύπτει η επιτακτική ανάγκη να αξιοποιηθεί η τεχνολογία σε όλες τις φάσεις της διδακτικής και μαθησιακής διαδικασίας, προκειμένου να επιτευχθεί κάθε επιμέρους στόχος. Πρόσθετα, λόγω της ιδιαιτερότητας αυτού του μαθησιακού αντικειμένου, που περιέχει πλήθος από δύσκολες έννοιες και δυσνόητα θέματα, η χρησιμοποίηση Α.Ρ. εφαρμογών επιτυγχάνει αρχικά να οπτικοποιηθούν οι έννοιες και οι μεταξύ τους σχέσεις και έπειτα να κατανοηθούν πληρέστερα. Η συγκεκριμένη παρέμβαση εστίασε στην ενότητα «Υλικά Σώματα», που σχετίζεται με τη Δομή της ύλης και τις ιδιότητες που έχουν τα υλικά σώματα. Η συγκεκριμένη ενότητα επιλέχθηκε με γνώμονα το ότι συνιστά την πρώτη ενότητα που συναντούν οι μαθητές στο γνωστικό αντικείμενο των Φυσικών επιστημών. Έγιναν επαυξήσεις των σχετικών εννοιών με χρήση βίντεο προερχόμενων είτε από την εκπαιδευτική τηλεόραση είτε το YouTube, αλλά και με χρήση επεξηγηματικών εικόνων. Όλοι οι μαθητές θεώρησαν το εμπλουτισμένο βιβλίο ως ιδιαίτερα ενδιαφέρον, η εφαρμογή τους φάνηκε σαν παιχνίδι και ότι οι επιπλέον πληροφορίες τους βοήθησαν στην καλύτερη κατανόηση των εννοιών. Το συμπέρασμα ήταν ότι η πειραματική ομάδα πέτυχε καλύτερο μέσο όρο βαθμολόγησης κατά 3 μονάδες σε σχέση με την ομάδα ελέγχου, στο Τεστ Αξιολόγησης.

Οι εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας (V.R.) και επαυξημένης πραγματικότητας (A.R.), που έχουν αρχίσει να αναπτύσσονται γρήγορα τα τελευταία χρόνια, έρχονται στο προσκήνιο ως μια πολύ αποτελεσματική τεχνική με την ευκαιρία της οπτικής αλληλεπίδρασης με τα αντικείμενα που δίνονται στον χρήστη (Kofoglu et al., 2019; Emreli et al., 2019; Diaz Nougera et al., 2019)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

AR και Μαθηματικά

4.1 Λογισμικά μαθηματικών με δυνατότητα AR

Τα κινητά τηλέφωνα και τα tablets γίνονται κοινά εργαλεία στην καθημερινή ζωή. Οι άνθρωποι χρησιμοποιούν ευρύτατα, κινητά τηλέφωνα ως αριθμομηχανές. Η τεχνολογία πληροφοριών μας επιτρέπει να αναπτύξουμε εφαρμογές σε κινητά τηλέφωνα για σκοπούς εκπαίδευσης μαθηματικών. Η εκμάθηση μέσω κινητού αναφέρεται στη χρήση κινητών ή ασύρματων συσκευών για τους σκοπούς της μάθησης εν κινήσει. Τυπικά παραδείγματα των συσκευών που χρησιμοποιούνται για τέτοιου είδους μάθηση, είναι τα κινητά τηλέφωνα, smartphone, laptop, tablet, PC και προσωπικές συσκευές αναπαραγωγής πολυμέσων (Korenova, 2015). Για τη δημιουργία τρισδιάστατων μαθηματικών αντικειμένων σε εκπαιδευτικές προσεγγίσεις, χρειαζόμαστε κατάλληλο λογισμικό για την κατασκευή γεωμετρικών μοντέλων για σάρωση ή προβολή των αντικειμένων. Η οπτικοποίηση κατά τη διδασκαλία μαθηματικών εννοιών στη διάρκεια διαλέξεων και πρακτικών μαθημάτων, λειτουργεί επικουρικά στην προσπάθεια των μαθητών για πολύπλευρη κατανόηση του μαθησιακού υλικού και στην ενίσχυση της ικανότητας επικοινωνίας μεταξύ μαθητών και καθηγητών. Ένας από τους τρόπους βελτίωσης της οπτικής αναπαράστασης εννοιών με υψηλή αφαίρεση στα μαθηματικά, είναι μια παιδαγωγικά ορθή και κατάλληλη επιλογή εφαρμογής με χρήση των σύγχρονων ΤΠΕ.

Η διαδραστική οπτικοποίηση (Preuß & Kauffeld, 2019) με τη βοήθεια της A.R. δεν βοηθά απλά τους μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα αφηρημένα μαθηματικά θέματα, αλλά επιτρέπει και συνεργατικές εμπειρίες σε ένα πραγματικό περιβάλλον (Fonseca, Martí, Redondo, Navarro, & Sánchez, 2013). Η A.R. είναι μια ταχέως αναπτυσσόμενη τεχνολογία (Crevelen et al, 2010) σε διάφορες εφαρμογές για την Επιστήμη της Εκπαίδευσης και συγκεκριμένα, για τη Μαθηματική Εκπαίδευση. Σε ορισμένες από αυτές η A.R. στοχεύει στην παροχή μιας βελτιωμένης χωρικής αντίληψης των μαθηματικών αντικειμένων, ενώ σε άλλες περιπτώσεις βοηθά στην ενίσχυση της αλληλεπίδρασης μεταξύ πραγματικότητας και μαθηματικών λειτουργιών που περιλαμβάνουν αντικείμενα τοποθετημένα σε πραγματικό περιβάλλον, όπως για παράδειγμα γραφικές παραστάσεις παραμετρικών συναρτήσεων (Prodromou, 2018).

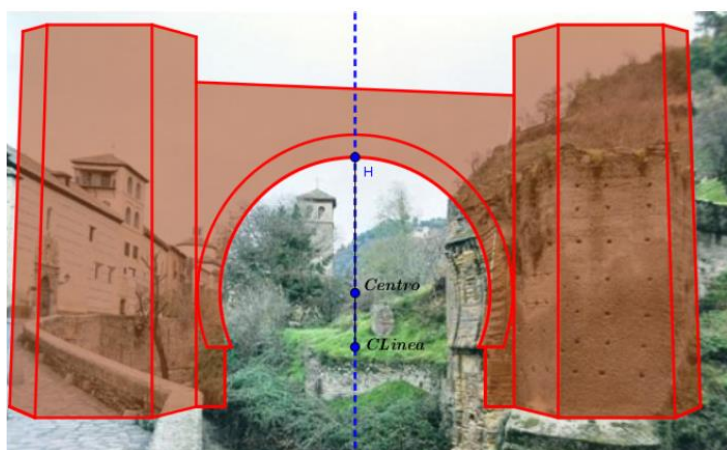
Η χρήση εφαρμογών τεχνολογίας κινητής τηλεφωνίας παρέχει το πλεονέκτημα ότι είναι πιο πιθανή μια αύξηση της αποτελεσματικότητας του έργου των εκπαιδευτικών, ενώ επιπλέον επιτρέπει στους μαθητές να συμμετέχουν ενεργά στη διαδικασία εκπαίδευσης. Εκτός από όλα αυτά καθιστά τη μελέτη τόσο στο μάθημα όσο και εκτός του μαθήματος πιο ελκυστική και πιο βιωματική. Δεδομένου ότι η τεχνολογία επαυξημένης πραγματικότητας έχει ήδη σημαντική θέση στην ανάπτυξη καινοτόμων εφαρμογών σε διάφορους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας, μπορεί επίσης να έχει σημαντικές δυνατότητες εφαρμογής και στη μάθηση των Μαθηματικών. Καθώς η σημερινή γενιά μαθητών εξοικειώνεται πολύ με τα smartphone και γενικά με συσκευές με δυνατότητα Web, είναι εύκολο να επεκταθεί η διαδικασία εκμάθησης μέσω αυτών των συσκευών.

Η δυνατότητα που προσφέρει η A.R. να επεξεργάζεται ο μαθητής διαδραστικά το εκπαιδευτικό περιεχόμενο σε πραγματικό χρόνο, δίνει στους μαθητές μια πλουσιότερη, πιο πραγματική εμπειρία. Οι μαθητές θα παρακινηθούν να ανακαλύψουν θέματα και όψεις της μαθηματικής έννοιας, ενέργειες που σαφώς θα ήταν πιο δύσκολο να εκτελέσουν σε μια συμβατική σχολική τάξη. Άλλωστε, ο κονστρουκτιβισμός ως εκπαιδευτική θεωρία έχει πολλές εφαρμογές στο ψηφιακό σχολικό περιβάλλον (Sabelli, 2008). Η αξιοποίηση, ωστόσο της A.R. συναντά και δυσκολίες. Ένα από τα κυριότερα αρχικά εμπόδια για την εισαγωγή της A.R. ως εργαλείου στις τάξεις ήταν η έλλειψη ικανοτήτων προγραμματισμού και δεξιοτήτων 3D μοντελοποίησης, καθώς και ο περιορισμένος αριθμός συστημάτων ανάπτυξης εφαρμογών (Wasko, 2013). Αυτό τώρα έχει ξεπεραστεί με την ύπαρξη αρκετών σύγχρονων εφαρμογών AR.

Οι Le & Kim (2017) προτείνουν ένα πλαίσιο για την διδασκαλία της γεωμετρίας χρησιμοποιώντας ένα εργαλείο λογισμικού βασισμένο σε επαυξημένη πραγματικότητα (A.R.) και την τεχνολογία αναγνώρισης χειρονομιών ως έναν ευκολότερο τρόπο για τη μελέτη της γεωμετρίας. Αυτές οι τεχνολογίες συνδυάζονται σε ένα σύστημα που μπορεί να αντιμετωπίσει ορισμένα τρέχοντα ζητήματα στην διδασκαλία της γεωμετρίας. Συγκρίνουν την ταχύτητα ανάπτυξης νέου διδακτικού υλικού με την ποιότητα των προγραμμάτων σπουδών γεωμετρίας χρησιμοποιώντας Cabri και GeoGebra.

4.2 Χρήση AR στη διδασκαλία των Μαθηματικών

Ένα παράδειγμα χρήσης AR για την επισήμανση μαθηματικών πτυχών των καλλιτεχνικών μνημείων και κτιρίων παρουσίασαν οι A. Martínez, C. Urena, και T. Recio (2018), παρέχοντας μαθηματικές εξηγήσεις των εννοιών που χρησιμοποιούνται από καλλιτέχνες και αρχιτέκτονες, θεωρώντας αυτή τη μορφή τέχνης ως κατάλληλο πλαίσιο για να αποκτήσουμε πρόσθετη εικόνα, μέσω των μαθηματικών, στην καλλιτεχνική ερμηνεία (συμβολική, διακοσμητική). Χρησιμοποίησαν το λογισμικό GeoGebra4 για να προσθέσουν μαθηματικά στοιχεία στις φωτογραφικές εικόνες των μνημείων, τονίζοντας έτσι, εύκολα, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους. Το GeoGebra μας επιτρέπει να σχεδιάζουμε, πάνω από κάθε εικόνα, μερικές μαθηματικές καμπύλες πάνω στο αντιπροσωπευόμενο αντικείμενο, ώστε να εμφανιστούν συμμετρίες, ευθυγραμμίσεις, παραλληλισμοί ή για να μετρήσουμε μήκη, ύψη, γωνίες, να καθορίσουμε αναλογίες και άλλες μαθηματικές πτυχές.

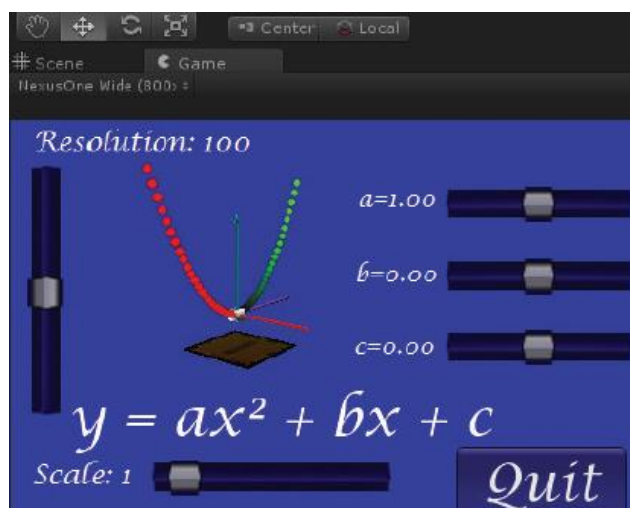


Εικόνα 28: Ανασυγκρότηση, μέσω ενός επιπέδου GeoGebra, των ερειπίων μεσαιωνικής γέφυρας στη Γρανάδα.

Το ευρωπαϊκό έργο Erasmus + «Mobile Math Trails for Euorpe, MoMaTrE5», περιλαμβάνει μια εφαρμογή για κινητά τηλέφωνα που σκοπεύει να είναι απαραίτητη βοήθεια για τον εντοπισμό βασικών σημείων και αντικειμένων κατά μήκος μιας ιστορικής διαδρομής, η οποία θα συνοδεύεται από έγγραφα δραστηριοτήτων.

Οι R.Barraza Castillo, V.Guadalupe C.Sánchez, V.Villegas (2015) χρησιμοποίησαν μια απλή, πρακτική και ενδεικτική εφαρμογή για κινητά AR, σχεδιάζοντας μια

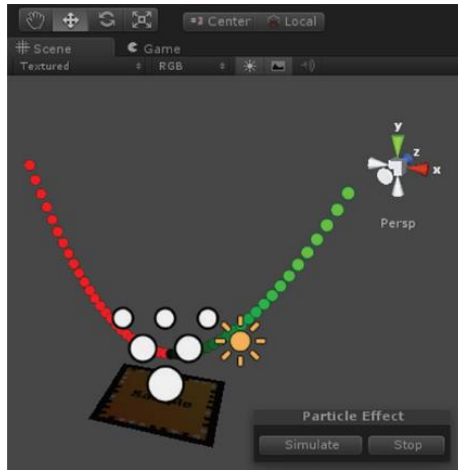
τετραγωνική εξίσωση. Η βασική απαίτηση για την λειτουργία της εφαρμογής ήταν ότι έπρεπε να εκτελεστεί σε συσκευές με λειτουργικό σύστημα Android και μέσω αυτής να κατανοήσουν οι προπτυχιακοί φοιτητές την έννοια της τετραγωνικής συνάρτησης και να αποτυπώνεται γραφικά τι συμβαίνει όταν οι συντελεστές της τετραγωνικής εξίσωσης, μεταβάλλονται.



Εικόνα 29: Η εφαρμογή σχεδίασης pARabola εκτελείται εντός του Unity3D.

Αφορμή για αυτή τους την προσπάθεια ήταν μια έρευνα, μέσω συνεντεύξεων σχετικά με προβλήματα που είχαν οι καθηγητές (μαθηματικών και φυσικής) στην εξήγηση των βασικών εννοιών. Η έρευνα εντόπισε ότι οι έννοιες των μαθηματικών ήταν συνήθως δύσκολο να εξηγηθούν στους μαθητές. πιλοτική μελέτη πραγματοποιήθηκε με τρεις διαφορετικές ομάδες προπτυχιακών φοιτητών του Μεξικού (σύνολο 59 μαθητές) με τρεις διαφορετικούς καθηγητές. Η εφαρμογή δοκιμάστηκε αφού οι μαθητές έλαβαν τις τυπικές πληροφορίες για τις τετραγωνικές εξισώσεις. Όλοι οι συμμετέχοντες διέθεταν smartphone και είχαν άνεση στη χρήση τους.

Όταν ένας δείκτης εμφανίζεται μέσα σε μια σκηνή, σχετίζεται με ένα πρόθεμα σχεδίασης για να υποδείξει ποιο αντικείμενο πρέπει να εμφανίζεται όταν ο δείκτης ανιχνεύεται στη σκηνή. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, το αντικείμενο που εμφανίζεται είναι το γράφημα της παραβολής που σχετίζεται με τις παραμέτρους που επιλέγονται από τους χρήστες. Ο δείκτης που χρησιμοποιείται για την εφαρμογή φαίνεται στο αριστερό σχήμα. Η εφαρμογή αναπτύχθηκε στην πλατφόρμα Unity3D.



Εικόνα 30: Παράδειγμα προσομοίωσης συστήματος συντεταγμένων για τη δημιουργία της pARabola.

Στο τέλος οι μαθητές απάντησαν σε έξι κατηγορίες ερωτήσεων. Σχεδόν όλοι οι μαθητές συμφώνησαν ότι η χρήση της εφαρμογής *pARabola* ήταν ένας πολύ καλός τρόπος κατανόησης των τετραγωνικών εξισώσεων. Φάνηκε ότι η εφαρμογή δημιούργησε στην τάξη ένα κατάλληλο περιβάλλον για να αυξήσουν οι μαθητές τον ενθουσιασμό τους για να αποκτήσουν νέα γνώση.

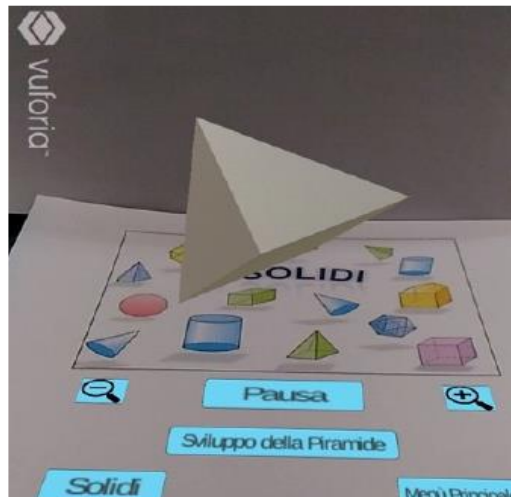
Οι V. Rossano, R. Lanzilotti, A.Cazzolla, T. Roselli (2020) χρησιμοποίησαν τεχνολογία AR για να υποστηρίξουν τη διδασκαλία της γεωμετρίας στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Συγκεκριμένα, πρότειναν την A.R. εφαρμογή «Geo+», το περιεχόμενο της οποίας αναπτύχθηκε σε συνεργασία με εκπαιδευτικούς δημοτικού σχολείου. Ο μαθησιακός στόχος του Geo+ είναι ο εμπλουτισμός βασικών γνώσεων των μαθητών γύρω από δυναμικές εικόνες με στερεά σχήματα, ενέργεια που θα ήτο αδύνατο να πραγματοποιηθεί στα παραδοσιακά βιβλία γεωμετρίας. Το Geo+ δεν είναι στην πραγματικότητα ένα παιχνίδι, αλλά οι μαθητές με τη χρήση αυτού του λογισμικού, αντιλαμβάνονται τις δραστηριότητες μαζί του περισσότερο ως ψυχαγωγία, σε σχέση με ένα τυπικό μάθημα στην τάξη. Η εφαρμογή Geo+ επιτρέπει στους μικρούς μαθητές να εξερευνήσουν τη δομή ενός γεωμετρικού στερεού χρησιμοποιώντας περιεχόμενο πολυμέσων. Απαιτείται η χρήση smartphone και tablet και μια εικόνα στόχου που χρησιμοποιείται ως δείκτης εκκίνησης.

