



**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΥΦΥΕΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ - WEBINTELLIGENCE**

**Υπηρεσία Επαυξημένης πραγματικότητας (Augmented
reality) στην εκπαίδευση**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

της

ΜΑΡΙΝΑΣ ΔΕΛΙΑΝΙΔΗ

Επιβλέπων : Χρήστος Ηλιούδης
Αναπληρωτής Καθηγητής, ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης

Θεσσαλονίκη, Μάιος 2015



ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΥΦΥΕΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ - WEBINTELLIGENCE

Υπηρεσία Επαυξημένης πραγματικότητας (Augmented reality) στην εκπαίδευση

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

της

ΜΑΡΙΝΑΣ ΔΕΛΙΑΝΙΔΗ

Επιβλέπων : Χρήστος Ηλιούδης
Αναπληρωτής Καθηγητής, ΑΤΕΙΘ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή στις 29 Μαΐου 2015.

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

.....
Χρήστος Ηλιούδης
Αναπληρωτής Καθηγητής
Α.Τ.Ε.Ι.Θ.

.....
Δημοσθένης Σταμάτης
Καθηγητής
Α.Τ.Ε.Ι.Θ.

.....
Κωνσταντίνος Διαμαντάρας
Καθηγητής
Α.Τ.Ε.Ι.Θ.

Θεσσαλονίκη, Μάιος 2015

(Υπογραφή)

.....

Μαρίνα Δελιανίδα

Μηχανικός Πληροφορικής Τ.Ε.

© 2015– Allrightsreserved

«Μαμά, όταν τελειώσεις θα παίζουμε περισσότερο;»

Μια φράση γεμάτη αυθορμητισμό, αγνότητα, ειλικρίνεια, προσδοκία

Μια φράση που ειπώθηκε από δυο υπέροχα παιδιά 8 και 5 ετών, τα παιδιά μου

Μια φράση που όταν την άκουσα ένιωσα τύψεις, αλλά μου έδωσε δύναμη να συνεχίσω...

Αφιερωμένο στα παιδιά μου που με στήριξαν με την υπομονή τους και έδειξαν μεγάλη κατανόηση παρά το νεαρό της ηλικίας τους.

Ευχαριστώ τους ανθρώπους, συγγενείς και φίλους, που με βοήθησαν σε όλο το διάστημα των σπουδών μου. Ιδιαίτερα ευχαριστώ τον κ. Χρήστο Ηλιούδη για τη πολύτιμη βοήθεια και συνεχή καθοδήγηση σε όλα τα στάδια της προσπάθειας που έκανα για την ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω τους καθηγητές του ΠΜΣ που βρέθηκαν κοντά μου και με στήριξαν όταν χρειάστηκε όχι μόνο στην διπλωματική εργασία αλλά και σε ολόκληρη την φοιτητική μου πορεία.

Περίληψη

Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας εδώ και αρκετές δεκαετίες και η ανάπτυξη των προηγμένων υπηρεσιών του διαδικτύου τα τελευταία χρόνια, επηρέασαν σε μεγάλο βαθμό την καθημερινότητά μας σε πολλούς τομείς. Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality) θεωρείται μια από τις νεότερες αναπτυσσόμενες τεχνολογίες και ένα από τα αντικείμενα έρευνας της επιστήμης της πληροφορικής στον τομέα της Εικονικής Πραγματικότητας. Ένα χαρακτηριστικό της τεχνολογίας είναι η δημιουργία της ψευδαίσθησης συνύπαρξης πραγματικού και εικονικού κόσμου σε πραγματικό χώρο και χρόνο. Εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας συναντάμε σήμερα στην ιατρική, την διαφήμιση, τον πολιτισμό, τον τουρισμό, την εκπαίδευση.