Οι κύριοι μαθησιακοί στόχοι (σύμφωνα με τις οδηγίες του Υπουργείου Παιδείας της Ιταλίας) είναι:

- ✓ Η αναγνώριση στερεών σχημάτων

- ✓ Ο σχεδιασμός και η αναπαράσταση 3D σχημάτων σε 2D σχήματα

Η αναγνώριση κορυφών, ακμών, εδρών και άλλων διακριτών ιδιοτήτων

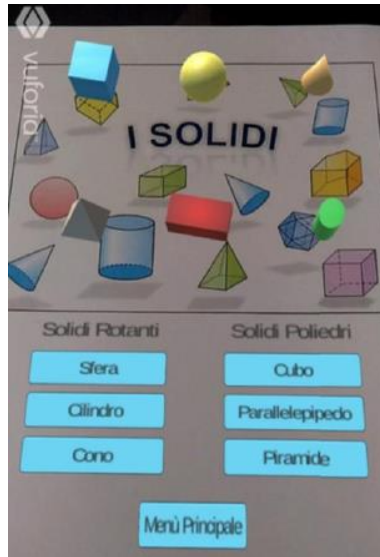


Εικόνα 31: Το menu για την επιλογή των στερεών. Αριστερά τα στερεά εκ περιστροφής και δεξιά τα πολύεδρα.



Εικόνα 32: Χρήση της εφαρμογής από τους μαθητές

Μόλις επιλεγεί το στερεό, εμφανίζεται το επαυξημένο αντικείμενο. Στην πάνω εικόνα οι χρήστες μπορούν να κάνουν μεγέθυνση, να περιστρέψουν το αντικείμενο και μπορεί επίσης να παρατηρήσουν όλες τις λεπτομέρειες του στερεού. Όλα αυτά καθιστούν τον μαθητή ικανό ώστε να μπορεί να μετρήσει τον αριθμό των εδρών, των κορυφών, ακμών και να αναγνωρίζουν το σχήμα κάθε έδρας. Πρόσθετα, μπορούν να παρατηρήσουν και το ανάπτυγμα του στερεού, πατώντας το κουμπί «Sviluppo della Piramide»



Εικόνα 33: η οπτικοποίηση της πυραμίδας με τις διαθέσιμες λειτουργίες

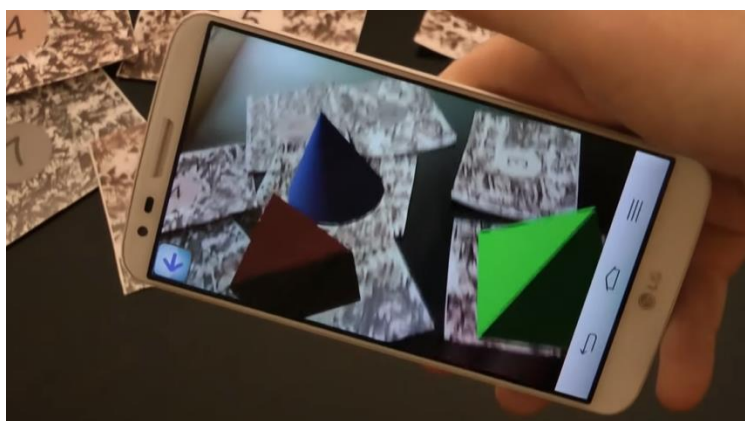
Αρχικά, δόθηκε σε όλους τους συμμετέχοντες ένα προ-test με στόχο την επαλήθευση των γνώσεων που αποκτήθηκαν κατά την προηγούμενη παραδοσιακή δραστηριότητα τάξης. Οι μαθητές είχαν 30 λεπτά για να ολοκληρώσουν αυτό το τεστ. Στη συνέχεια, οι μαθητές πήγαν στο εργαστήριο πολυμέσων του σχολείου, όπου πραγματοποιήθηκαν οι A.R. δραστηριότητες. Αρχικά, έγινε μια σύντομη επίδειξη του Geo+application. Οι μαθητές χωρίστηκαν σε μικρές ομάδες των 4 ή 5 μελών και σε κάθε ομάδα δόθηκε ένα tablet με την εφαρμογή AR εγκατεστημένη και εκτυπωμένες τις εικόνες – δείκτες. Ένας μαθητής ενήργησε ως αρχηγός της ομάδας ενώ κάθε ομάδα ελεύθερα αλληλεπίδρασε με την εφαρμογή για 30 λεπτά. Δύο μέρες αργότερα, όλοι οι μαθητές απάντησαν στο μετα-τεστ, το οποίο στόχευε στην επαλήθευση της ενίσχυσης των δεξιοτήτων που θεωρητικά αποκτήθηκαν κατά τη διάρκεια της A.R. δραστηριότητας στο εργαστήριο.

Πρόσθετα, δόθηκε ένα ερωτηματολόγιο σε όλους τους μαθητές, με στόχο της εκτίμησης της συμμετοχής των μαθητών και ο φόρτος εργασίας κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης με το Geo+. Η πιλοτική μελέτη απέδειξε την αξιοπιστία της μεθοδολογίας που χρησιμοποιήθηκε και παρείχε σημαντικές προτάσεις προς τη βελτίωση της χρηστικότητας της AR εφαρμογής Geo+. Συγκεκριμένα, οι μαθητές περίμεναν να είναι ικανοί να κάνουν περισσότερα με τα στερεά σχήματα, ενώ ενθουσιάστηκαν με τα αναπτύγματα των στερεών. Παρατηρήθηκε επίσης ότι όλοι οι μαθητές εξοικειώθηκαν πολύ γρήγορα με την λειτουργικότητα της εφαρμογής. Η συζήτηση με τους εκπαιδευτικούς επεσήμανε ότι η χρήση της τεχνολογίας για τους μικρούς μαθητές ήταν συναρπαστική και ότι οι μαθητές ήταν πιο συγκεντρωμένοι στο

έργο τους. Τα δεδομένα του μετά – test και τω ερωτηματολογίου επιβεβαίωσαν ότι οι μαθητές εκτίμησαν τη χρήση της εφαρμογής Geo+, ένωσαν μια αίσθηση διασκέδασης. Το σκορ των συμμετεχόντων στο προ και μετά – test τεστ ήταν πολύ υψηλό. Αυτό υπογραμμίζει την αναγκαιότητα χρήσης ενός διαφορετικού μέσου στις μεθόδους διδασκαλίας και αξιολόγησης.

Οι Korenova. L.(SK) & Guncaga J. (SK) πραγματοποίησαν έρευνα σε ομάδα των 27 πρωτοετών φοιτητών στο πρόγραμμα κατάρτισης μελλοντικών εκπαιδευτικών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Το παιδαγωγικό πείραμα πραγματοποιήθηκε τον Νοέμβριο του 2017 στη Σχολή Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Comenius στη Μπρατισλάβα. Η έρευνά τους επικεντρώθηκε στην ανάλυση της χρήσης της κινητής τεχνολογίας και αντίστοιχων δραστηριοτήτων στη διδασκαλία των μαθηματικών με βάση κονστрукτιβιστικές αρχές, με την ενσωμάτωση smartphone και tablet στην εκπαίδευση. Ήταν υπέρμαχοι της άποψης ότι όταν συνδυάζονται αυτές οι δύο μέθοδοι, η κατανόηση των μαθητών είναι βαθύτερη, το κίνητρό των εκπαιδευόμενων είναι μεγαλύτερο, ενώ η δημιουργικότητά τους υποστηρίζεται έντονα.

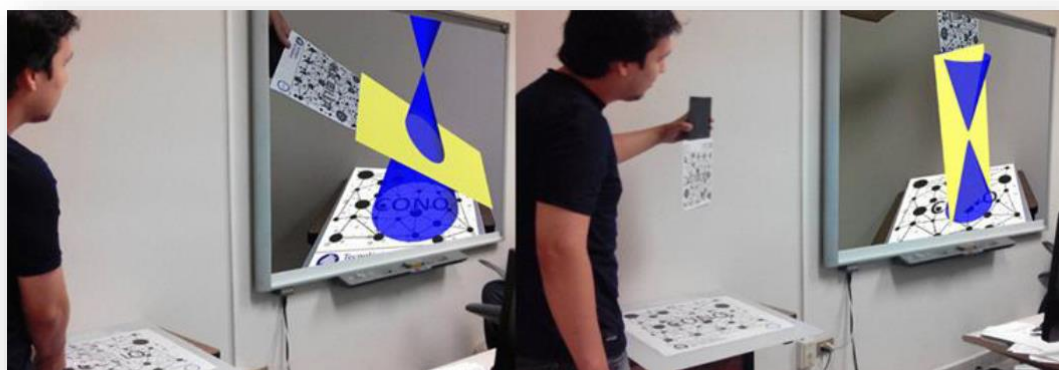
Η εφαρμογή AR που χρησιμοποιήθηκε ήταν η "Augmented Polyhedra" εγκατεστημένη σε tablet και smartphone. Αυτή η εφαρμογή είναι δωρεάν και οι δείκτες μπορούν επίσης να εκτυπωθούν δωρεάν. Ο ιστότοπος αυτής της εφαρμογής είναι: <http://mirage.ticedu.fr/?p=2635>



Εικόνα 34: Εμφάνιση στερεών σχημάτων πάνω από τις αριθμημένες κάρτες.

Ο στόχος για τους μαθητές ήταν να βρουν κάτω από κάθε κάρτα το στερεό, τις ιδιότητές του, τον όγκο και την επιφάνειά του. Οι μαθητές εργάστηκαν σε ομάδες 2 - 4 ατόμων. Οι ερευνητές προσπάθησαν να παρατηρήσουν την επίδραση της A.R. εφαρμογής σε ένα κονστрукτιβιστικό περιβάλλον. Στην αρχή της δραστηριότητας, οι μαθητές επιλέγουν τυχαία μερικές κάρτες με έναν κωδικό που αναγνωρίζει η εφαρμογή. Χρησιμοποιώντας την εφαρμογή στο tablet ή στο smartphone, μπορούν να χρησιμοποιήσουν την επαυξημένη πραγματικότητα για να μελετήσουν το γεωμετρικό σχήμα που εμφανίζεται σε τρεις διαστάσεις. Κάθε ομάδα λαμβάνει 10 κάρτες, με τις οποίες εργάζεται για 90 λεπτά. Ο διδάσκων τους επέτρεψε να χρησιμοποιήσουν και πηγές του Διαδικτύου, αν το έκριναν απαραίτητο.

Οι μαθητές διαπίστωσαν ότι ήταν αδύνατο να μετρηθούν οι ακριβείς διαστάσεις των στερεών που είναι ορατές μέσω της εφαρμογής A.R., επειδή εάν αλλάξουν την απόσταση μεταξύ smartphone, tablet και κάρτας, τα στερεά αλλάζουν τις διαστάσεις τους. Προφανώς παραμένει σταθερός ο λόγος των αντίστοιχων διαστάσεων (ομοιότητα). Στη συνέχεια οι φοιτητές ως εργασία για το σπίτι, προετοιμάζουν παρουσιάσεις για στερεά, τα οποία βρήκαν μέσω των καρτών με την εφαρμογή A.R. Συμπερασματικά, οι φοιτητές ενθουσιάστηκαν από τη νέα μέθοδο, συνεργάστηκαν πολύ καλά και η μάθηση ήταν εποικοδομητική. Απέκτησαν νέες γνώσεις, συζήτησαν τις παρατηρήσεις τους και τεκμηρίωσαν τις απόψεις τους. Οι δυσκολίες της επίλυσης προβλημάτων αντιμετωπίστηκαν καλά, είχαν λογικές ιδέες. Η ποιοτική παιδαγωγική έρευνα βασίστηκε στην περιγραφή των παρατηρήσεων του διδάσκοντα και στην καταγραφή βίντεο του έργου των μαθητών.

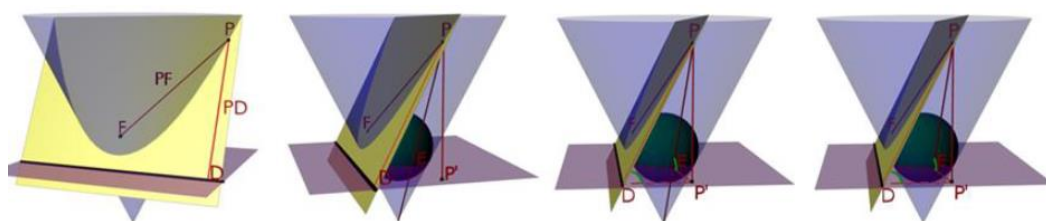


Εικόνα 35: Τομές εικονικού επιπέδου με κώνο, για την παραγωγή των κωνικών τομών.

Οι P.Salinas και R.Pulido (2016) χρησιμοποίησαν τεχνολογία A.R. για τη δημιουργία ενός ψηφιακού περιβάλλοντος που αφορούσε τη διδασκαλία των κωνικών τομών και πως αυτές προκύπτουν από τομή ενός επιπέδου με έναν κώνο (απλό ή διπλό). Έτσι, οι μαθητές θα αντιληφθούν την παραγωγή των κωνικών τομών σε πραγματικό χρόνο και τόπο. Πρόσθετα, οι μαθητές θα αναδημιουργήσουν δυναμικά τη μαθηματική απόδειξη για την προέλευση της εστίας και της διευθετούσας της παραβολής, εισάγοντας τις σφαίρες Dandelin² σε ένα εικονικό περιβάλλον. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η αλληλεπίδραση του μαθητή με έναν εικονικό κώνο μέσω της χρήσης ενός περιστρεφόμενου κίτρινου επιπέδου, οπότε ο μαθητής βρίσκει τον μεγαλύτερο αριθμό διαφορετικών καμπυλών που δημιουργούνται από τις ενέργειές του και τις ταξινομεί ως κύκλο, παραβολή, έλλειψη ή υπερβολή.

Στη συνέχεια, παρουσιάζεται ο εικονικός κώνος (που εμφανίζεται με A.R.) και ένα σταθερό επίπεδο που τον τέμνει παράλληλα με την γενέτειρα. Η τομή δημιουργεί μια παραβολή. Μια μικρή σφαίρα θα πέσει σε κώνο και μόλις μπλοκαριστεί στο κάτω μέρος, θα αρχίσει να μεγαλώνει μέχρι να φτάσει το επίπεδο. Κατά την ανάπτυξη, η σφαίρα διατηρείται εφαπτομένη στον κώνο.

Θα υπάρξει μια στιγμή που η σφαίρα θα εφάπτεται και στο επίπεδο, το σημείο επαφής είναι η εστία της παραβολής. Ένα άλλο, οριζόντιο τώρα επίπεδο, εισέρχεται στην κίνηση και περνά μέσα από τη σφαίρα, τέμνοντάς επίσης το άλλο επίπεδο. Αυτή η τομή καθορίζει τη διευθετούσα της παραβολής. Η εστία και η διευθετούσα είναι οι δύο κομβικές παράμετροι στον ορισμό μιας κωνικής τομής. Στην παραβολή, έχουμε ότι ένα τυχαίο σημείο της, έστω P, ισπαέχει από την εστία και την διευθετούσα ($PF = PD$).



Εικόνα 36: Ορισμός παραβολής $PF = PD$

Οι ερευνητές έχουν την πεποίθηση ότι σήμερα η A.R. προωθεί την ενεργή αλληλεπίδραση για ποιοτικότερη κατανόηση των μαθηματικών εννοιών και

² Βέλγος μαθηματικός 1794-1847

προτείνουν την εμβάθυνση στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη εκπαιδευτικών προϊόντων που υποστηρίζουν έναν διαφορετικό τρόπο αλληλεπίδρασης με το εκάστοτε μαθηματικό περιεχόμενο.

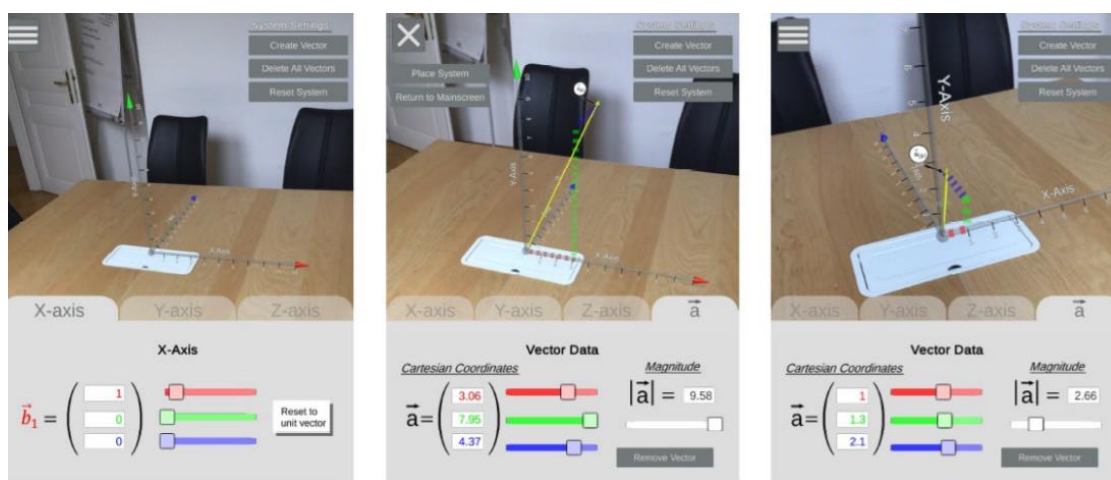
Το 2019, το Κέντρο Διδασκαλίας και Μάθησης σε συνεργασία με το Τμήμα Εφαρμοσμένων Μαθηματικών Φυσικής του Πανεπιστημίου Εφαρμοσμένων Επιστημών Technikum Vienna ανέπτυξε το "Vektor AR3" app, αποδεικνύοντας ότι η AR ως τεχνολογία είναι κατάλληλη για παροχή σημαντικής διδακτικής υποστήριξης σε βασικά στην τριτοβάθμια εκπαίδευση. Για αυτήν την εφαρμογή, η διανυσματική ανάλυση επιλέχθηκε ως βασικό θέμα, καθώς οι τρισδιάστατες αφηρημένες έννοιες, π.χ. διανύσματα, δύσκολα κατανοούνται από τους φοιτητές. Η απόφαση χρήσης A.R., αντί μιας στατικής ψηφιακής αναπαράστασης, στηρίχθηκε σε δύο θεμελιώδεις παραδοχές:

Πρώτον, η βασική κατανόηση τρισδιάστατων πτυχών διευκολύνεται από την αναφορά στην πραγματικότητα, οπότε υπό αυτή την έννοια, η A.R. καθιστά δυνατή την εναλλαγή μεταξύ διαφορετικών αλληλεπιδραστικών αναπαραστάσεων του μαθηματικού περιεχομένου. Για επιστήμες όπως τα Μαθηματικά και η Φυσική καθώς και η Μηχανική, η χωρική ικανότητα είναι μια κρίσιμη ικανότητα (Quintero, Salinas, González-Mendivil, & Ramírez, 2015). Παραδοσιακά, οι τρισδιάστατες μαθηματικές έννοιες διδάσκονται με αναλογικό τρόπο, που σημαίνει ότι οι μαθητές υποχρεούνται να αναλύσουν και να μελετήσουν εικονογραφικές και ορθογώνιες προβολές σε έναν πίνακα ή σε χαρτί. Αυτό μπορεί να εμποδίσει την κατανόηση του χώρου. Η ανάπτυξη της χωρικής ικανότητας μπορεί να υποστηριχθεί με τη χρήση κινητικής δραστηριότητας για την κατανόηση η έννοια του χώρου. (Onyancha, Deron & Kinsey, 2009). Με τη βοήθεια της A.R., τα αντικείμενα μπορούν να παρατηρούνται και να κατασκευάζονται από διάφορες οπτικές γωνίες και θέσεις. Η απεικόνιση διανυσμάτων στον πραγματικό κόσμο επιτρέπει την σε πραγματικό χρόνο αλληλεπίδραση με αυτά τα αφηρημένα στοιχεία (Sala, 2016). Ο πειραματικός χειρισμός όλων των σχετικών παραγόντων, όπως σύστημα συντεταγμένων, κατεύθυνση, κ.λπ. βοηθούν στην κατανόηση των βασικών λειτουργιών του διανύσματος στο χώρο.

Δεύτερον, η εφαρμογή επιλέχθηκε ως εργαλείο εκμάθησης λόγω του ισχυρού παιχνιδιάρικου χαρακτήρα της, ενώ επιτρέπει στους μαθητές να έχουν πρόσβαση στα Μαθηματικά ως μέρος της ψηφιακής κουλτούρας με την οποία είναι ήδη

εξοικειωμένοι, ευνοώντας την οπτική αντίληψη ως μια επιπλέον προσέγγιση στην τυπική απεικόνιση των αλγεβρικών συμβόλων (Salinas, 2017).

Η πρώτη εργασία ήταν η δημιουργία ενός τυχαίου διανύσματος στην εφαρμογή και η μελέτη των χαρακτηριστικών του. Στην οθόνη έναρξης, επιλέγεται το μενού «Cartesian and Skew Coordinate System» και τοποθέτηση του συστήματος συντεταγμένων όπως στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 37: Ορισμός συστήματος συντεταγμένων, Δημιουργία και χειροκίνητη αλλαγή διανύσματος - μελέτη των στοιχείων του.

Στην επόμενη εργασία, δημιουργείται η τρισδιάστατη συνάρτηση $F(x, y) = f(x)g(y)$ με τις $f(x), g(y)$ να επιλέγονται από τις

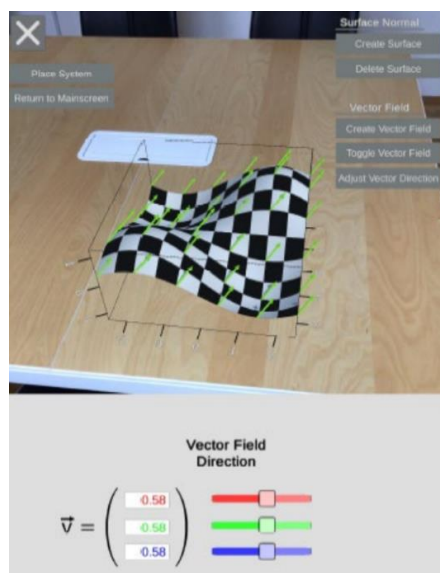
a) $f(x) = 0.25x + 0.375$

b) $f(x) = \sin(x)$

c) $f(x) = e^{-x^2}$

Επιλέγουμε το κουμπί “Create Vector Field” και κατασκευάζουμε ένα διανυσματικό πεδίο³, το οποίο ορίζεται από το $\vec{v} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ και τα σημεία $P_i(x, y, F(x, y))$ μπορούν να χειριστούν χειροκίνητα από το κουμπί «Adjust Vector Direction».

³ Διανυσματικό πεδίο είναι μια συνάρτηση $F : U \subseteq R^n \rightarrow R^n$

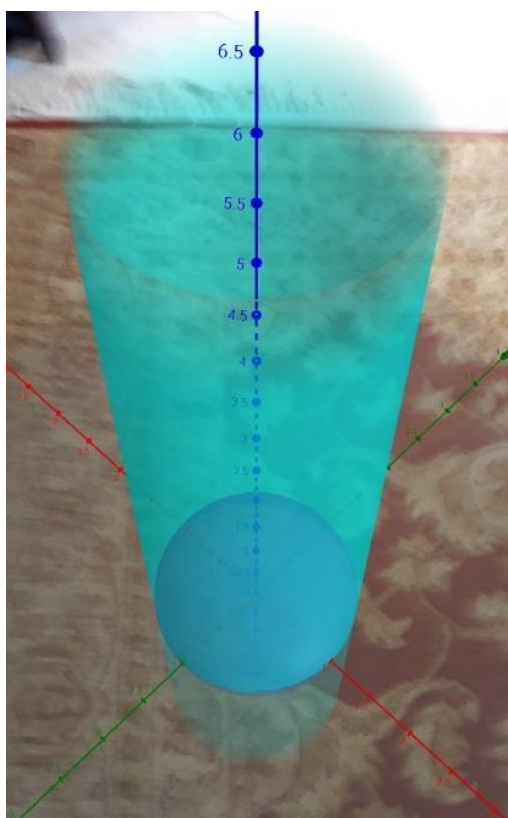


Εικόνα 38: επιτυχής δημιουργία της επιφάνειας.

Αν και η εκμάθηση μέσω κινητού έχει ήδη αναγνωριστεί ως ένα λογικό επόμενο βήμα σε μια ψηφιακή κουλτούρα διδασκαλίας και μάθησης, η οπτικοποίηση και ο δυναμικός χειρισμός μαθηματικών εννοιών επιδέχονται ακόμα νέων βελτιώσεων. Έτσι, αυτό το έργο αντιπροσωπεύει ένα άλλο μικρό βήμα στο κλείσιμο του χάσματος μεταξύ θεωρίας και πρακτικής και αποτελεί ένα ορόσημο στην ανάπτυξη των κινητών εκπαιδευτικών πηγών στην τριτοβάθμια εκπαίδευση. Οι ερευνητές πιστεύουν ότι η χρήση τέτοιων εφαρμογών στο πλαίσιο της διδασκαλίας θα λειτουργήσει ενθαρρυντικά προς τους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές, ώστε να ασχοληθούν ενεργά με ψηφιακό εκπαιδευτικό υλικό. Το "Vektor AR3" app κυκλοφόρησε το χειμερινό εξάμηνο 2019/2020, αλλά λόγω του Covid-19, αναβλήθηκαν μια σειρά από προγραμματισμένες πειραματικές διδασκαλίες που στόχευαν στην χρήση της συγκεκριμένης AR εφαρμογής.

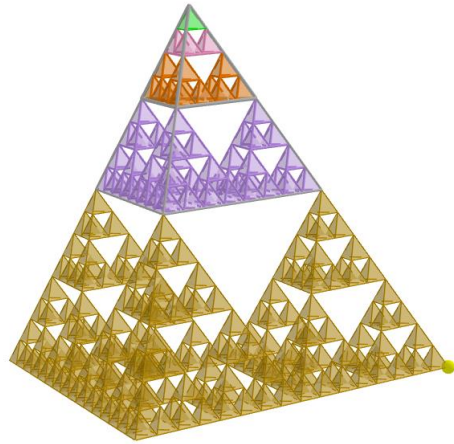
Δυναμικά συστήματα μαθηματικών όπως το GeoGebra, μπορούν να αυξήσουν σημαντικά το επίπεδο της οπτικοποίησης στα Μαθηματικά και να ενισχύσουν το επίπεδο κατανόησης και αυτενέργειας των μαθητών. Θέματα που αφορούν τη χρήση του λογισμικού GeoGebra επισημάνθηκαν σε ένα εγχειρίδιο διδασκαλίας σχεδιασμένο να εκπαιδεύει καθηγητές μαθηματικών σε ιδρύματα τριτοβάθμιας εκπαίδευσης (Kramarenko et all, 2019). Εκεί παρουσιάστηκαν μεθοδολογικές προτάσεις, οι οποίες αφορούν τη δημιουργία και εφαρμογή κατάλληλων εργαλείων σε ποικίλα θέματα των στοιχειωδών Μαθηματικών. Υπάρχει ένα αποθετήριο αρχείων GeoGebra και η πρόσβαση σε αυτά γίνεται μέσω παραδοσιακών συνδέσμων ή μέσω κωδικών QR. Το

GeoGebra είναι ένα δωρεάν λογισμικό, δυναμικό σύστημα μαθηματικών για όλα τα επίπεδα εκπαίδευσης που ενσωματώνει γεωμετρία, άλγεβρα, πίνακες, γραφήματα, στατιστικά σε ένα εύχρηστο πακέτο (Richard, 2012)]. Αποκαλύπτεται ότι η ομαλή ένταξη της AR στην φαρέτρα των εκπαιδευτικών, απαιτεί την ανάπτυξη νέων μεθοδολογιών, νέου διδακτικού υλικού και ενημέρωση των Αναλυτικών προγραμμάτων σπουδών.



Εικόνα 39: Χρήση της Geogebra AR για την εναπόθεση στερεών σχημάτων στο φυσικό χώρο.

Η έκδοση 2.0 της εφαρμογής «GeoGebra Augmented Reality» διαθέτει αρκετές λειτουργίες κατάλληλες για χρήση στην τάξη, όπως η απεικόνιση βασικών προκαθορισμένων στερεών, τρισδιάστατων λειτουργικών γραφημάτων ή ακόμη και ειδικών μαθηματικών αντικειμένων όπως η πυραμίδα Sierpinski.



Εικόνα 40: πυραμίδα Sierpinski.

Οι Kerawalla et al. (2006), ωστόσο, επισημαίνουν ότι οι εκπαιδευτικοί θα ήθελαν να έχουν περισσότερο έλεγχο στο ψηφιακό περιεχόμενο που εμφανίζεται στο AR.

Με τη βοήθεια του GeoGebra οι μαθητές είναι ικανοί να μοντελοποιήσουν εικονικά 3D αντικείμενα πάνω σε αντικείμενα του πραγματικού κόσμου απευθείας στην εφαρμογή AR. Με τη βοήθεια του εργαλείου μέτρησης είναι δυνατό να προσδιορισθούν πραγματικές τιμές συγκεκριμένων αντικειμένων, π.χ. διερεύνηση του όγκου ενός πρίσματος, λαμβάνοντας υπόψη κατάλληλη κλίμακα πλέγματος. Για παράδειγμα, μία εργασία θα μπορούσε να είναι ο υπολογισμός του όγκου και της επιφάνειας στο γυάλινο βάζο.



Εικόνα 41: Χρήση AR Geogebra για μέτρηση μεγεθών

Ένα μεγάλο μέρος του ΑΠ Γεωμετρίας στην Αυστριακή δευτεροβάθμια εκπαίδευση επικεντρώνεται στην ανάπτυξη χωρικών ικανοτήτων καθώς και στη γνώση και αναγνώριση ειδικών ιδιοτήτων διαφορετικών στερεών. Οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν την εφαρμογή GeoGebra A.R. για την ανάπτυξη των παραπάνω δεξιοτήτων. Αυτό δεν έχει ακόμη δοκιμαστεί αλλά μια προηγούμενη εργασία (Kurtulus, 2011) δείχνει τα οφέλη από τη χρήση ενός απλού προγράμματος μοντελοποίησης 3D έναντι μολυβιού και χαρτιού στο ανάπτυξη χωρικών δεξιοτήτων.




ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο

Επαύξηση της Γεωμετρίας Α΄ Λυκείου μέσω Blippar

5.1 Πλατφόρμες AR

Οι τεχνολογικές εξελίξεις δεν άφησαν ανεπηρέαστα τα παραδοσιακά βιβλία, τα οποία με την πάροδο του χρόνου ανανεώθηκαν με την βοήθεια σύγχρονων τεχνολογικών τάσεων, εξελισσόμενα σε: βιβλία ήχου, πολυμεσικά βιβλία σε CD ROM, διαδραστικά βιβλία στο διαδίκτυο, όπως για παράδειγμα τα σχολικά ψηφιακά βιβλία με εμπλουτισμένη μορφή (html) που βρίσκονται στην διεύθυνση <http://ebooks.edu.gr/ebooks/>. Μια νέα μορφή βιβλίων, είναι τα βιβλία που εμπλουτίστηκαν με την A.R. τεχνολογία και τα οποία στη βιβλιογραφία παρουσιάζονται με την ορολογία «Augmented Reality Books» (Lim& Park, 2011). Το περιεχόμενο των βιβλίων A.R., κατά τους Grasset et al. (2008), εμπλουτίστηκε με τρισδιάστατα εικονικά στοιχεία και δυναμικό ψηφιακό υλικό. Τα βιβλία A.R. κατηγοριοποιούνται στα συστήματα A.R. που στηρίζονται στην εικόνα (image-based augmented reality) με τις σελίδες τους μέσω συγκεκριμένης εφαρμογής σε smartphone ή tablet, να επαυξάνονται με πολλαπλό ψηφιακό υλικό (π.χ. αρχεία, εικόνες, ήχοι, σχόλια) (Grasset, Dünser, Seichter & Billinghamst, 2008).

Η αξιοποίηση της A.R. στην εκπαιδευτική διαδικασία δύναται να λάβει χώρα γενικά με τρεις τρόπους. Ο πρώτος είναι η χρήση κατάλληλων εκπαιδευτικών εφαρμογών A.R. για κινητές συσκευές σε ποικίλες διδασκαλίες, όπως για παράδειγμα η εφαρμογή Geogebra 3D, με την βοήθεια της οποίας δημιουργεί κάποιος τρισδιάστατες καμπύλες (πληκτρολογώντας την εξίσωση τους) και τις οποίες εναποθέτεις σε ένα επιλεγμένο φυσικό χώρο (π.χ. σχολικός πίνακας). Ο δεύτερος είναι η χρήση των Βιβλίων Ε.Π. και των εφαρμογών τους για κινητές συσκευές. Ο τρίτος είναι ο ίδιος ο εκπαιδευτικός και οι μαθητές (γιατί όχι;) να μετατραπούν σε παραγωγούς υλικού μέσα από πλατφόρμες δημιουργίας A.R. υλικού, όπως αφίσες, κολάζ, βίντεο, επαυξημένα βιβλία κ.ά.

Augmented Reality Development Platforms	
Apple ARKit	
DAQRI Worksense	
Hp Reveal	
LayAR	
Spark AR Studio	
Bosch Common Augmented Reality Platform (CAP)	
Blippbuilder	
Vuforia Engine	
ARCore Face Filters SDK	
Wikitude Augmented Reality SDK	
Augmentir	
ZapWorks	
PlugXR	
holo one sphere	
SmartReality	

Δύο προσιτές στη χρήση πλατφόρμες με τις οποίες μπορεί κάποιος να δημιουργήσει επαυξησεις σε βιβλία, είναι οι παρακάτω.

Το ARTutor αναπτύχθηκε στο [AETMA Lab](#) (Advanced Educational Technologies and Mobile Applications Lab, International Hellenic University) και συνιστά εκπαιδευτική πλατφόρμα επαυξημένης πραγματικότητας η οποία αποτελείται από δύο εφαρμογές: μία διαδικτυακή και μια για φορητές συσκευές.

The authoring tool μας επιτρέπει να δημιουργήσουμε βιβλία επαυξημένης πραγματικότητας με έναν προσιτό τρόπο, χωρίς εξειδικευμένες γνώσεις.

Η εφαρμογή για smartphones δίνει την ευκαιρία σε μαθητές - φοιτητές να έχουν πρόσβαση σε επαυξημένα βιβλία που δημιουργήθηκαν στην έκδοση της εφαρμογής για το διαδίκτυο και είναι διαθέσιμη για τα λειτουργικά συστήματα Android και iOS.



Εικόνα 42: Κεντρική σελίδα της πλατφόρμας ARTutor

Συγγραφέας ↕	Τίτλος ↕	Περιγραφή ↕	Γλώσσα ↕	
aetma	Great Britain	This is a book created for demonstration purposes. The book is the Wikipedia entry for Great Britain	Αγγλικά	↓
aetma	ARTutor Manual	The ARTutor2 manual in English	Αγγλικά	↓
aetma	Εγχειρίδιο χρήσης του ARTutor	Το εγχειρίδιο χρήσης του ARTutor στα Ελληνικά	Ελληνικά	↓
Sampathkumar Akash	Test	need to understand ARTutor paper	Αγγλικά	↓
Edith Lovos	Ejemplo Uso de ARTutor	Ejemplo Uso de ARTutor	Αγγλικά	↓
MONROY REDONDO	SERES VIVOS: LAS PLANTAS	LAS PLANTAS: FUNCIONES VITALES, TIPOS....	Αγγλικά	↓

Εικόνα 43: Ενδεικτικός κατάλογος βιβλίων Ε.Π. στην πλατφόρμα ARTutor

Η Blippar είναι από τις πιο διαδεδομένες πλατφόρμες δημιουργίας υλικού Ε.Π. Το υλικό Ε.Π. που θα χρησιμοποιηθεί είναι η πλατφόρμα δημιουργίας υλικού Ε.Π. Blippar η οποία βρίσκεται στον υπερσύνδεσμο <https://www.blippar.com/>

Για τη δημιουργία υλικού Ε.Π. στην πλατφόρμα Blippar είναι απαραίτητη η δωρεάν εγγραφή στην διεύθυνση <https://accounts.blippar.com/signup/free>.

Για την προβολή των επαυξήσεων που θα δημιουργηθούν στην πλατφόρμα είναι απαραίτητο το κατέβασμα της ειδικής εφαρμογής στις κινητές συσκευές (τάμπλετ ή κινητό), *Εφαρμογή Blippar από το GooglePlay ή το AppStore.*

5.2 Διαδικασία επαύξησης σχολικού βιβλίου

Η A.R. δύναται να αναβαθμίσει το σχολικό βιβλίο, αφού του δίνει τρεις διαστάσεις, προσδίδει κίνηση και αλληλεπίδραση μεταξύ στατικών σελίδων και σχημάτων. Ο χρήστης μπορεί ένα σχήμα του βιβλίου να το περιστρέψει, να αλλάξει τις διαστάσεις του, κατανοώντας ιδιότητες που θα ήταν δύσκολο να ανακαλυφθούν μέσα από τις σελίδες του βιβλίου. Οι σύγχρονες εφαρμογές A.R. δεν απαιτούν μεγάλο όγκο συσκευές, άρα ο συγκερασμός A.R. και σχολικού βιβλίου είναι εφικτός εντός και εκτός της σχολικής μονάδας. Προφανώς το κόστος εμπλουτισμού του σχολικού βιβλίου είναι ελάχιστο, ενώ γεφυρώνεται το χάσμα μεταξύ ψηφιακού και πραγματικού κόσμου (Yuen et al, 2011). Παράλληλα, αναιρείται η σύγχρονη άποψη πολλών μαθητών για παρωχημένα σχολικά βιβλία και έτσι έχουν ένα κίνητρο για να εκτιμήσουν και πάλι το βιβλίο.

Στην παρούσα εργασία επιχειρήσαμε την επαύξηση στου σχολικού βιβλίου Γεωμετρίας Α΄ Λυκείου, με την βοήθεια του Blippar. Η συγκεκριμένη προσπάθεια επαύξησης σχολικού βιβλίου, στόχευε στην σχολική Γεωμετρία Α΄ Λυκείου για τους εξής λόγους:

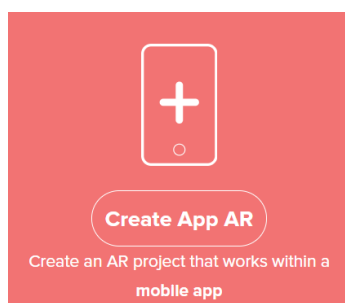
- ✓ η Γεωμετρία αποτελεί έναν πολύ σημαντικό κλάδο των σχολικών Μαθηματικών του Λυκείου, ο οποίος προσφέρεται περισσότερο σε σχέση με άλλα σχολικά Μαθηματικά για την δημιουργία επαύξησης της προς διδασκαλίας ύλης.
- ✓ Αποτελεί την βάση της αποδεικτικής διαδικασίας στην οποία πρέπει να μνηθεί ο μαθητής στο Λύκειο, αλλά δυστυχώς βρίσκεται σε πτωτική πορεία, όσον αφορά το ενδιαφέρον των μαθητών σε ένα Λύκειο το οποίο έχει απαξιωθεί ισχυρά τα τελευταία χρόνια.
- ✓ Καθώς οι γεωμετρικές έννοιες απαιτούν πολλαπλή και σαφή αναπαράσταση, η συμβολή της A.R. στα σχολικά βιβλία θα βοηθούσε ιδιαίτερα την ποιοτικότερη κατανόηση των ορισμών, θεωρημάτων, πορισμάτων και ασκήσεων.

Για να επαυξηθεί ένα σχολικό βιβλίο είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν εικόνες ως δείκτες. Είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν είτε αυτούσιες οι εικόνες του σχολικού βιβλίου, είτε ανεξάρτητες με το σχολικό βιβλίο εικόνες, αλλά σχετικές με το κεφάλαιο και το περιεχόμενο του κεφαλαίου.