Στην διπλωματική εργασία, με βάση τα χαρακτηριστικά της επαυξημένης πραγματικότητας και την χρήση έξυπνων ηλεκτρονικών συσκευών, μελετήσαμε την αρχιτεκτονική, το μοντέλο δεδομένων και την εφαρμοσιμότητα της τεχνολογίας. Σκοπός μας είναι η ανάπτυξη μιας υπηρεσίας επαυξημένης πραγματικότητας η οποία αξιοποιεί τις προηγμένες υπηρεσίες του διαδικτύου παρέχοντας στον χρήστη δυναμικό περιεχόμενο σε πραγματικό χρόνο σύμφωνα με τις επιλογές του. Για την επίτευξη του στόχου και με πεδίο αναφοράς τον χώρο της εκπαίδευσης, δημιουργήσαμε μια εφαρμογή η οποία χρησιμοποιεί τις διεπαφές από διάφορες δυναμικές διαδικτυακές πλατφόρμες και επαυξάνει την πραγματικότητα του χρήστη με το κατάλληλο ψηφιακό περιεχόμενο.

Για να αξιολογήσουμε την αποτελεσματικότητα της υπηρεσίας εφαρμόσαμε ένα σύστημα αξιολόγησης πραγματοποιώντας μια πειραματική διαδικασία. Μετά από την ανάλυση των αποτελεσμάτων καταλήξαμε σε θετικά συμπεράσματα που μας ενθαρρύνουν για μελλοντικές επεκτάσεις της εφαρμογής.

Λέξεις Κλειδιά: «Επαυξημένη πραγματικότητα, διεπαφή, δυναμικό περιεχόμενο, εκπαίδευση»

Abstract

The rapid progress of technology for several decades and the progress of advanced Internet services in recent years are affected heavily on our daily lives in many ways. The Augmented Reality is considered one of the newest developing technologies and one of the computer science research objects in the field of Virtual Reality. One feature of the technology is to create the illusion of coexistence real and virtual world in real time and space. Today we can find Augmented Reality applications in medicine, advertising, culture, tourism, education.

In this thesis, based on the characteristics of augmented reality and the use of smart electronic devices, we studied the architecture, the data model and the applicability of the technology. Our aim is to develop an augmented reality service on the field of education that leverages advanced Internet services, providing information in real time according to user's choices. To achieve this goal and from the scope of education, we created an application that uses the interfaces of various dynamic online platforms and augments the user's reality with the appropriate digital content.

To evaluate the service effectiveness we performed an experimental procedure. After analyzing the results we came to positive conclusions encouraging us for future extensions of the application.

Keywords: "Augmented reality, interface, dynamic content, education"

Πίνακας περιεχομένων

1	Εισαγωγή.....	1
1.1	Υπηρεσία Επαυξημένης Πραγματικότητας ως καινοτόμος προσέγγιση εκμάθησης με δυναμικό περιεχόμενο.....	1
1.2	Αντικείμενο διπλωματικής.....	2
1.2.1	Συνεισφορά.....	4
1.3	Διάρθρωση διπλωματικής εργασίας.....	5
2	Εισαγωγή στην Επαυξημένη Πραγματικότητα.....	7
2.1	Η Έννοια της Επαυξημένης Πραγματικότητας.....	7
2.2	Ιστορικά στοιχεία.....	9
2.3	Τεχνολογικό περιβάλλον.....	12
2.3.1	Φορητές συσκευές απεικόνισης (Head-Mounted Displays - HDM).....	13
2.3.2	Φορητές συσκευές απεικόνισης (Hand-Held Displays).....	16
2.3.3	Προβολικές συσκευές απεικόνισης (Projective displays).....	17
2.3.4	Η διαδικασία της επαύξησης.....	18
2.4	Διαφορές και ομοιότητες Εικονικής και Επαυξημένης Πραγματικότητας.....	19
2.5	Εφαρμογές Επαυξημένης Πραγματικότητας.....	21
2.5.1	Διαφήμιση.....	22
2.5.2	Εκπαίδευση.....	23
2.5.3	Ιατρική.....	23
2.5.4	Κατασκευές/Επισκευές.....	24
2.5.5	Παιχνίδια.....	25
2.5.6	Στρατός.....	26
2.5.7	Ταξίδια και Τουρισμός.....	27
2.5.8	Τέχνες και Πολιτισμός.....	27
3	Αρχιτεκτονική και τεχνολογικό περιβάλλον AR εφαρμογών.....	29
3.1	Μοντέλο δεδομένων.....	30
3.2	Πρότυπα – Βιβλιοθήκες γραφικών.....	32
3.2.1	OpenGL.....	32