Αρχικά, δημιουργείται ένας φάκελος με την ονομασία της Ενότητας και μέσα υποφακέλους με τα κεφάλαια και μέσα σε αυτούς επιμέρους υποφάκελοι με τις ονομασίες «Δείκτες» και «Επαυξήσεις». Οι εικόνες του σχολικού εγχειρίδιου μπορούν να αποθηκευτούν από την ιστοσελίδα του ψηφιακού σχολείου («Διαδραστικά Σχολικά Βιβλία» <http://ebooks.edu.gr/new/>) όπου εμφανίζονται τρεις επιλογές «Δείτε όλο το υλικό», «Δείτε το υλικό ανά τάξη» και «Δείτε το υλικό ανά μάθημα». Στο «Δείτε το υλικό ανά τάξη» εμφανίζονται όλες οι βαθμίδες με τις τάξεις τους. Επιλέγουμε από τη βαθμίδα την τάξη που θέλουμε, π.χ. Α΄ Λυκείου και ακολούθως από τις επιλογές «βιβλία μαθητή» ή «διαδραστικά βιβλία μαθητή», επιλέγουμε το βιβλίο του μαθήματος που θέλουμε, π.χ. το βιβλίο της Γεωμετρίας Α΄ Λυκείου. Πατάμε «Εισαγωγή - Περιεχόμενα». Εμφανίζονται όλες οι ενότητες και όλα τα κεφάλαια του βιβλίου. Επιλέγουμε την ενότητα και το κεφάλαιο που επιθυμούμε.

Εναλλακτικά, η αποθήκευση ανεξάρτητων εικόνων, αλλά σχετικών με την ύλη του σχολικού βιβλίου μπορεί να γίνει π.χ. μέσω μιας μηχανής αναζήτησης (Google) γράφοντας το θέμα (καλύτερα στα αγγλικά) που μας ενδιαφέρει και πατάμε εικόνες.

- Πατάω την ετικέτα «εργαλεία αναζήτησης», όπου θα βγει από κάτω μια γραμμή εργαλείων (Μέγεθος, Χρώμα, Τύπος κ.ά.). Στην επιλογή «Χρώμα», αν επιλέξουμε την επιλογή «Διαφανές», τότε θα μας εμφανίσει εικόνες χωρίς το φόντο.
- Επιλέγω από τη γραμμή εργαλείων την ετικέτα «Μέγεθος», έπειτα «Μεγαλύτερο από...» και τέλος «1.024 X 768».
- Επιλέγω την εικόνα που μου αρέσει, προκειμένου να ανοίξει στις πραγματικές τις διαστάσεις.
- Δεξί κλικ και αποθήκευση εικόνας.



Εικόνα 44: Επιλογή δημιουργίας App εφαρμογής AR

Μετά το «log in», πατάμε το «+ Create App AR», για να ξεκινήσουμε τη δημιουργία.

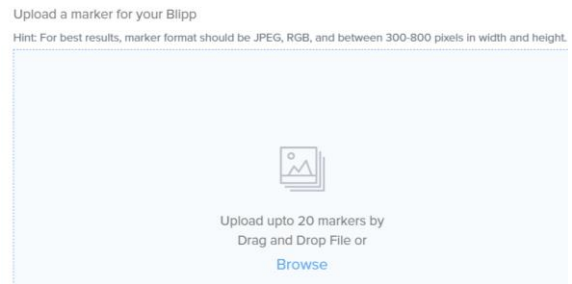
Στη συνέχεια, επιλέγουμε το Start from Scratch. Πατάμε το «Browse» για να ανεβάσουμε τους δείκτες - εικόνες (markers), τους οποίους αποθηκεύσαμε στα πρώτα βήματα στους φακέλους μας. Έπειτα, εμφανίζονται οι δείκτες - εικόνες που επιλέξαμε, δίνουμε μια ονομασία στο «Blip» μας και πατάμε «Continue».

APP AR
How would you like to start?



Εικόνα 45: Η επιλογή Scratch

APP AR
Create Blipp

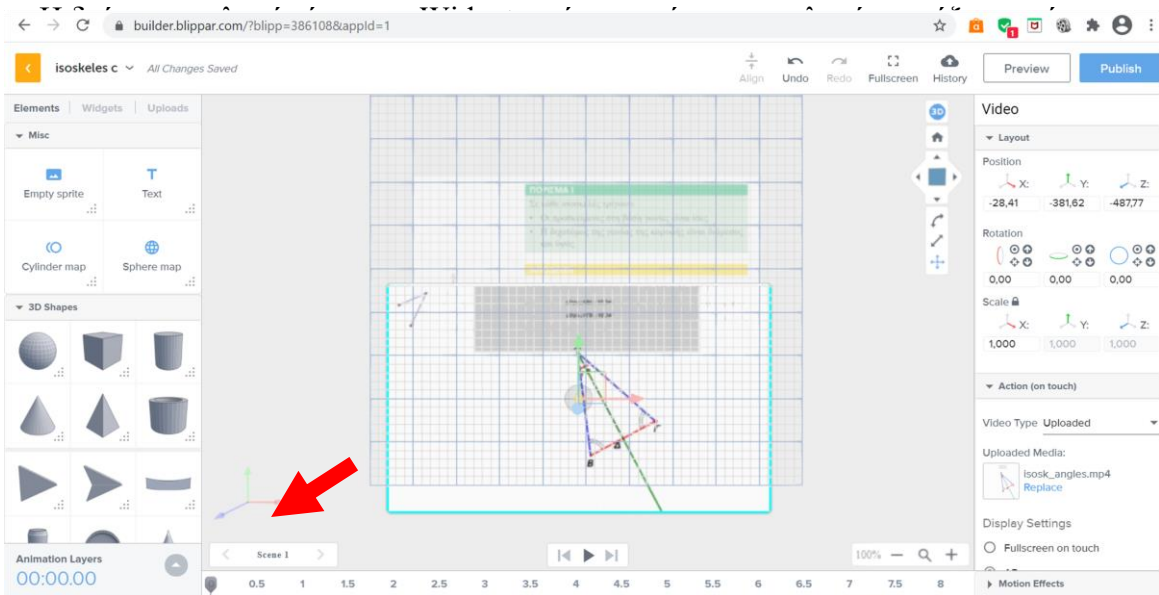


Εικόνα 46: Ανέβασμα εικόνας-δείκτη

Για να διαχειριστούμε τους δείκτες και να έχουμε μπροστά μας τον δείκτη που θέλουμε να επεξεργαστούμε, πατάμε το βελάκι δεξιά από την ονομασία που δώσαμε στο «Blipp». Στη συνέχεια, πατάμε το «Marker Manager». Εμφανίζεται το πιο κάτω, επιλέγουμε τον δείκτη που θέλουμε να επεξεργαστούμε και πατάμε «Done».

Στα αριστερά της οθόνης υπάρχει το μενού των επαυξήσεων με τρεις επιλογές οι οποίες περιλαμβάνουν πολλά και διάφορα στοιχεία, τα οποία μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ως επαυξήσεις.

- Η πρώτη επιλογή είναι τα «Elements» η οποία περιλαμβάνει τα «3D Shapes» και το «Misc». Με τα «3D Shapes» μπορούμε να εισάγουμε ως επαύξηση τρισδιάστατα γεωμετρικά στερεά (σφαίρα, κύβος κ.ά.) και με τα «Misc» κείμενο.



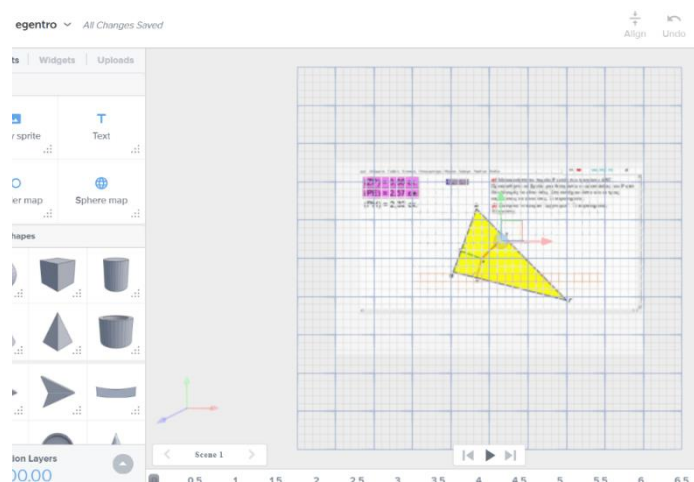
Εικόνα 47: Ανέβασμα του αρχείου της επαύξησης πάνω στην εικόνα-

Όλα αυτά μπορούμε να τα προσθέσουμε απλά με τη μέθοδο «drag and drop», δηλαδή διαλέγουμε την επαύξηση που θέλουμε να προσθέσουμε από το μενού που είναι στα αριστερά και τη ρίχνουμε στην επιφάνεια που βρίσκεται ο δείκτης μας.

Στο παράδειγμα της παραπάνω εικόνας έχουμε βάλει ως δείκτη μια εικόνα που αφορά ένα πόρισμα του βιβλίου, προσθέτοντας ως επαύξηση ένα βίντεο που κατασκευάσαμε και το οποίο προσδίδει διαδραστικότητα στο αντίστοιχο στατικό σχήμα (αφορά το blipr «isosceles c»). Μπορούμε φυσικά να αλλάξουμε το μέγεθος των στοιχείων και την θέση τους.

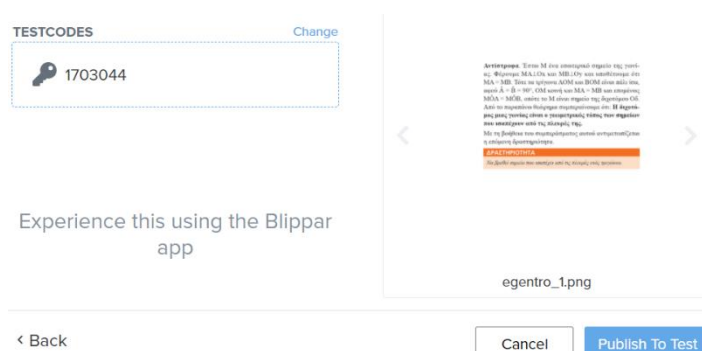
5.2.1 Πρόσθεση σκηνών (scenes) για τον ίδιο δείκτη

Στο ίδιο δείκτη μπορούμε να προσθέσουμε όσες σκηνές επιθυμούμε. Η επιλογή για να προσθέσουμε ή να επεξεργαστούμε σκηνές βρίσκονται κάτω αριστερά στην επιλογή «Scene #1». Με τις σκηνές μπορούμε να Εικόνα 49 : Πρόσθεση και ονομασία σκηνών προσθέσουμε, ουσιαστικά, πολλαπλές επαυξήσεις για τον ίδιο δείκτη – εικόνα, π.χ. μπορούμε να προσθέσουμε στη μια σκηνή ένα βίντεο ως επαύξηση, στη δεύτερη σκηνή ένα τρισδιάστατο αντικείμενο και ούτω καθεξής. Μπορούμε να ονομάσουμε τις σκηνές όπως θέλουμε. Όταν πατήσουμε το «Scene #1» εμφανίζεται το διπλανό πλαίσιο. Μπορούμε να αλλάξουμε την ονομασία και να προσθέσουμε όσες σκηνές θέλουμε. Προσθέτουμε σκηνές πατώντας το «Add New Scene», πληκτρολογούμε την ονομασία που θέλουμε και πατάμε «Enter».



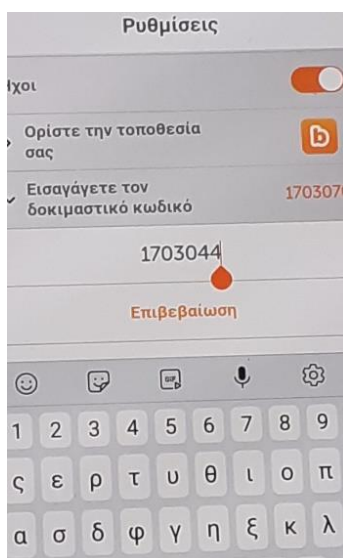
Εικόνα 48:Επαύξηση εικόνας με video

Για να δούμε την επαύξηση που δημιουργήσαμε πάμε στο «Preview», το οποίο βρίσκεται πάνω δεξιά. Εμφανίζεται το πιο κάτω πλαίσιο με τον κωδικό που θα χρησιμοποιήσουμε στην εφαρμογή «Blippar» της κινητής μας συσκευής, για κάθε blipr είναι διαφορετικός ο κωδικός. Πατάμε «Continue» κι έπειτα «Publish To Test» και είμαστε έτοιμοι να προβάσουμε την επαύξηση στην κινητή μας συσκευή.

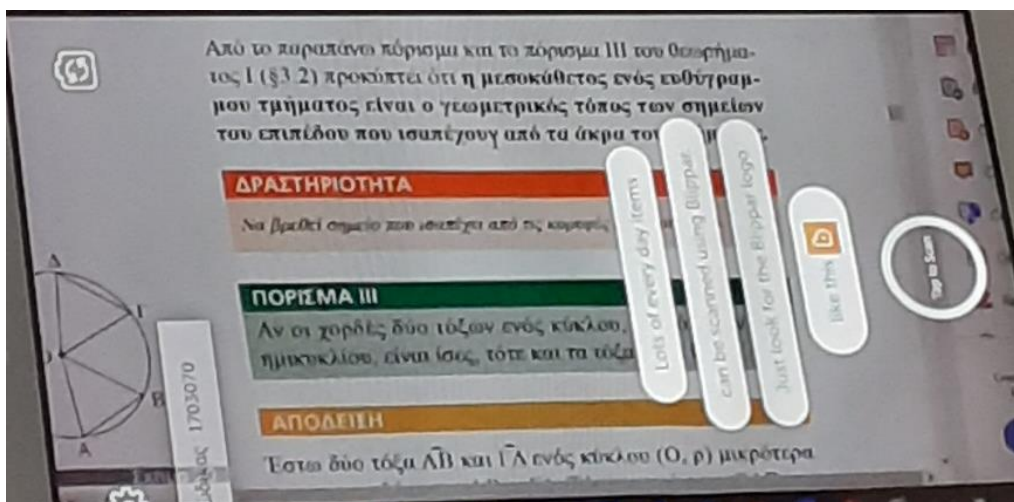


Εικόνα 49: Κωδικός Blippr

Στην κινητή μας συσκευή πάμε στην εφαρμογή «Blippar». Έπειτα πάμε στις ρυθμίσεις. Στην επιλογή «Εισαγάγετε τον δοκιμαστικό κωδικό» πληκτρολογούμε τον κωδικό που μας έδωσε η πλατφόρμα για να δοκιμάσουμε την επαύξηση που δημιουργήσαμε. Έπειτα, πατάμε επιβεβαίωση.

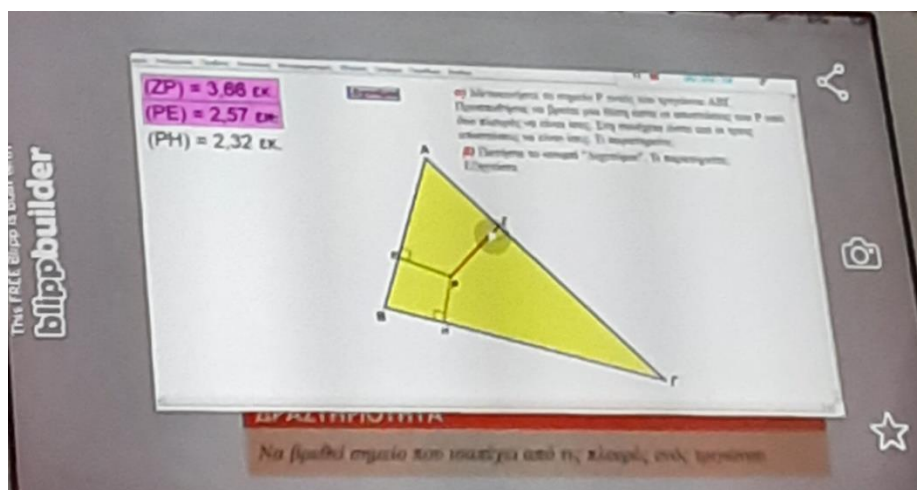


Εικόνα 50: Ρυθμίσεις στην συσκευή για την εμφάνιση Blippr



Εικόνα 51: Σκανάρισμα εικόνας με το BlippAR

Σημαδεύουμε την εικόνα του βιβλίου που επαυξήσαμε με την κάμερα της κινητής συσκευής. Πατάμε το «Tap to scan» και περιμένουμε μέχρι να σκανάρει την εικόνα. Μετά από λίγο η επαύξηση που δημιουργήσαμε εμφανίζεται! Στο σημείο αυτό θα πρέπει να επισημάνουμε κάποια βήματα. Αρχικά να πούμε πως για να μειώσουμε την δυσκολία εμφάνισης της επαύξησης, θα πρέπει όταν επιλέγουμε το μέρος της σελίδας που θα αποθηκεύσουμε ως εικόνα (κείμενο, σχήμα ή και τα δύο), καλό θα είναι να επιλέγουμε λίγο μεγαλύτερο πλαίσιο από αυτό που στοχεύουμε πραγματικά (π.χ αν είναι ένα σχήμα, επιλέγουμε και το γύρω πλαίσιο). Αυτό συμβαίνει γιατί σε αντίθετη περίπτωση θα είναι δύσκολο να εστιάσουμε με το κινητό μια μικρή περιοχή. Στη συνέχεια, όταν με την εφαρμογή του κινητού τοποθετούμε την κάμερα στην κατάλληλη περιοχή της σελίδας του βιβλίου και πριν πατήσουμε Scan, προσέχουμε να μην κινείται η συσκευή και να μην υπάρχει θολότητα στην εικόνα. Όταν κάνουμε σωστά τις παραπάνω ενέργειες, αργά ή γρήγορα (συνήθως πριν ολοκληρωθεί ο κύκλος του Scan), εμφανίζεται η επαύξηση, η οποία στο πιο πάνω παράδειγμα είναι ένα βίντεο (πατάμε στο κέντρο για να ανοίξει). Αυτή είναι η διαδικασία που ακολουθούμε για να προβάλλουμε κάθε επαύξηση, κάθε blipp, στις κινητές μας συσκευές!



Εικόνα 52: Εμφάνιση Επαύξησης

Επικουρικά, να σημειώσουμε πως αν θέλουμε να δημιουργήσουμε επαύξηση με βάση εικόνα ως δείκτη και επαύξηση επίσης όμως εικόνα, επιλέγουμε διαφορετικό δείκτη - εικόνα ή δημιουργούμε μια άλλη σκηνή για τον ίδιο δείκτη. Από την επιλογή του μενού δεξιά «Uploads» επιλέγουμε το «Browse» κι ανεβάζουμε την εικόνα σε μορφή gif που θέλουμε για επαύξηση και είχαμε αποθηκεύσει προηγουμένως (οι εικόνες σε μορφή gif είναι εικόνες μη στατικές, έχουν κίνηση). Περιμένουμε λίγο μέχρι να ανέβει η εικόνα. Όταν ανέβει, τη «ρίχνουμε» στο κεντρικό πλαίσιο. Φυσικά υπάρχουν πολλά προγράμματα δημιουργίας εικόνων gif.

Εάν επιθυμούμε να δημιουργήσουμε επαύξηση με εικόνα ως δείκτη και επαύξηση μία ιστοσελίδα με προσθήκη κειμένου, τότε επιλέγουμε τον δείκτη - εικόνα που επιθυμούμε και από το μενού αριστερά πάμε στα «Widgets», επιλέγουμε το «Website» και το «ρίχνουμε» στο κεντρικό πλαίσιο. Πατάμε το «Website» και εμφανίζεται δεξιά το μενού επεξεργασίας. Στο «Label» μπορούμε να αλλάξουμε την ονομασία, όπως και το χρώμα στο «Colour».