3.2.2	<i>OpenCV</i>	34
3.3	Συγκριτική αξιολόγηση εργαλείων AR	35
3.3.1	<i>Ελεύθερα εργαλεία με εμπορικό SDK</i>	35
3.3.2	<i>Open Source</i>	47
3.3.3	<i>Εμπορικές λύσεις</i>	48
3.4	Αξιολόγηση.....	50
3.4.1	<i>Ορισμοί κριτηρίων</i>	50
3.4.2	<i>Συγκριτική αξιολόγηση</i>	52
4	Η προτεινόμενη υπηρεσία	55
4.1	Η ιδέα.....	55
4.2	Περιγραφή του αντικειμένου της εργασίας.....	56
5	Η υλοποίηση της υπηρεσίας	59
5.1	Τα βήματα υλοποίησης.....	59
5.2	Τεχνικές λεπτομέρειες	60
5.2.1	<i>Λεπτομέρειες υλοποίησης</i>	60
5.2.2	<i>Πλατφόρμες και προγραμματιστικά εργαλεία</i>	72
6	Η εφαρμογή	75
6.1	Η λειτουργία της εφαρμογής - παράδειγμα	75
7	Αξιολόγηση – Συζήτηση	81
7.1	Οργάνωση πειραμάτων	81
7.2	Σύστημα αξιολόγησης.....	82
7.2.1	<i>Συγκριτική αξιολόγηση των μεθόδων</i>	83
7.2.2	<i>Αξιολόγηση της προτεινόμενης μεθόδου</i>	83
7.3	Παράμετροι αξιολόγησης	84
7.4	Αποτελέσματα.....	84
7.5	Σύνοψη συμπερασμάτων αξιολόγησης.....	96
8	Επίλογος	97
8.1	Σύνοψη και συμπεράσματα.....	97
8.2	Μελλοντικές επεκτάσεις	99
9	Βιβλιογραφία	101
10	Παραρτήματα	105

10.1	Παράρτημα 1	105
10.2	Παράρτημα 2	111
10.3	Παράρτημα 3	113
10.4	Παράρτημα 4	117

1

Εισαγωγή

1.1 Υπηρεσία Επαυξημένης Πραγματικότητας ως καινοτόμος προσέγγιση εκμάθησης με δυναμικό περιεχόμενο.

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality - AR) είναι ένα από τα νεότερα αντικείμενα έρευνας τις τελευταίες δεκαετίες στον χώρο της πληροφορικής και ειδικά στον τομέα της Εικονικής Πραγματικότητας (Virtual Reality - VR). Ο σκοπός της τεχνολογίας είναι να εμπλουτίζει ή να «επαυξάνει» τον πραγματικό κόσμο με εικονικά αντικείμενα σε πραγματικό χρόνο. Όταν δε το ψηφιακό περιεχόμενο επαύξεσης, το οποίο μπορεί να είναι διαφόρων κατηγοριών (εικόνα 2D, εικόνα 3D, video, ήχος, URL κλπ), αντλείται δυναμικά και κατ' απαίτηση του χρήστη, χρησιμοποιώντας τις διεπαφές επικοινωνίας με τις διάφορες δυναμικές πλατφόρμες του διαδικτύου, τότε αποκτά μια προστιθέμενη αξία, αφού στις πληροφορίες που θα λάβει τελικά ο χρήστης θα συμπεριλαμβάνονται και όλες οι τελευταίες ενημερώσεις που πραγματοποιήθηκαν στην εκάστοτε πλατφόρμα. Εφαρμογές της τεχνολογίας επαυξημένης πραγματικότητας μπορούμε να συναντήσουμε σε πολλούς τομείς της καθημερινότητας, όπως ο πολιτισμός, η διαφήμιση, η αρχιτεκτονική, η ιατρική, η εκπαίδευση κ.α.