5.3 Θεωρήματα, Πορίσματα και Ασκήσεις του σχολικού βιβλίου Γεωμετρίας Α΄ Λυκείου με επαύξηση

Η επαύξηση των παρακάτω στοιχείων του σχολικού βιβλίου της Γεωμετρίας (περιγράφονται στον πίνακα που ακολουθεί) πραγματοποιήθηκε με βάση την app εφαρμογή Blippar και τα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν είναι : Geogebra (το λογισμικό και η αντίστοιχη πλατφόρμα <https://www.geogebra.org/>), Geometer's

Sketchpad, ο online καταγραφέας οθόνης της Apowersoft (δημιουργία βίντεο), το πρόγραμμα ζωγραφικής Microsoft office. Η επιλογή των συγκεκριμένων εννοιών, καθοδηγήθηκε από την 28-ετή εμπειρία της διδασκαλίας του μαθήματος της Γεωμετρίας, υπό την έννοια του εντοπισμού των σημείων που δημιουργούν σύγχυση στους μαθητές, αλλά και την καταλληλότητα του εμπλουτισμού των συγκεκριμένων εννοιών, που προφανώς αρκετά χρόνια ήταν αδύνατη. Όλα τα αρχεία και τα videos, κατασκευάστηκαν αποκλειστικά από τον υπογράφοινα.


Η σκέψη για τη δημιουργία πρόσθετου υλικού για τη διδασκαλία της Ευκλείδειας Γεωμετρίας στο Λύκειο, προήλθε βασικά από την δυσκολία απόδοσης της δυναμικής ενός γεωμετρικού σχήματος, θεωρήματος ή κατασκευής μέσα από ένα στατικό χειρόμορφο περιβάλλον. Έγινε προσπάθεια αξιοποίησης της εκπαιδευτικής καινοτομίας που προσφέρει η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών, ειδικά σε ότι έχει σχέση με κινητές συσκευές, με τις οποίες οι μαθητές όλων των γνωστικών επιπέδων είναι αρκετά εξοικειωμένοι. Η χρήση της A.R., μας επιτρέπει να εμβαθύνουμε σε βασικές πτυχές του ΑΠΣ (R. F. Enríquez, L. D. Martín, 2020). Η Γεωμετρία περιλαμβάνει αρκετές δεξιότητες που σχετίζονται με την οπτική διαίσθηση, την ισχυρή μνήμη (πρέπει να θυμόμαστε θεωρήματα), την κατανόηση αποδείξεων, την δημιουργία εικασιών, την αντίληψη της πραγματικότητας. Έτσι η Γεωμετρία αποκτά έναν παγκόσμιο εκπαιδευτικό χαρακτήρα, που προσιδιάζει με τις δυνατότητες που προσφέρει η AR στην διδασκαλία της (Zeeman, 2001). Ο χωρικός συλλογισμός, που βασίζεται στην γεωμετρική σκέψη, ορίζεται ως ζωτική ικανότητα για την ανθρώπινη σκέψη και δράση, δεν υποστηρίζεται πάντα στα σχολικά προγράμματα (Whiteley et al, 2015). Η εκμάθηση γεωμετρικών εννοιών μέσω εφαρμογών A.R. εξακολουθεί να είναι ένα πρόσφατο πεδίο (Buzak et al 2013).

5.3.1 Πίνακας επαυξήσεων

Επαύξηση Σχολικού Βιβλίου Γεωμετρίας Α΄ Λυκείου				
Σελίδα	Εικόνα	Επαύξηση	Κωδικός Blipp	Γεωμετρικές Έννοιες
39	Ο θησαυρός των Αθηναίων στους Δελφούς	Εικόνα	1747250	Κύκλοι, Τρίγωνα, Συμμετρίες σε Έργα Τέχνης
40	Σχήματα 1, 2 ,3	Εικόνα	1739059	Είδη τριγώνου, βασικά στοιχεία τριγώνου
42	Σχήμα 12 + Πόρισμα I (εκφώνηση)	Αρχείο Geogebra	1738903	Ιδιότητες ισοσκελούς τριγώνου
45	Σχήμα 19 + Πόρισμα II (εκφώνηση)	Βίντεο	1697352	Σημείο που ισαπέχει από τα άκρα ενός τμήματος θα ανήκει στη μεσοκάθετο
52	Δραστηριότητα	Βίντεο	1703044	Σημείο που ισαπέχει από τις πλευρές ενός τριγώνου
62	Σχήμα 53 + 4η Εφαρμογή (εκφώνηση)	Βίντεο	1751539	Ελάχιστο άθροισμα αποστάσεων δύο σημείων εκτός ευθείας από σημείο της ευθείας
69	Σχήματα 61 α, β	Αρχείο Geogebra	1705573	Σχετικές θέσεις ευθείας και κύκλου
73	Σχήμα 67	Αρχείο Geogebra	1710982	Κατασκευή γωνίας ίσης προς δοθείσα
88	Σχήμα 18	Βίντεο	1728788	Άθροισμα Γωνιών Τριγώνου
85	Θεώρημα παρ.4.5	Αρχείο Geogebra	1751340	Αξιοσημείωτοι κύκλοι τριγώνου


Παρατίθεται ο συγκεντρωτικός κατάλογος των επαυξήσεων που δημιουργήθηκαν.

My Blipps ▼
 Shared With Me



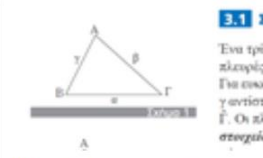
Create Web AR

Create an AR project that works within the web browser



Create App AR

Create an AR project that works within a mobile app

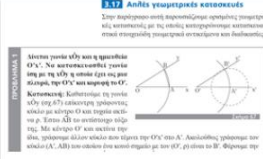


types_triangle_elements

Skotidas Sotiris

Feb 6

● Not Live

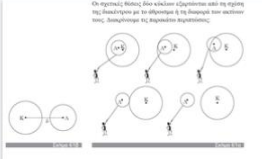


Kataskevi gnwns

Skotidas Sotiris

Jan 4

● Not Live

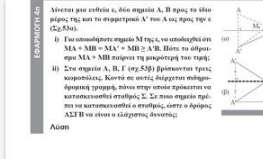


Sxetikes thesels dio kyklwn

Skotidas Sotiris

Dec 27

● Not Live



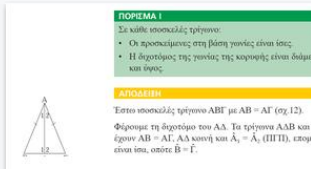
Minimum addition

Skotidas Sotiris

Dec 27

● Not Live

Sort By ▼ + New Project




Isoskeles Idlotites

Skotidas Sotiris

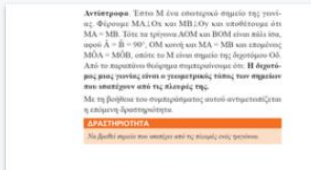
Feb 6

● Not Live



athrolsma_gwniwn_trigonou

1 blipp




egentro

Skotidas Sotiris

Dec 20

● Not Live



mesokathetos c

Skotidas Sotiris

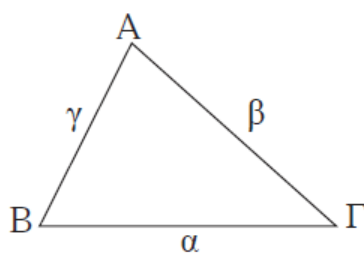
Dec 14

● Not Live

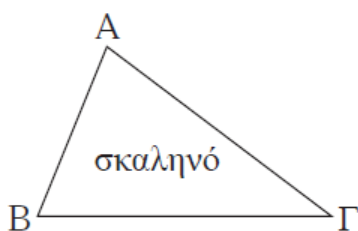
Εικόνα 53 : My Blipps

5.3.2 Κατάλογος εικόνων – δεικτών και σχολιασμός των επαυξήσεων

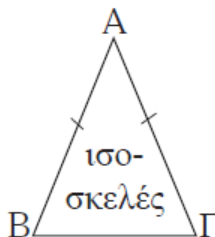
Σελίδα 40 σχολ. Βιβλ.



Σχήμα 1



Σχήμα 2



Σχήμα 3

3.1 Σ

Ένα τρίγ
πλευρές
Για ευκο
γ αντίστα
Γ̂. Οι πλ
στοιχεία
ρών του
συνήθως
μεταξύ τ
το ισοσκ

- **σκαλι**
- **ισοσκ**
ισοσκ
ται **βσ**
- **ισόπλ**

Ένα τρίγ

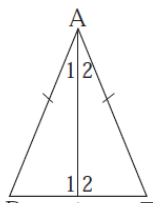
Επαύξηση: Αρχείο εικόνας με πρόσθετα επεξηγηματικά στοιχεία. Πιο συγκεκριμένα, προστέθηκε ορολογία που αφορά στοιχεία του ορθογωνίου και ισοσκελούς τριγώνου, αλλά και ύψη αμβλυγωνίου τριγώνου, ο σχεδιασμός των οποίων δυσκολεύει αρκετούς μαθητές όλων των βαθμίδων.

https://www.dropbox.com/s/cjnti7ps97ccxq6/stoixeia_triangle_c.png?dl=0

ΠΟΡΙΣΜΑ Ι

Σε κάθε ισοσκελές τρίγωνο:

- Οι προσκείμενες στη βάση γωνίες είναι ίσες.
- Η διχοτόμος της γωνίας της κορυφής είναι διάμεσος και ύψος.



ΑΠΟΔΕΙΞΗ

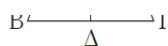
Έστω ισοσκελές τρίγωνο $ΑΒΓ$ με $ΑΒ = ΑΓ$ (σχ.12).

Φέρουμε τη διχοτόμο του $ΑΔ$. Τα τρίγωνα $ΑΔΒ$ και $ΑΔΓ$ έχουν $ΑΒ = ΑΓ$, $ΑΔ$ κοινή και $\hat{A}_1 = \hat{A}_2$ (ΠΓΠ), επομένως είναι ίσα, οπότε $\hat{B} = \hat{\Gamma}$.

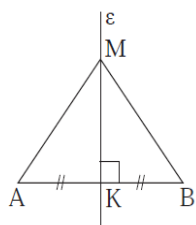
Επαύξηση : Αρχείο Geogebra, όπου μεταβάλλοντας τα μήκη των δύο ίσων πλευρών ισοσκελούς τριγώνου ή την βάση, ο μαθητής παρατηρεί ότι δεν μεταβάλλονται τα μέτρα των (ίσων) προσκείμενων στη βάση γωνιών, το ίδιο αν μεταβάλλουμε το μέτρο της γωνίας της κορυφής. Επίσης, καλείται να κατασκευάσει με την βοήθεια του λογισμικού, το ύψος από την κορυφή της βάσης, αλλά και την κάθετο, για να διαπιστώσει ότι ταυτίζονται με την υπάρχουσα διχοτόμο. Είναι σημαντικό, ο μαθητής να επαληθεύσει μέσω του λογισμικού, προτάσεις με στατικά σχήματα, την αλήθεια των οποίων πρέπει να δικαιολογήσει μέσω αυστηρής αποδεικτικής διαδικασίας.

<https://www.geogebra.org/m/npkmdskt>

Σελίδα 45 σχολ. Βιβλ.



Σχήμα 18



Σχήμα 19

ΠΟΡΙΣΜΑ II

Κάθε σημείο που ισαπέχει από τα άκρα ενός τμήματος ανήκει στη μεσοκάθετό του.

ΑΠΟΔΕΙΞΗ

Έστω ευθύγραμμο τμήμα AB (σχ.19), M ένα σημείο, ώστε $MA = MB$ και K το μέσο του AB . Τότε το τρίγωνο AMB είναι ισοσκελές και η MK διάμεσός του, οπότε, σύμφωνα με το προηγούμενο πόρισμα, η MK θα είναι και ύψος, δηλαδή η MK είναι μεσοκάθετος του AB .

Επαύξηση: Αρχείο Geogebra και Video, όπου παρατηρούμε την γραμμή, την οποία διαγράφει ένα σημείο X με την ιδιότητα να ισαπέχει από τα άκρα ενός ευθυγράμμου τμήματος. Στην ουσία, ενεργοποιώντας το ίχνος του κινούμενου σημείου, ο μαθητής διαπιστώνει με την δυνατότητα του συρσίματος, ότι οι διαδοχικές θέσεις του σημείου δημιουργούν την ευθεία της μεσοκαθέτου.

<https://www.geogebra.org/m/ypydkdffc>

Αντίστροφα. Έστω M ένα εσωτερικό σημείο της γωνίας. Φέρουμε $MA \perp O\alpha$ και $MB \perp O\beta$ και υποθέτουμε ότι $MA = MB$. Τότε τα τρίγωνα AOM και BOM είναι πάλι ίσα, αφού $\hat{A} = \hat{B} = 90^\circ$, OM κοινή και $MA = MB$ και επομένως $M\hat{O}A = M\hat{O}B$, οπότε το M είναι σημείο της διχοτόμου Od . Από το παραπάνω θεώρημα συμπεραίνουμε ότι: **Η διχοτόμος μιας γωνίας είναι ο γεωμετρικός τόπος των σημείων που ισαπέχουν από τις πλευρές της.**

Με τη βοήθεια του συμπεράσματος αυτού αντιμετωπίζεται η επόμενη δραστηριότητα.

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

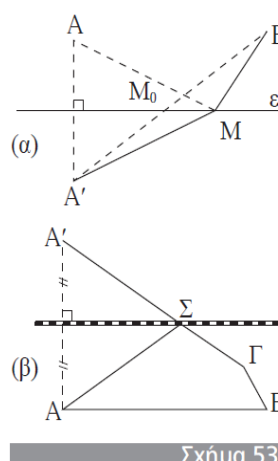
Να βρεθεί σημείο που ισαπέχει από τις πλευρές ενός τριγώνου.

Επαύξηση: Αρχείο Geometer's Sketchpad και Video, όπου ο χρήστης προσπαθεί να βρει εσωτερικό σημείο ενός τριγώνου που να ισαπέχει από τις πλευρές του τριγώνου, οδηγούμενος στο σημείο τομής των διχοτόμων. Αρχικά, καλείται να βρει σημείο που να ισαπέχει από δύο πλευρές του τριγώνου, με την ενεργοποίηση της μέτρησης, αφού βέβαια έχουν σχεδιασθεί εκ των προτέρων οι εν λόγω αποστάσεις. Σ' αυτό το σημείο οι περισσότεροι μαθητές δυσκολεύονται να κάνουν ανάκληση της γνωστής ιδιότητας που έχει κάθε σημείο της διχοτόμου μιας γωνίας, αφού η ύπαρξη του τριγώνου αφαιρεί τη συνήθη εικόνα που έχουν οι μαθητές για τις πλευρές μιας γωνίας (είναι δηλ. ημιευθείες). παραπάνω δραστηριότητα. Η διερεύνηση, οδηγεί στο σημείο τομής των διχοτόμων, οπότε υπάρχει μια διαδραστική αναπαράσταση της συγκεκριμένης δραστηριότητας.

<https://www.dropbox.com/s/vx57e8pfg14kal3/egentro.mp4?dl=0>

Δίνεται μια ευθεία ε , δύο σημεία A, B προς το ίδιο μέρος της και το συμμετρικό A' του A ως προς την ε (Σχ.53α).

- i) Για οποιοδήποτε σημείο M της ε , να αποδειχθεί ότι $MA + MB = MA' + MB \geq A'B$. Πότε το άθροισμα $MA + MB$ παίρνει τη μικρότερή του τιμή;
- ii) Στα σημεία A, B, Γ (σχ.53β) βρίσκονται τρεις κωμοπόλεις. Κοντά σε αυτές διέρχεται σιδηροδρομική γραμμή, πάνω στην οποία πρόκειται να κατασκευασθεί σταθμός Σ . Σε ποιο σημείο πρέπει να κατασκευασθεί ο σταθμός, ώστε ο δρόμος $A\Sigma\Gamma B$ να είναι ο ελάχιστος δυνατός;



Σχήμα 53

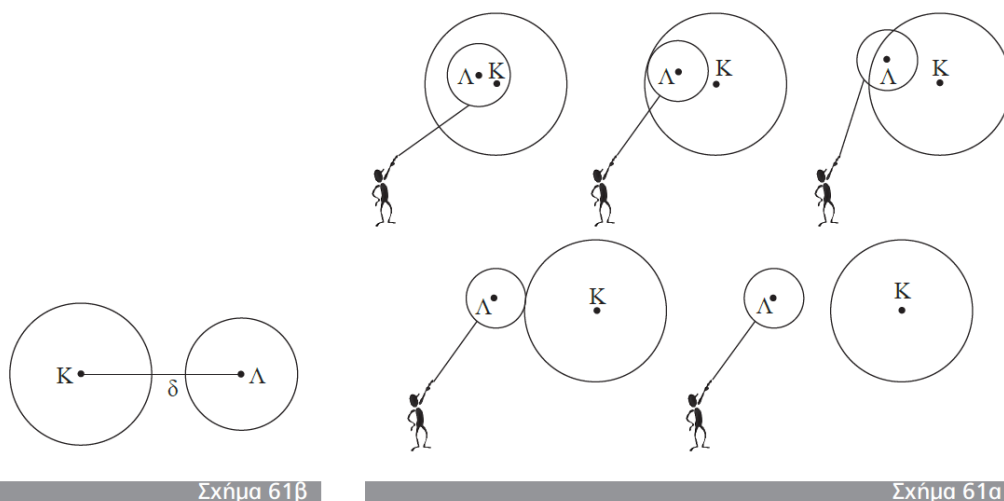
Λύση

Επαύξηση: Αρχείο Geogebra, όπου διερευνάται η ύπαρξη σημείου που να έχει το ελάχιστο άθροισμα αποστάσεων από δύο άλλα σταθερά σημεία (αγροκτήματα) – παραλλαγή λυμένης εφαρμογής του βιβλίου. Η ενότητα με τις ανισοτικές σχέσεις τριγώνου, προσφέρεται για προβλήματα μεγιστοποίησης ή ελαχιστοποίησης μεταβλητών μεγεθών, καθώς συνδέουν την Ευκλείδεια Γεωμετρία με καταστάσεις καθημερινότητας. Παράλληλα, θεωρείται δύσκολη για τους μαθητές, καθώς δεν γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι για τρία οποιαδήποτε σημεία του επιπέδου A, B, Γ στην σχέση $AG \leq AB + BG$ το ίσον ισχύει μόνο αν τα A, B, Γ είναι συνευθειακά και επιπλέον το Γ να βρίσκεται μεταξύ των A, B . Το λογισμικό παρέχει τη δυνατότητα λεπτομερούς διερεύνησης, ενώ η λύση εικάζεται μέσω της μέτρησης αρχικά και κατόπιν με τον σχεδιασμό του συμμετρικού του ενός από τα δυο σταθερά σημεία ως προς τη δοθείσα ευθεία – δρόμο. Παραλλαγή της συγκεκριμένης δραστηριότητας προτείνεται από το ΙΕΠ στις καθιερωμένες οδηγίες διδασκαλίας του μαθήματος προς τους εκπαιδευτικούς που διδάσκουν το μάθημα της Γεωμετρίας.

<https://www.geogebra.org/m/c7bzawkx>

Σελίδα 69 σχολ. Βιβλ.

Οι σχετικές θέσεις δύο κύκλων εξαρτώνται από τη σχέση της διακέντρου με το άθροισμα ή τη διαφορά των ακτίνων τους. Διακρίνουμε τις παρακάτω περιπτώσεις:



Επαύξηση: Αρχείο Geogebra, στο οποίο διερευνάται η σχέση μεταξύ της διακέντρου δύο κύκλων σε σχέση με το άθροισμα και την διαφορά των ακτίνων τους. Η δυνατότητα μετακίνησης των κύκλων, της μεταβολής των ακτίνων τους και της μέτρησης αυτών αλλά και της διακέντρου, δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να διερευνήσει όλες τις παραπάνω δυνατές θέσεις δύο κύκλων. (Ο ένας κύκλος εσωτερικός ή εξωτερικός του άλλου, εφαπτόμενοι εξωτερικά ή εσωτερικά, τεμνόμενοι κύκλοι). Ο μαθητής ελέγχει τη σύνδεση της διαμέτρου d με το άθροισμα $R + r$ (στο αρχείο είναι το κουμπί **ϵ**) αλλά και της διαφοράς $R - r$ (στο αρχείο είναι το κουμπί **e**). Ένα στατικό σχήμα, μετασχηματίζεται σε δυναμικό αρχείο εργασίας, παρέχοντας τη δυνατότητα μιας προσωπικής και πλουραλιστικής προσέγγισης από τον μαθητή, λαμβάνοντας μάλιστα υπόψη ότι στην συγκεκριμένη ενότητα δεν υπάρχει στο βιβλίο αυστηρή δικαιολόγηση των αναφερόμενων σχέσεων.

<https://www.geogebra.org/m/tcvudrgm>

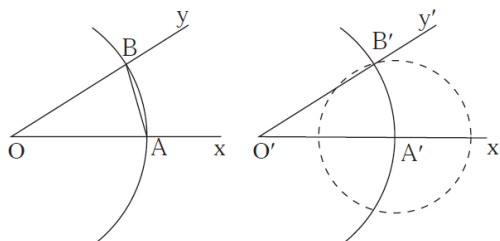
3.17 Απλές γεωμετρικές κατασκευές

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζουμε ορισμένες γεωμετρικές κατασκευές με τις οποίες κατοχυρώνουμε κατασκευαστικά στοιχειώδη γεωμετρικά αντικείμενα και διαδικασίες.

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 1

Δίνεται γωνία $x\hat{O}y$ και η ημιευθεία $O'x'$. Να κατασκευασθεί γωνία ίση με τη $x\hat{O}y$ η οποία έχει ως μια πλευρά, την $O'x'$ και κορυφή το O' .

Κατασκευή: Καθιστούμε τη γωνία $x\hat{O}y$ (σχ.67) επίκεντρη γράφοντας κύκλο με κέντρο O και τυχαία ακτίνα ρ . Έστω \widehat{AB} το αντίστοιχο τόξο της. Με κέντρο O' και ακτίνα την ίδια, γράφουμε άλλον κύκλο που τέμνει την $O'x'$ στο A' . Ακολουθώς γράφουμε τον κύκλο (A', AB) του οποίου ένα κοινό σημείο με τον (O', ρ) είναι το B' . Φέρουμε την ημιευθεία $O'B'$. Η γωνία $x'\hat{O}'B'$, δηλαδή η $x'\hat{O}'y'$ είναι η ζητούμενη.



Σχήμα 67

Επαύξηση: Αρχείο Geogebra στο οποίο, ο χρήστης εφαρμόζει τα βήματα κατασκευής γωνίας ίσης προς δοθείσα, μέσα από τις δυνατότητες του λογισμικού. Οι γεωμετρικές κατασκευές (δηλ. με κανόνα και διαβήτη) κατέχουν σημαντική θέση στα ΑΠΣ Γεωμετρίας και αποτελούν κομβικό μεθοδολογικό κομμάτι της διδασκαλίας. Προφανώς προσθέτει καινοτομία η δυνατότητα εφαρμογής από τον μαθητή των βημάτων της παραπάνω κατασκευής, σε αντιδιαστολή με τις ενέργειες στο στατικό χαρτί. Παράλληλα δίνεται η δυνατότητα μεταβολής της τυχαίας ακτίνας των κύκλων, που θα βοηθήσει το χρήστη να κατανοήσει ότι δεν μεταβάλλει τη γενικότητα της λύσης. Σύμφωνα με τις διδακτικές οδηγίες του ΙΕΠ : «Η διαπραγμάτευση των γεωμετρικών κατασκευών συμβάλλει στην κατανόηση των σχημάτων από τους μαθητές με βάση τις ιδιότητές τους καθώς και στην ανάπτυξη της αναλυτικής και συνθετικής σκέψης η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί και σε εξωμαθηματικές γνωστικές περιοχές».

<https://www.geogebra.org/m/mdajfx7j>

4.5 Αξιοσημείωτοι κύκλοι τριγώνου

Στην παράγραφο αυτή χρησιμοποιούμε το Ευκλείδειο αίτημα για να μελετήσουμε τους κύκλους που σχετίζονται με ένα τρίγωνο.

► Ο περιγεγραμμένος κύκλος τριγώνου

Θα αποδείξουμε ότι για κάθε τρίγωνο υπάρχει κύκλος που διέρχεται από τις τρεις κορυφές του. Ο κύκλος αυτός λέγεται *περιγεγραμμένος* κύκλος του τριγώνου και επιπλέον αποδεικνύεται ότι το κέντρο του είναι ένα σημείο στο οποίο συντρέχουν και οι τρεις μεσοκάθετοι του τριγώνου και λέγεται *περίκεντρο*.

Επαύξηση: Αρχείο Geogebra στο οποίο, ο χρήστης βρίσκεται σε αλληλεπίδραση με το σημείο τομής των μεσοκαθέτων των πλευρών (περίκεντρο) και των διχοτόμων των γωνιών του τριγώνου (έγκεντρο). Τα δύο αυτά σημεία αποτελούν και κέντρα δύο σημαντικών κύκλων για κάθε τρίγωνο. Η επαφή του μαθητή με τα εννοιολογικά αντικείμενα συνίσταται στον εντοπισμό των χαρακτηριστικών σημείων κατά τη μετακίνηση των κορυφών του τριγώνου, αλλά και με το παιχνίδι της απόκρυψης και εμφάνισης των στοιχείων στο αρχείο. Μέσω της δραστηριότητας ελέγχεται και η περίπτωση ταύτισης των δύο σημείων (ισόπλευρο τρίγωνο). Πρόσθετα οπτικοποιείται και η περίπτωση το περίκεντρο να βρίσκεται εκτός του τριγώνου. Πλέον είναι εφικτή και μια προέκταση του περιεχομένου του αρχείου με τον κύκλο του Euler αλλά και τους παρεγγεγραμμένους κύκλους (οι κύκλοι αυτοί παρουσιάζονται σε εφαρμογή του σχολικού βιβλίου, σελ. 86)

<https://www.geogebra.org/m/vbxcavk4>

4.6 Άθροισμα γωνιών τριγώνου

Η παραλληλία επιτρέπει να μεταφέρουμε τις γωνίες ενός τριγώνου, ώστε να έχουν κοινή κορυφή μια οποιαδήποτε κορυφή του τριγώνου και να σχηματίζουν ευθεία γωνία (σχ.18). Έτσι μπορούμε να υπολογίσουμε το άθροισμα των γωνιών του τριγώνου.

ΘΕΩΡΗΜΑ

Το άθροισμα των γωνιών κάθε τριγώνου είναι 2 ορθές.

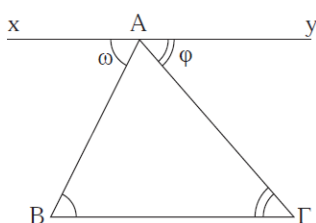
ΑΠΟΔΕΙΞΗ

Από μια κορυφή, π.χ. την Α, φέρουμε ευθεία $xy \parallel ΒΓ$. Τότε $\omega = \hat{B}$ (1) και $\varphi = \hat{\Gamma}$ (2), ως εντός και εναλλάξ των παραλλήλων xy και $ΒΓ$ με τέμνουσες $ΑΒ$ και $ΑΓ$ αντίστοιχα.

Αλλά $\omega + \hat{A} + \varphi = 2\text{L}$ (3).

Από τις (1), (2) και (3) προκύπτει ότι

$$\hat{A} + \hat{B} + \hat{\Gamma} = 2\text{L}.$$



Σχήμα 18

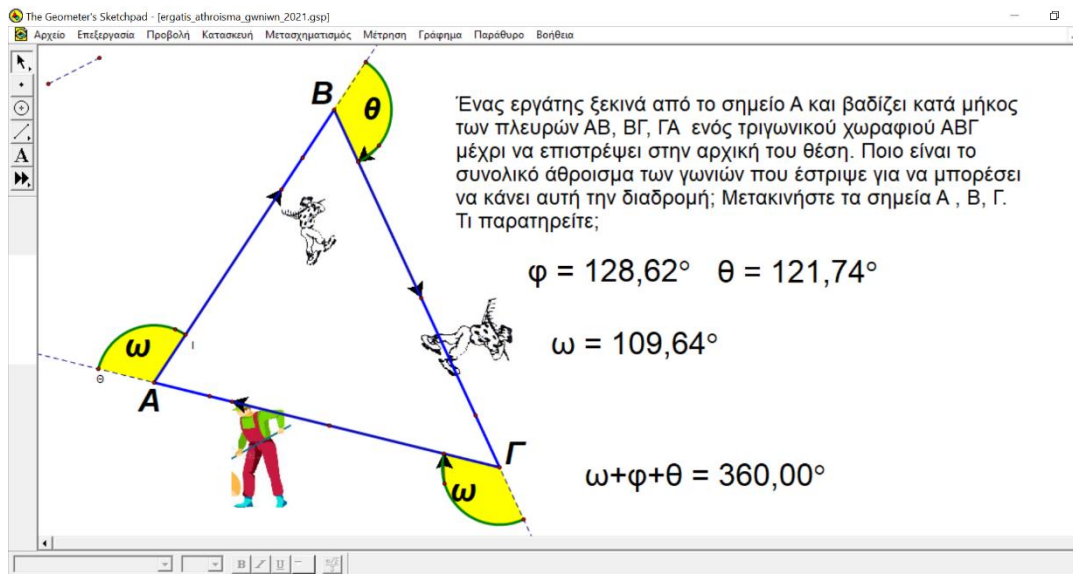
88

Επαύξηση: Αρχείο Geometer's Sketchpad και Video, όπου μέσω κατάλληλων γεωμετρικών μετασχηματισμών προσπαθούμε να αποδείξουμε την γνωστή πρόταση για το άθροισμα γωνιών τριγώνου. Επιλέχθηκε μια διαφορετική αποδεικτική προσέγγιση από αυτή που υπάρχει στο σχολικό βιβλίο. Ο λόγος είναι ότι η συγκεκριμένη προσέγγιση προσιδιάζει καλύτερα σε μια δυναμική αναπαράσταση στο γεωμετρικό λογισμικό.

Πρόσθετα, εκτός από το video, έχουμε δημιουργήσει ως επαύξηση, ένα δεύτερο αρχείο Geogebra, στο οποίο ένας εργάτης περπατά κατά μήκος των πλευρών ενός εικονικού τριγωνικού χωραφιού, οπότε ζητάμε από τους μαθητές να εικάσουν για το άθροισμα των τριών στροφών (σε μοίρες) που θα πρέπει να κάνει ο εργάτης, αν πρέπει να επιστρέψει στο σημείο από το οποίο ξεκίνησε. Ουσιαστικά πρόκειται για το άθροισμα των εξωτερικών γωνιών του τριγώνου (οι μαθητές πρέπει να οδηγηθούν στις 360^0 αρχικά μέσω του λογισμικού και έπειτα μέσω λογικού συλλογισμού).

https://www.dropbox.com/s/m12zxs7s6u4u5g/athr_gwn_tri_2021.mp4?dl=0

<https://www.geogebra.org/m/vmybyqzh>



Εικόνα 54: η δεύτερη επαύξηση για το άθροισμα γωνιών τριγώνου με το αρχείο Geometer's Sketchpad.

5.4 Συμπεράσματα – Συζήτηση

Η χρήση διαφόρων ειδών τεχνολογιών εξαπλώνεται γρήγορα στην εκπαίδευση, τόσο σε τυπικό όσο και άτυπο πλαίσιο. Όλες οι διδακτικές προσεγγίσεις που επιτρέπουν στους χρήστες να συμμετέχουν ενεργά στη μαθησιακή διαδικασία, έχουν αποδειχθεί άλλες περισσότερο και άλλες λιγότερο αποτελεσματικές στην απόκτηση τόσο γνωστικών όσο και μεταγνωστικών δεξιοτήτων. Η τεχνολογία Α.Ρ. ειδικότερα, επιτρέπει στους χρήστες να εισέρχονται σε έναν ψηφιακό κόσμο στον οποίο μπορούν να προσομοιωθούν οι πραγματικές καταστάσεις.

Σε σχέση με το πρώτο ερευνητικό ερώτημα που επικεντρώθηκε στο ποια θέματα εκπαίδευσης μαθηματικών μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι διάφορες εφαρμογές Α.Ρ. η εργασία εστιάζοντας στο πεδίο της επαυξημένης πραγματικότητας, που έχει εφαρμογές στην Εκπαίδευση και ιδιαίτερα στα Μαθηματικά, διερεύνησε τους τρόπους χρήσης της Α.Ρ. στην διδακτική πρακτική, καθώς και, τις κατάλληλες εφαρμογές και τα λογισμικά που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν. Μελέτησε επίσης κάποιες πειραματικές διδασκαλίες στο χώρο των Μαθηματικών και ευρύτερα των Φυσικών Επιστημών, στις οποίες εφαρμόστηκε ένα pre-test γνώσεων που σχετίζονταν με το

συμβατικό μάθημα της τάξης και ένα test μετά την διδασκαλία της ενότητας με χρήση της εφαρμογής. Διαπιστώθηκε ότι σε όλες τις επιμέρους έννοιες αλγεβρικής ή γεωμετρικής υφής τα αποτελέσματα των διδασκαλιών A.R. ήταν ενθαρρυντικά. Το στοιχείο αυτό άλλοτε συναρτάται με κάποια μικρή βαθμολογική άνοδο αλλά στο σύνολο οι απόπειρες συγκλίνουν στο ότι το μάθημα αποκτά περισσότερο διερευνητικό χαρακτήρα για τους μαθητές.

Ειδικότερα, η συσχέτιση των εφαρμογών της A.R. με τις γραφικές παραστάσεις συναρτήσεων, τη διανυσματική ανάλυση, μέτρηση μεγεθών, αναλυτική γεωμετρία και τη στατιστική παρέχει δυνατότητες πληρέστερης κατανόησης της ύλης και έρευνα για μια πιο πολύπλευρη αντιμετώπιση του γνωστικού προβλήματος. Σύμφωνα με έρευνα που έχει διεξαχθεί (Τζόρτζογλου & Σοφός, 2017), το εκπαιδευτικό πεδίο στο οποίο εφαρμόζεται περισσότερο η επαυξημένη πραγματικότητα είναι γενικότερα το πεδίο των φυσικών επιστημών. Μολονότι οι εφαρμογές στο βαθμό που υιοθετήθηκαν από εκπαιδευτικούς δημιουργούν κλίμα αισιοδοξίας στην ελληνική πραγματικότητα, δεν υπάρχει κάποια εφαρμογή, η οποία να υποστηρίζει τέτοιου είδους μελέτη, ενώ δεν διαφαίνεται και οργανωμένη προσπάθεια εμπλουτισμού των σχολικών βιβλίων με χρήση των εικόνων του βιβλίου ως δείκτες. Η μοναδική εφαρμογή που χρησιμοποιεί το σχολικό βιβλίο κατ' αυτόν τον τρόπο είναι η ελληνική SchoolAR.

Για την ουσιαστικότερη χρήση ανάλογων εφαρμογών καλό θα ήταν να υπάρξει μια οργανωμένη αλλαγή στα ΑΠΣ και προσπάθεια εμπλουτισμού μέσω A.R. των σχολικών βιβλίων των Μαθηματικών και όχι μόνο, αφού η πλειονότητα των μαθητών είναι εξοικειωμένη με τις έξυπνες συσκευές, καθώς αυτές είναι μέρος της καθημερινότητάς τους. Απαιτείται όμως και τροποποίηση του θεσμικού πλαισίου χρήσης ηλεκτρονικών συσκευών στο περιβάλλον της σχολικής μονάδας. Βέβαια, αναγκαία είναι η πραγματοποίηση περισσότερων μελετών σχετικά με την ευχρηστία των AR εφαρμογών και πιο πειστική τεκμηρίωση για τα προσφερόμενα παιδαγωγικά οφέλη, αλλά και την αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας. Πιο συγκεκριμένα, θα μπορούσε να λάβει χώρα μια έρευνα σε σχολεία που το εκπαιδευτικό τους προσωπικό είναι εξοικειωμένο με τη χρήση πολλαπλών ψηφιακών συσκευών (π.χ. Πειραματικά σχολεία) και διαθέτουν την ευελιξία της εφαρμογής διδακτικού σεναρίου σε ομάδες μαθητών δύο ατόμων (ή ατομικά). Επίσης, καλό θα ήταν να χρησιμοποιηθούν όχι μόνο ποσοτικά ερευνητικά εργαλεία, αλλά και ποιοτικά όπως συνέντευξη.

Σε σχέση με το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα, το αν η ευρεία χρήση εφαρμογών A.R. στην εκπαιδευτική διαδικασία βοηθάει στην ευκολότερη πρόσληψη των γεωμετρικών εννοιών, πέρα από τις νέες δυνατότητες που προσφέρει η A.R., που μπορούν μελλοντικά να χρησιμοποιηθούν σε διάφορα σημεία της μαθηματικής εκπαίδευσης, ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η χρησιμοποίησή της σε σχέση με τη γεωμετρία. Διαφορετικές πτυχές της γεωμετρίας, όπως δημιουργία και ανάλυση ψηφιακών μοντέλων αντικειμένων πραγματικού κόσμου, κατανόηση ιδιοτήτων στερεών ή επίπεδων σχημάτων (όγκοι, εμβαδά, γωνίες) μπορούν να διδαχθούν ποιοτικότερα με χρήση της A.R. (Jesionkowska et al. 2020). Ειδικά, η ανάπτυξη χωρικών ιδιοτήτων (σε κατάλληλα βέβαια ΑΠΣ πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης), εννοείται από την χρήση 3D apps A.R.(π.χ. Geogebra 3D). Η χρήση της εφαρμογής GeoGebra A.R. για κινητά είναι προσιτή και φιλική ακόμη και προς τους λιγότερο έμπειρους χρήστες και ενισχύει περαιτέρω τη γεωμετρική νοοτροπία των μαθητών κατώτερης δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Τα σύγχρονα δυναμικά γεωμετρικά λογισμικά (DGS) έχουν δώσει ώθηση στην έρευνα για την αξιολόγηση των επιδόσεων μαθητών σχετικά με τις γεωμετρικές έννοιες (Marrades et al, 2000). Βλέπουμε δηλαδή ότι προς το παρόν δίνεται βαρύτητα σε 3D αναπαραστάσεις στα Μαθηματικά, χωρίς βέβαια αυτό να σημαίνει ότι η επίπεδη γεωμετρία αλλά και οι δισδιάστατες γραφικές απεικονίσεις δεν αποτέλεσαν μέρος πειραματικών διδασκαλιών, από τις οποίες διατυπώθηκαν ενδιαφέρουσες σκέψεις και προβληματισμοί.