Γνωρίζουμε ότι ο χώρος της εκπαίδευσης αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας. Ξεκινάει από την ώρα της γέννησης ενός ανθρώπου και τον ακολουθεί σε κάθε στιγμή του βίου του. Ειδικότερα, η περίοδος από την νηπιακή ηλικία μέχρι και την ενηλικίωση έχει ιδιαίτερη σημασία για την δημιουργία και εδραίωση γνωστικών ικανοτήτων

ενός ατόμου. Έτσι, οι μέθοδοι εκμάθησης διαφόρων αντικειμένων στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση, συμβάλλουν στην διατήρηση της γνώσης για μεγάλο ή μικρό χρονικό διάστημα. Η ενεργοποίηση του ενδιαφέροντος ενός μαθητή για κάποιο αντικείμενο εκμάθησης πιθανότατα να τον βοηθήσει να το μάθει με μεγαλύτερη όρεξη και να το θυμάται για περισσότερο καιρό.

Η χρήση νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση γενικότερα συνέβαλε με θετικά αποτελέσματα και η συνεχόμενη εξέλιξη στον χώρο της τεχνολογίας με καινούριες παρεχόμενες υπηρεσίες εμπλουτίζει την εκπαιδευτική διαδικασία προφέροντας προστιθέμενη αξία και καινοτόμες προσεγγίσεις. Η παρούσα διπλωματική εργασία προσανατολίζεται στην χρήση των νέων τεχνολογιών και υπηρεσιών της επιστήμης της πληροφορικής και συγκεκριμένα την τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας στον χώρο της εκπαίδευσης και διαπραγματεύεται τρόπους διδασκαλίας με την παροχή δυναμικού ψηφιακού περιεχομένου σύμφωνα με τις επιλογές του χρήστη σε πραγματικό χρόνο.

1.2 Αντικείμενο διπλωματικής

Αναφέραμε προηγουμένως ότι ένας από τους πολλούς τομείς εφαρμογής της τεχνολογίας επαυξημένης πραγματικότητας είναι ο τομέας της εκπαίδευσης. Στην διπλωματική εργασία αναπτύξαμε μια υπηρεσία επαυξημένης πραγματικότητας για την εκπαίδευση. Είναι μία εφαρμογή η οποία επαυξάνει ένα αντικείμενο του πραγματικού κόσμου με ψηφιακό περιεχόμενο. Η προστιθέμενη αξία της υπηρεσίας εντοπίζεται στο ίδιο το ψηφιακό περιεχόμενο και στον τρόπο αναζήτησης αυτού μέσα από την εφαρμογή. Είναι πολύ σημαντικό το περιεχόμενο επαύξεσης να μην είναι στατικό αλλά δυναμικό και να προέρχεται από πηγές που συνεχώς ανανεώνονται και εμπλουτίζονται από τους χρήστες του διαδικτύου.

Κατά την διάρκεια εκπόνησης της διπλωματική εργασίας, το σημαντικότερο πρόβλημα που είχαμε να επιλύσουμε ήταν η άντληση ψηφιακού περιεχομένου από το διαδίκτυο. Ο τρόπος λήψης του θα πρέπει να είναι δυναμικός και η πληροφορία που λαμβάνουμε κάθε φορά να είναι σχετική με την επιλογή του χρήστη.

Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήσαμε τις διεπαφές επικοινωνίας με τις δυναμικές πλατφόρμες του διαδικτύου όπως Youtube, Wikipedia, Slide Share. Οι πλατφόρμες αυτές εμπλουτίζονται συνεχώς με καινούριο περιεχόμενο και οι πληροφορίες που παρέχουν χρησιμοποιούνται ευρέως στην εκπαιδευτική διαδικασία. Ακόμη, υπάρχει δυνατότητα πρόσβασης στην λίστα με τα αποτελέσματα αναζήτησης της πιο διαδεδομένης στις μέρες μας μηχανής Google. Έτσι, στην εφαρμογή μας, με μια μόνο επιλογή, ο χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση στο περιεχόμενο που αναζητά χωρίς να κάνει κάποια άλλη ενέργεια, γεγονός που εξοικονομεί χρόνο και συμβάλει στην διάθεση του να μάθει.