Το τρίτο ερευνητικό ερώτημα που εστίασε στο αν η ενσωμάτωση εφαρμογών A.R. τεχνολογίας στην εκπαίδευση συμβάλει στην ενεργοποίηση του προσωπικού ενδιαφέροντος των μαθητών για τη διερεύνηση γεωμετρικών εννοιών έχει ομοίως αισιόδοξες σημάνσεις. Γενικότερα η Τεχνολογική συμβολή αλλά και η A.R. ειδικότερα φαίνεται πως δημιουργούν ένα νέο, λιγότερο στατικό και περισσότερο ενεργητικό περιβάλλον για το μαθητή. Δεν παραμένει απαθής περιμένοντας να κατανοήσει τα γνωστικά ερεθίσματα, αλλά αναδεικνύεται ο ίδιος σε αναζητητή, ερευνητή και διεκδικητή της γνώσης. Πολλές φορές η διαδικασία αυτή συνδέεται και με την ουσιαστική συμμετοχή στα πλαίσια μιας ομάδας, όπου η διερευνητική διαδικασία κινείται τόσο ατομικά όσο και συνεργατικά. Ειδικά, η χρήση του λογισμικού δυναμικής γεωμετρίας GeoGebra ως εργαλείο μοντελοποίησης, μπορεί να εμπλέξει τους μαθητές στην ανακάλυψη νέων μαθηματικών γεγονότων. Εκπαιδευτικοί που ενδιαφέρονται για

τα θέματα της οργάνωσης της μαθηματικής διδασκαλίας, υποστηρίζουν ότι βοηθά στη δημιουργία δραστηριοτήτων που θα αυξήσουν το κίνητρο των μαθητών για την κατανόηση των μαθηματικών εννοιών (Kramarenko et al, 2019). Μάλιστα η διδασκαλία της Στερεομετρίας, αναβαθμίζεται ισχυρά με την χρήση της AR, καθώς τα εικονικά στερεά εναρμονίζονται με το φυσικό περιβάλλον, στοιχείο που βελτιώνει τη χωρική σκέψη του μαθητή.

Τα αποτελέσματα μελέτης περιπτώσεων συμφωνούν ότι η χρήση της τεχνολογίας A.R αυξάνει το κίνητρο των συμμετεχόντων στο εργαστήριο, ενώ παράλληλα προκαλείται η περιέργεια ορισμένων μαθητών να δημιουργήσουν το δικό τους έργο, βλέποντας το ως διασκέδαση.

Σε σχέση με το τέταρτο ερώτημα για το αν η αξιοποίηση A.R. εφαρμογών ενισχύει την ικανότητα των μαθητών στην επίλυση προβλημάτων (problem solving) φαίνεται ότι κινητοποιεί τη γνωστική διαδικασία αναζήτησης περισσότερων οπτικών, οξύνει την κριτική επεξεργασία των κάθε στιγμή παρατηρούμενων στοιχείων και ωθεί προς μια συνθετότερη επεξεργασία των δεδομένων. Άλλωστε η χρήση A.R. εφαρμογών είναι, όπως σημειώθηκε, στενά συνυφασμένη με τις εποικοδομητικές και κονστρουκτιβιστικές θεωρίες μάθησης, που στοχεύουν στο να αποκτήσει ο μαθητής του 21^{ου} αιώνα τις απαιτούμενες δεξιότητες μεταξύ των οποίων και η επίλυση προβλήματος.

Σύμφωνα με τους Dunleavy & Dede (2014), η χρήση της A.R. στην εκπαίδευση σχετίζεται άμεσα με τις αρχές της πλαισιοθετημένης μάθησης και του εποικοδομητισμού. Ο συγκεκριμένος τύπος μάθησης τονίζει τη σημασία του πλαισίου εντός του οποίου πραγματώνονται οι αλληλεπιδράσεις που αναπτύσσει ο εκπαιδευόμενος με ψηφιακά αντικείμενα, γνωστικό υλικό, τοποθεσίες. Ακόμα, στις εκπαιδευτικές εφαρμογές A.R. με παιγνιώδη μορφή, η μάθηση είναι το φυσικό επακόλουθο μιας σειράς δραστηριοτήτων (Antonoli et al, 2014), κάτι που συνιστά κομβικό σημείο της πλαισιοθετημένης μάθησης. Με βάση τις αρχές του εποικοδομητισμού, οι εκπαιδευόμενοι κατακτούν τη γνώση μέσω της εμπειρίας, της παρατήρησης και της δράσης. Ο συγκερασμός αυτών των θεωριών εμπεριέχεται στην μαθησιακή διαδικασία μέσω κατάλληλης χρήσης εφαρμογών AR.

Οι έρευνες που πραγματοποιήθηκαν και οι οποίες εστίασαν στην επίδραση της A.R. στα μαθησιακά αποτελέσματα, τείνουν να συμφωνήσουν πως η A.R. ως μία

καινοτόμος μορφή των Ν.Τ., μπορεί να βοηθήσει στην ενίσχυση των επιδόσεων των μαθητών (Βιτσιλάκη & Πιτσικάλης, 2017; Γιασιράνης & Σοφός, 2016; Φωκίδης & Φωνιαδάκη, 2017; Akçayır & Akçayır, 2017b; Garzón & Acevedo, 2019).

Ωστόσο, η ενσωμάτωση της Α.Ρ. σε καταστάσεις διδασκαλίας απαιτεί ακόμη τη διερεύνηση διαφόρων αρχών, όπως ο σχεδιασμός του τεχνολογικού περιβάλλοντος, η βιωσιμότητα της εφαρμογής, περιεχόμενο των προγραμμάτων σπουδών ικανό να ενσωματώσει δραστηριότητες που βασίζονται στο Α.Ρ, τους περιορισμούς που υπάρχουν σε κάθε σχολική μονάδα, τις ψηφιακές ικανότητες των εκπαιδευτικών ή και των μαθητών (Cabero et al, 2016). Καθώς στην εργασία αυτή έγινε επαύξηση μέρους του σχολικού βιβλίου της Γεωμετρίας, θα πρέπει να τονιστούν κάποιες σημαντικές παράμετροι που επηρέασαν τη χρήση αυτού του υλικού :

- Το διδακτικό υλικό οφείλει να είναι προσαρμοσμένο στις ιδιαίτερες ανάγκες του μαθητικού δυναμικού και να παρέχει διερευνητικά εργαλεία των πτυχών κάθε έννοιας – πρότασης με δυνατότητα ευμετάβλητης δυσκολίας (McMahon, 2014).
- Απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί η βελτίωση του τεχνολογικού εξοπλισμού εξασφάλιση του σχολείου με ευέλικτες φορητές συσκευές, τις οποίες θα πρέπει να μπορεί να παρέχει στους μαθητές και εκπαιδευτικούς.
- Απαιτείται ασύρματο δίκτυο (Wi-fi).
- Ο πιθανός έντονος ενθουσιασμός που προκαλείται από τη χρήση του επαυξημένου βιβλίου δεν συνάδει πάντα με την απαιτούμενη εμβάθυνση που σχετίζεται με την επίτευξη των διδακτικών στόχων. Επομένως, χρειάζεται σχεδιασμός ανατροφοδοτήσεων (Παναγοπούλου, 2015).

Εκτός των παραπάνω, θα πρέπει να γίνει συστηματική εργασία για την βελτίωση των επιπέδων εμπιστοσύνης και ικανότητας των εκπαιδευτικών στη χρήση της Α.Ρ, ώστε να αναθεωρήσουν τις απόψεις τους σχετικά με το ρόλο της τεχνολογίας στη διδασκαλία και μάθηση. Οι εκπαιδευτικοί που ενδιαφέρονται για αυτήν την διδακτική προσέγγιση μέσω Α.Ρ., χρειάζονται υποστήριξη στη δημιουργία διδακτικού υλικού και σεναρίων μαθημάτων. Πρέπει να τους δοθούν ευκαιρίες για να μάθουν και να αναπτύξουν τις δεξιότητές τους (Jesionkowska et al. 2020).

Μια σημαντική μεταβλητή προς περαιτέρω έρευνα, είναι η υπόθεση ότι το Α.Ρ. είναι μια κατάλληλη τεχνολογία για όλους τους τύπους μαθητών. Δημιουργείται η

αναγκαιότητα αύξησης του αριθμού των μελετών που θα διερευνούν την χρήση της A.R. στην εκπαίδευση για παιδιά με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες ή παιδιά από οικογένειες με χαμηλή κοινωνικοοικονομική κατάσταση. Υπάρχει ανάγκη να συμπεριληφθούν αυτές οι ομάδες σε μελλοντικές μελέτες, οι οποίες θα θέλουν να αξιολογήσουν ποσοτικά τα αποτελέσματα της μάθησης και να μελετήσουν τις κοινότητες που εκπροσωπούνται λιγότερο. Φυσικά, για να συγκεντρωθούν περισσότερα στοιχεία σχετικά με την εκπαιδευτική αξία του AR, απαιτούνται εκτεταμένες και περιεκτικές μελέτες αξιολόγησης που θα απευθύνονται σε δείγμα σχετικά μεγάλου μεγέθους.

Καταληκτικά, θα λέγαμε πως η εισαγωγή της AR τεχνολογίας στην τάξη προσφέρει μεγάλες δυνατότητες για ακαδημαϊκά κέρδη για τους μαθητές, ιδίως όσον αφορά την τεχνική και καλλιτεχνική ανάπτυξη δεξιοτήτων του 21ου αιώνα. Η χρήση μεθοδολογίας παιδαγωγικά ισορροπημένης και ο κατάλληλος συνδυασμός παραδοσιακών και καινοτόμων εργαλείων, συνήθως μεγιστοποιούν τα κέρδη μιας αποτελεσματικής διδασκαλίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

Βιτσιλάκη, Χ. & Πιτσικάλης, Σ. (2017). *Σύγχρονα Προγράμματα Σπουδών Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης και Κατάρτισης υποστηριζόμενα από τεχνολογίες Επαυξημένης και Μικτής Πραγματικότητας*. Διεθνές Συνέδριο για την Ανοικτή & εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση, 9(3Α), 108–119

Γιασιράνης, Σ. & Σοφός, Α. (2016). Παραγωγή και αξιολόγηση εκπαιδευτικού υλικού με χρήση Επαυξημένης Πραγματικότητας για τη διδασκαλία της ενότητας «Αναπαράσταση της πληροφορίας στον υπολογιστή» στο Γυμνάσιο. *Ανοικτή Εκπαίδευση: το περιοδικό για την Ανοικτή και εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση και την Εκπαιδευτική Τεχνολογία*, 12(2), 122–142.

Κουτσογιάννης, Δ. (2008). 1Β. ΤΠΕ και γραμματισμός. Επιμορφωτικό υλικό για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών – Τεύχος 3 (Κλάδος ΠΕ02) ΕΑΙΤΥ - Τομέας Επιμόρφωσης και Κατάρτισης (ΤΕΚ).

Μπάκα, Μ. (2018). *«Επαυξημένη πραγματικότητα και εκπαίδευση: Διερεύνηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων σε μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στο πλαίσιο διδασκαλίας για το Ηλιακό Σύστημα»*. Διπλωματική εργασία, Διϊδρυματικό Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών, Επιστήμες Αγωγής-Τεχνολογίες Μάθησης-ΑΠΘ, Παν. Ιωαννίνων

Παναγοπούλου, Π. (2015). *Ανάπτυξη παιχνιδιού Επαυξημένης Πραγματικότητας στο μάθημα της Γλώσσας στην ενταξιακή πρωτοσχολική εκπαίδευση μαθητών με αναπηρία*. Διπλωματική εργασία. Τμήμα Εκπαίδευσης και Αγωγής στην προσχολική ηλικία. Πανεπιστήμιο Αθηνών

Ράπτης Α. & Ράπτη Α. (2013). *Μάθηση και Διδασκαλία στην Εποχή της Πληροφορίας*. Αθήνα: Α Τόμος, Εκδόσεις Αριστοτέλης Ράπτης.

Σπύρου, Σ. & Σοφός, Α. (2019). Διαδικασία Επαύξεσης Σχολικών Βιβλίων, 4ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Εκπαίδευση στον 21ο αιώνα: Σχολείο και Πολιτισμός», Αθήνα

Τζόρτζογλου, Φ. & Σοφός, Α. (2017). Η επαυξημένη πραγματικότητα στην εκπαίδευση: βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών και προοπτικές. Ημερομηνία ανάκτησης: 09-07-2018. https://www.researchgate.net/profile/Filippos_Tzortzoglou

Τσιαβός, Π. & Σοφός, Α. (2019) «Η χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας στην εκπαίδευση: Ανάπτυξη και χρήση εφαρμογής για το μάθημα «Φυσικά - Ερευνώ και Ανακαλύπτω» της Ε΄ τάξης του Δημοτικού σχολείου». *Open Education*, Vol. 15 (2), 38-53.

Φωκίδης, Ε. & Φωνιαδάκη, Ι. (2017). Tablets, Επαυξημένη Πραγματικότητα και Γεωγραφία στο Δημοτικό σχολείο. *e-Journal of Science & Technology*, 12(3), 7-23

Ξενογλώσση

Akçayır, M. & Akçayır, G. , 2017. «Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature». *Educational Research Review* Vol. 20, p. 1-11.

Akçayır, M., Akçayır, G., Pektaş, H. M. & Ocak, M. A. , 2016. «Augmented reality in science laboratories: the effects of augmented reality on university students laboratory skills an attitudes toward science laboratories». *Computers in Human Behavior*, Vol. 57, 334–342.

Antonioli, M., Blake C. & Sparks K. ,2014. «Augmented Reality Applications in Education», *The Journal of Technology Studies (2014) 40(2)*, 96-107

Arvanitis, T. N., Petrou, A., Knight, J. F., Savas, S., Sotiriou, S., Gargalakos, M., & Gialouri, E. (2007). Human factors and qualitative pedagogical evaluation of a mobile augmented reality system for science education used by learners with physical disabilities. *Personal and Ubiquitous Computing*, 13(3), 243-250.

Barreira, J., Bessa, M., Pereira, L., Adão, T., Peres, E., & Magalhães, L. ,2012. «MOW: Augmented Reality game to learn words in different languages: Case study: Learning English names of animals in elementary school». Conference: Information Systems and Technologies (CISTI), 2012 7th Iberian Conference.

Bidin, S., & Ziden, A. A. ,2013. «Adoption an application of mobile learning in the education industry». *Procedia-Social and Behavioral Science's* Vol. 90, 720-729

Bimber, O., Rameshe, R., & Inami, M., 2005. «*Spatial Augmented Reality Merging Real and Virtual Worlds*», A K Peters/CRC Press.

C. Soria & M. Roth, 2018. «Unreal reality: An empirical investigation of augmented reality effects on spatial cognition in landscape architecture», *J. Digit. Landscape Archit.*, vol. 3, pp. 150-162

C. Wasko, 2013. «What teachers need to know about augmented reality enhanced learning environments», *TechTrends*, vol. 57, no. 4, pp. 17–21, 2013.

C.Yim, S.-C. Chu, & P. L. Sauer, Is augmented reality technology an effective tool for e-commerce? An interactivity and vividness perspective, *J. Interact. Marketing*, vol. 39, no. 5, pp. 89_103, 2017.

Chen, C. H., Cho, Y., & Huang, C. Y. (2016). An Augmented Reality-Based Concept Map to Support Mobile Learning for Science. *The Asia-Pacific Education Researcher*, Vol. 25, No.4, 567–578

Chen, P., Li, X., Cheng, W., & Huang, R. (2016). A review of using Augmented Reality in Education from 2011 to 2016. *Innovations in Smart Learning*, 13-18

Cheng, H., & Tsai, C., 2013. «Affordances of augmented reality in science learning: Suggestions for future research». *Journal of Science Education and Technology*, 22(4), 449-462.

Damala, A., Hornecker, E., Vaart, M., & Ruthven, I., 2016. «The Loupe: Tangible Augmented Reality for Learning to look at ancient greek art». *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, Vol. 16, No 5,(2016),pp. 73-85

Di Serio, A., Ibáñez, M. B., & Kloos, D., 2013. «Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course». *Computers & Education*, Vol. 68, 586–596.

Dunleavy, M., & Dede, C., 2014. «Augmented Reality Teaching and Learning». *Handbook of research on educational communications and technology*. p.p. 735-745 Springer, N.Y.

Durlach, I. & Mavor, S., 1994. «Virtual reality: scientific and technological challenges». National Academy Press Div. of Natl. Academy of Sciences 2101 Constitution Ave. N.W. Washington, DC, U. S.

Bastiaens, T., & Marks, G., 2012. «Dynamic geometry with geogebra-3D». World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education, vol. 1, pp. 322–330. Association for the Advancement of Computing in Education, Montréal (2012).

Enríquez, R.F., & Delgado, L. M., 2020. «Augmented Reality as a Didactic Resource for Teaching Mathematics», *Applied Sciences*, 10(7), 2560.

Ferko, A., & Korenova L., 2015. «Some possibilities for using mobile learning in mathematics». *Scientific Issues Mathematica V*, Ružomberok: VERBUM pp. 15–20.

Fonseca D., Martí, N., Redondo, E., Navarro, I., & Sánchez, A., 2013. «Relationship between student profile, tool use, participation, and academic performance with the use of Augmented Reality technology for visualized architecture models». *Computers in Human Behavior*, 31, 434- 445. doi:10.1016/j.chb.2013.03.006

Garzón, J., & Acevedo, J., 2019. «Meta-analysis of the impact of Augmented Reality on students' learning gains». *Educational Research Review*, 27, 244–260.

Grasset, R., Dünser, A., & Billinghamurst, M., 2008. «The design of a mixed-reality book: Is it still a real book?». Proceedings of Mixed and Augmented Reality, ISMAR 2008.

Ioannidis, Y., Raheb, K., Toli, E., Katifori, A., Boile, M., & Mazura, M., (2013. «One object many stories: Introducing ICT in museums and collections through digital storytelling». Proceedings of International Congress (Digital Heritage) - Federating

the 19th Int'l VSMM, 10th Eurographics GCH, and 2nd UNESCO Memory of the World Conferences, Plus Special Sessions fromCAA, Arqueologica 2.0 et Al., 1(September), p. 421–424.

Johnson, L., Adams B., S., Cummins, M., Estrada, V., & Freeman, A. & Hall, C. ,2016. NMC Horizon Report: 2016 Higher Education Edition. Retrieved from the *New Media Consortium*, p.44

Kerawalla, L., Luckin, R., Seljeflot, S., & Woolard, A., 2006. «Making it real: exploring the potential of augmented reality for teaching primary school science», *Virtual Reality*, vol: 10, no: 3-4, pp: 163- 174

Kurtulus, A., 2011. «Effect of computer-aided perspective drawings on spatial orientation and perspective drawing achievement», *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, vol: 10, no: 4

Khor, W.S., Baker, B., Amin, K., Chan, A., Patel, K., & Wond, J., 2016. «Augmented and virtual reality in surgery—the digital surgical environment: applications, limitations and legal pitfalls». *Annual Translational Medicine*. 2016 Dec, 4(23), p.454.

Kishino P., & Milgram F., 1994. «A taxonomy of mixed reality visual displays». *IEICE Trans. Information and System*, E77-D(12):1321–1329.

Kofoğlu, M., Kuş, A., Emreli, D., Arslan, R., Unver, E., & Kağıoğlu, M., 2019. «Mühendislik Eğitiminde Geometrik Toleransların Öğretimine Yönelik Artırılmış Gerçeklik Uygulaması Geliştirilmesi». *Uludağ University Journal of the Faculty of Engineering*, 24(2), 173-184

Korenova. L.(SK) & Guncaga J. (SK), 2018. «Augmented Reality in Mathematics Education for pre-service teachers in primary level». 17th Conference on Applied Mathematics.

Le, H.-Q., Kim, J.-I.(2017) An augmented reality application with hand gestures for learning 3D geometry. IEEE International Conference on Big Data and Smart Computing (BigComp), Jeju, South Korea, 13-16 Feb. 2017, pp. 34–41.

Kramarenko,T., Pylypenko, O. & Muzyka, I. ,2019. «Application of GeoGebra in Stereometry teaching». Proceedings of the 7th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2019), Kryvyi Rih, Ukraine. Vol-2643, paper42. pp. 705-718

Lee, K. (2012). «Augmented reality in education and training». *TechTrends*, Vol. 56, No.2, 13–21

Lim, C. & Park, T. (2011). «Exploring the Educational Use of an Augmented Reality Books», in *Proceedings of the Annual Convention of the Association for Educational Communications and Technology* (pp. 172–182). Florida.

Liu, Y., Holden, D., & Zheng, D., 2016. «Analyzing students language learning experience in an augmented reality mobile game: an exploration of an emergent learning environment». 2nd International Conference on Higher Education Advances, p.p. 369 – 374.

Martin, S., Diaz, G., Sancristobal, E., Gil, R., Castro, M. & Peire, J., 2011. «New technology trends in education: seven years of forecasts and convergence». *Computers & Education*, Vol. 57, No.3, 1893–1906

McMahon, D. D. , 2014. «Augmented Reality on Mobile Devices to Improve the Academic Achievement and Independence of Students with Disabilities». Tennessee Research and Creative Exchange (TRACE), University of Tennessee.

Martínez, A., Ureña, C. & Recio, T.(2018), «Augmented Reality, Maths Walks and GeoGebra». CAGDME 2018.

Martinez-Sevillia, Álvaro. Paseos Matemáticos: cómo comunicar la Matemática con el Arte, la Historia y la Tecnología. VI Congreso de Comunicación Social de la Ciencia (Córdoba, Spain, 2017)

Martin-Gutiérrez, J., Fabiani, P., Benesova, W., Meneses, M. D., & Mora, C. E. , 2015. «Augmented reality to promote collaborative and autonomous learning in higher education, *Computers in Human Behavior*, 51, 752-761

Nesterov, A., Kholodilin, I., Shishkov, A., & Vanin, P. ,2017. «Augmented reality in engineering education: Opportunities and advantages», *Communications-Scientific letters of the University of Zilina*, 19(4), 117-120.

Onyancha, R. M., Derov, M., & Kinsey, B.L. ,2009. «Improvements in spatial ability as a result of targeted training and computer-aided design software use: Analyses of object geometries and rotation types». *Journal of Engineering Education*, 98(2), p.p.157–67.

Prodromou, T., 2019. «Augmented Reality in Educational Settings». Brill Sense Publisher, Boston.

Quintero, E., Salinas, P., González-Mendivil, E., & Ramírez, H. ,2015. «Augmented Reality App for Calculus: A Proposal for the Development of Spatial Visualization». *Procedia Computer Science*, 75, 301-305.

Radu , I. 2012. «Why should my students use AR? A comparative review of the educational impacts of augmented-reality». Proceedings of IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR), 313–314

Radu, I., 2014. «Augmented reality in education: a meta-review and cross-media analysis». *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), 1533-1543.

Richard, P.R. & Blossier, M., 2012. «Instrumented modelling and preliminary conceptions in three-dimensional dynamic geometry with geogebra-3D». E-Learn (World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education, Oct 09, 2012 in Montréal, Quebec, Canada.

Azuma, R.T., 1997. «A Survey of Augmented Reality». *Teleoperators and Virtual Environments* 6, 4, p.p.355-385

Sabelli, N., 2008. «Constructionism: A New Opportunity for Elementary Science Education». *DRL Division of Research on Learning in Formal and Informal Settings*, pp. 193– 206.

Sala, N. M. (2016). «Virtual Reality and Education: Overview Across Different Disciplines». In D.H. Choi, A. Dailey-Herbert, & J. Simmons Estes (Eds.), *Emerging Tools and Applications in Education* (pp. 1-25). IGI Global

Salinas,P., & Pulido, R., 2016. «Understanding the Conics through Augmented Reality». *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education* ISSN 13(2), pp. 341-354.

Santos, M. E. C., Chen, A., Taketomi, T., Yamamoto, G., Miyazaki, J., & Kato, H. (2014). «Augmented reality learning experiences: Survey of prototype design an evaluation». *IEEE Transactions on Learning Technologies*, Vol. 7, No.1, 38–56

Sisodiaa, A., Bayerb, M., Townley-Smith,P., Nash, B., Little, J., Casarly, W., & Gupta, A. , 2007. Advanced helmet mounted display (AHMD). SPIE 6557: Head- and Helmet-Mounted Displays XII: Design and Applications. Orlando.

Sotiriou, S. & Bogner, F., 2008. Visualizing the invisible: augmented reality as an innovative science education scheme, *Advanced Science Letters*, 1, pp. 114-122

Tarng, W. & O , K. L. , 2012. «A stay of camp s butterfly ecology learning system based on augmente reality an mobile learning». *Proceedings of the Wireless, Mobile and Ubiquitous Technology in Education (WMUTE)*, 2012 IEEE Seventh International Conference, 62-66

V. Rossano et al, 2020. «Augmented Reality to Support Geometry Learning», *IEEE Access*, Vol. 8

Van Krevelen D. W. F. & Poelman R., (2010), «A survey of augmented reality technologies, applications and and limitations», *International Journal of Virtual Reality*, 9(2), 1-20.

Vayanou, M., Karvounis, M., Katifori, A., Kyriakidi, M., Roussou, M., & Ioannidis, Y. (2014). The CHESS project: Adaptive personalized storytelling experiences in museums. In CEUR Workshop Proceedings.

Wasko, C. (2013). What teachers need to know about augmented reality enhance learning environments. *Tech. Trends*, Vol. 57, No.4, 17-21

Yoon, S. A., Elinich, K., Wang, J., & Schooneveld, J. G. Van. (2012). Augmented reality in the science museum: lessons learned in scaffolding for conceptual and cognitive learning. In *IADIS International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age*, p. 205–212.

Zeeman, C. (2001). *Teaching and Learning Geometry*, Royal Society: London, UK, 2001; pp. 11–19

Whiteley, W.; Sinclair, N.; Davis, B. (2015). *What is spatial reasoning? In Spatial Reasoning in the Early Years*; Davis, B., The Spatial Reasoning Study Group., Eds.; Routledge: New York, NY, USA.

Bujak, K.R.; Radu, I.; Catrambone, R.; MacIntyre, B.; Zheng, R.; Golubski, G. (2013). A psychological perspective on augmented reality in the mathematics classroom. *Comput. Educ.*, 68, 536–544

Marrades, R.; Gutiérrez, Á. (2000). Proofs produced by secondary school students learning geometry in a dynamic computer environment. *Educ. Stud. Math.*, 44, 87–125

Cabero, J.; Barroso, J. (2016). The educational possibilities of Augmented Reality. *New Approaches. Educ. Res.*, 5, 44–50

Ibili., E. & Sahin, S. (2015). «The effect of augmented reality assisted geometry instruction on students' achievement and attitudes», *Teaching Mathematics and Computer Science*, 13(2), 177-193

Διαδικτυακές Πηγές

ARToolLit <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>

NyARToolkit https://nyatla.jp/nyartoolkit/wp/?page_id=198

SLARToolkit <https://archive.codeplex.com/?p=slartoolkit>

FLARToolKit <http://www.libspark.org/wiki/saqoosha/FLARToolKit/en>

Handy AR <https://github.com/shaoleis/Markerless-Handy-AR>

Google Sketch Up <https://www.sketchup.com/>

Deloitte United States. (2016). Technology trends in mid-market | Deloitte Growth Enterprise Services | Deloitte US. [online] Available at: <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/technology/articles/augmented-reality-retail-vcommerce.html> [Accessed 30 Okt. 2020].

Marketsandmarkets.com(2020)
https://www.marketsandmarkets.com/infographics/Augmented_Virtual_Reality.asp
[Accessed 30 Okt. 2020].

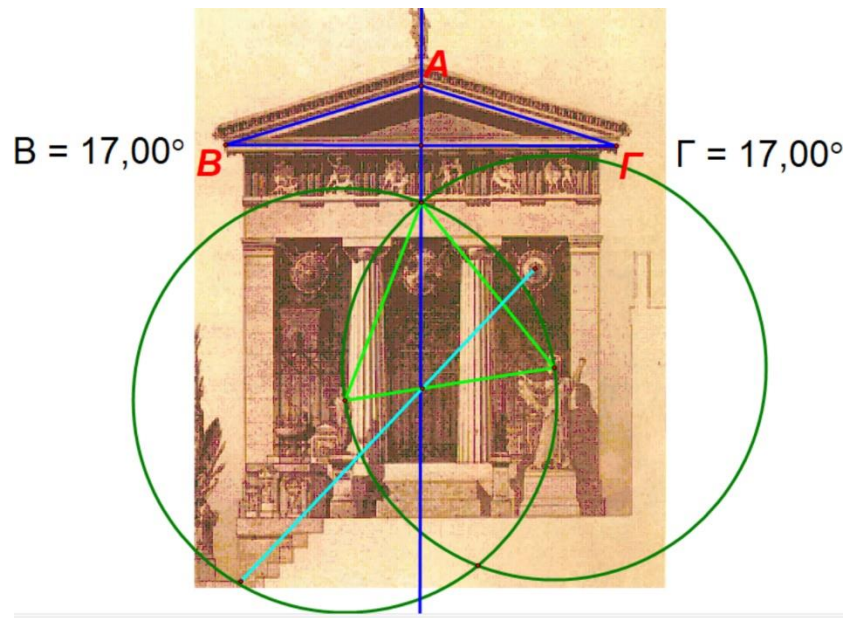
IKEA USA (2013). The New IKEA Catalog App: Create Your Space. [video] Available at: https://www.youtube.com/watch?time_continue=41&v=uaxtLru4-Vw [Accessed 03 Nov. 2020].

Jonietz E., (2007), TR10: Augmented reality, ανακτήθηκε στις 27/7/2020 στο <http://www2.technologyreview.com/article/407473/tr10-augmented-reality/>

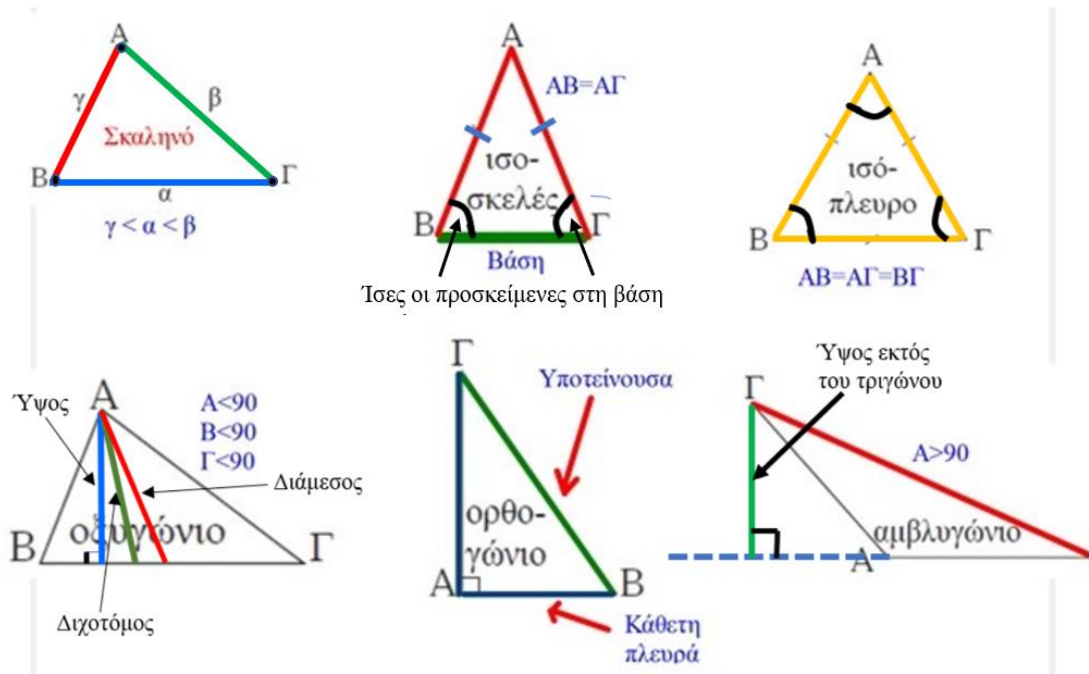
Smith, B. (2017). Augmented Reality: Where are we now, and what does it mean for marketers?. [online] Search Engine Land. Available at: <http://searchengineland.com/augmented-reality-now-280884> [Accessed 13 Sep. 2017].

Παράρτημα – Επαυξήσεις

Σελ.39 σχολ. βιβλ. (Εικόνα)



Σελ.40 σχολ. βιβλ. (Εικόνα)



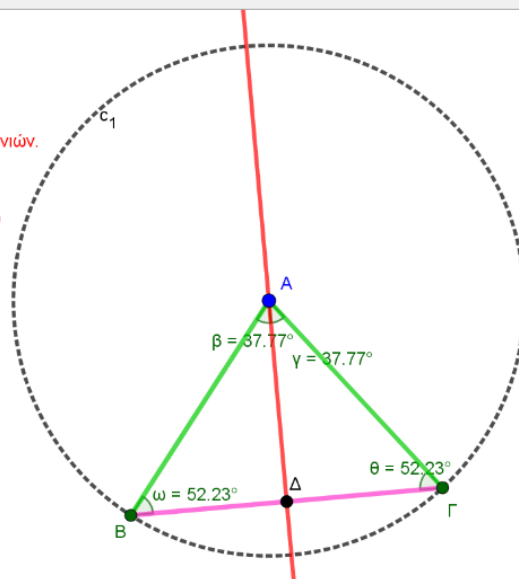
Σελ.42 σχολ. βιβλ. (αρχείο Geogebra)

ή Επιλογές Εργαλεία Παράθυρο Βοήθεια



Γραφικά

1. Τι τρίγωνο είναι το ABΓ; Γιατί;
2. Μετακινήστε τα σημεία A,B,Γ και παρατηρήστε τα μέτρα των γωνιών. Τι συμπεραίνετε;
3. Να σχεδιάσετε την κάθετη από το A προς την ΒΓ. Τι παρατηρείτε;
4. Να βρείτε το μέσο του ΒΓ. Τι παρατηρείτε;



- a
- b
- c
- d

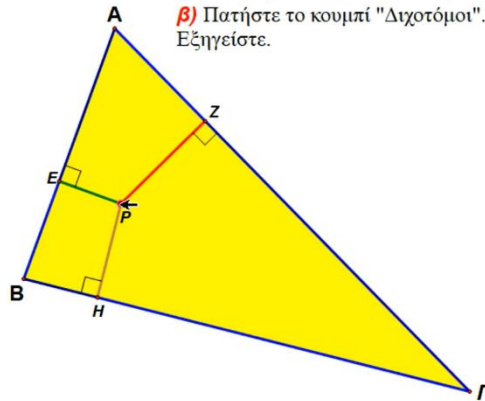
Κάντε κλικ ένα - ένα στα κουτιά a,b,c,d

Σελ.45 σχολ. βιβλ. (Video)

(ZP) = 3,50 εκ.
 (PE) = 1,95 εκ.
 (PH) = 2,86 εκ.

Διχοτόμοι

α) Μετακινήστε το σημείο P εντός του τριγώνου ΑΒΓ. Προσπαθήστε να βρείτε μια θέση ώστε οι αποστάσεις του P από δύο πλευρές να είναι ίσες. Στη συνέχεια ώστε και οι τρεις αποστάσεις να είναι ίσες. Τι παρατηρείτε;
β) Πατήστε το κουμπί "Διχοτόμοι". Τι παρατηρείτε; Εξηγήστε.



Σελ.52 σχολ. Βιβλ. (αρχείο Geogebra)

Επεξεργασία Προβολή Επιλογές Εργαλεία Παράθυρο Βοήθεια

Γραφικά

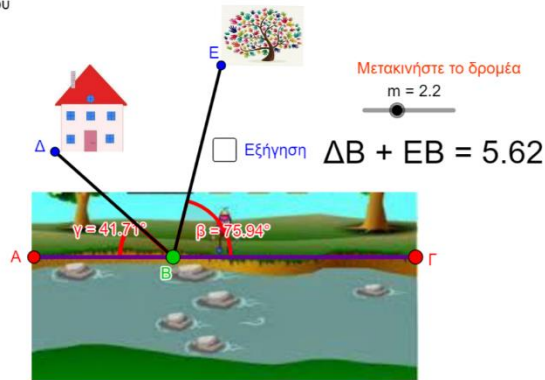
εβρα
 (-4.66, -3
 (7.16, -0.
 12.14
 (1.25, -2.
 (-7.46, 8.
 12.6
 17.44
 13.94
 115.42°
 -11.82x -
 (-1, 7.53]
 11.55
 11.55
 true
 μενο1 = "

Θεωρούμε τμήμα AB
 και το μέσο του Γ.
 Το Δ είναι τυχαίο σημείο.
 Μετακινήστε το Δ
 ώστε να ισαπέχει από τα
 Α και Β. Τι παρατηρείτε;
 Κάνετε κλικ σι
 κουτί a. Μετακινήστε
 το σημείο E. Τι παρατηρείτε
 για το ίχνος του;

Σελ.62 σχολ. βιβλ. (αρχείο Geogebra)

- Angle
 - α
 - β
 - γ
- Boole
- Numk
 - m
 - p
- Point
 - α

Ο Ντίνος ξεκινά από το σπίτι του και θέλει να πάει στο ποτάμι ώστε να πάρει νερό για να ποτίσει το δέντρο. Σε ποιο σημείο της όχθης του ποταμιού πρέπει να πάει για να ελαχιστοποιήσει την διαδρομή του; Πειραματιστείτε με τη βοήθεια του δρομέα για την πιθανή θέση. Παρατηρήστε την μεταβολή των γωνιών.



Σελ.69 σχολ. Βιβλ. (αρχείο Geogebra)

_thes_two_circles_b.ggb

ίο Επεξεργασία Προβολή Επιλογές Εργαλεία Παράθυρο Βοήθεια

Γραφικά

εβρα

$= (0, 4)$

$x^2 + (y - 4)^2 = 9$

$= (3, 4)$

$r = 4$

$= (0, 0)$

$= (1, 0)$

$y = 0$

$= (5.31, 4)$

$(x - 5.31)^2 + (y - 4)^2 = 16$

$= (? , ?)$

$x = 5.31$

$= (5.31, 0)$

$(4, 0)$

4

5.31

$= 5.31$

είμενο1 = "R-r"

είμενο2 = "R+r"

$= (2, 0)$

Σελ.73 σχολ. Βιβλ. (αρχείο Geogebra)

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΓΩΝΙΑΣ ΙΣΗΣ ΠΡΟΣ ΔΟΘΕΙΣΑ

Θεωρούμε γωνία ω , τμήμα $ZH=p$ και ημιευθεία ΔE .
 Θέλουμε να κατασκευάσουμε με κανόνα και διαβήτη, μια γωνία ίση με ω , η οποία να έχει ως κορυφή το σημείο Δ .
 Να κάνετε τις τρεις κατασκευές κύκλων.
 Γιατί η γωνία $\Lambda \Delta N$ που κατασκευάστηκε είναι ίση με ω ;

Κύκλος (B, p) Κύκλος (Δ, p) Κύκλος (Λ, Θ)

Σελ.85 σχολ. Βιβλ. (αρχείο Geogebra)

Γραφικά

- Μέσα πλευρών
- Μεσοκάθετοι
- Διχοτόμοι
- Εγγεγραμμένος

Εμφανίστε τα μέσα των πλευρών του τριγώνου και τις μεσοκάθετους. Τι παρατηρείτε;
 Εμφανίστε τις διχοτόμους των γωνιών. Τι παρατηρείτε;
 Εμφανίστε τον εγγεγραμμένο κύκλο. Πότε ταυτίζονται τα κέντρα των δύο κύκλων;

Σελ.88 σχολ. Βιβλ. (Video)

Αρχείο Επεξεργασία Προβολή Κατασκευή Μετασχηματισμός Μέτρηση Γράφημα Παράθυρο Βοήθεια

ABΓ γωνία = $68,93^\circ$ BAΓ γωνία = $73,26^\circ$ AΓB γωνία = $37,80^\circ$
(ABΓ γωνία)+(BAΓ γωνία)+(AΓB γωνία) = $180,00^\circ$

2ο τρίγωνο
1ο τρίγωνο
μέσο M
επίσημο