Επιπλέον, γίνεται μελέτη με σκοπό την ανάδειξη των δυνατοτήτων και των παροχών της τεχνολογίας επαυξημένης πραγματικότητας στο εκπαιδευτικό περιβάλλον προτείνοντας έναν διαφορετικό τρόπο ή μια άλλη μέθοδο διδασκαλίας ενός εκπαιδευτικού θέματος ή αντικειμένου. Στην μέθοδο αυτή, η εφαρμογή έχει να πετύχει τους εξής στόχους:

- i. την αξιοποίηση των χαρακτηριστικών της επαυξημένης πραγματικότητας
- ii. την αναζήτηση ψηφιακού περιεχομένου από δυναμικές πηγές του διαδικτύου
- iii. την ελαχιστοποίηση του απαιτούμενου χρόνου επικοινωνίας με τις διεπαφές των δυναμικών πηγών
- iv. την παροχή πληθώρας πληροφοριών σχετικών με την επιλογή αντικειμένου εκμάθησης σε πραγματικό χρόνο
- v. την ενεργοποίηση του μαθητικού ενδιαφέροντος
- vi. την μετατροπή της διαδικασίας μάθησης σε μια ευχάριστη ασχολία
- vii. την εκμάθηση ενός αντικειμένου σε σύντομο χρονικό διάστημα

Για την επίτευξη των στόχων μας χρησιμοποιήσαμε την εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας που αναπτύξαμε με σκοπό την εκμάθηση ενός θέματος από το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών («Το υλικό του υπολογιστή») μέσα σε σχολική τάξη διοργανώνοντας μια πειραματική διαδικασία σε δυο ομάδες μαθητών. Η 1^η ομάδα διδάχθηκε με την κλασική μέθοδο της προφορικής παράδοσης μέσα σε μια διδακτική ώρα.

Για την παράδοση του ίδιου αντικειμένου, στην 2^η ομάδα μαθητών αξιοποιούμε τα στοιχεία που χαρακτηρίζουν την τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας. Έτσι:

- i. χρησιμοποιήθηκε μια συσκευή tablet, που η χρήση της και μόνο ενεργοποίησε το ενδιαφέρον των μαθητών σε μεγάλο βαθμό,
- ii. αποδείχτηκε ότι η πλοήγηση στην εφαρμογή με την χρήση του tablet αποτέλεσε μια ευχάριστη διαδικασία σε σχέση με την προφορική παράδοση,
- iii. ο χρόνος που αφιερώθηκε στην πραγματοποίηση του πειράματος ήταν περιορισμένος,
- iv. υπήρχε 3G σύνδεση στο διαδίκτυο έτσι ώστε η αναζήτηση του ψηφιακού περιεχόμενου και η επαύξηση με αυτό να γίνεται σε πραγματικό χρόνο,
- v. χρησιμοποιήθηκαν δυναμικές πλατφόρμες αναζήτησης ψηφιακού περιεχομένου σχετικού με τις επιλογές του χρήστη,
- vi. ο χρόνος απόκρισης των αιτημάτων από τις πηγές ήταν ελάχιστος.

Μετά την ολοκλήρωση της παράδοσης, εξετάσαμε το αποτέλεσμα της κάθε μεθόδου με ένα σετ ερωτήσεων εμπέδωσης γνώσης προς τους μαθητές για κάθε ομάδα μαθητών (Παράρτημα 3). Οι ερωτήσεις βασίζονται στο αντικείμενο διδασκαλίας και αντιστοιχούν στο περιεχόμενο του διδακτικού σεναρίου (Παράρτημα 2), είναι ίδιες και για τις δυο ομάδες και σκοπό έχουν την συγκριτική αξιολόγηση της κλασικής διδασκαλίας και της διδασκαλίας με την χρήση εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας. Επιπλέον, οι μαθητές της 2^{ης} ομάδας αξιολόγησαν την εφαρμογή,

το ψηφιακό περιεχόμενο που εμφανίζεται και τον τρόπο εκμάθησης συμπληρώνοντας ένα επιπλέον ερωτηματολόγιο, σχεδιασμένο για τις ανάγκες της διερεύνησης εφαρμοσιμότητας της μεθόδου (Παράρτημα 4), εκφράζοντας έτσι την άποψή τους για την εμπειρία εκμάθησης με την χρήση της εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας.

1.2.1 Συνεισφορά

Η συνεισφορά της διπλωματικής συνοψίζεται ως εξής:

1. Μελετήσαμε την τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας από την χρονική στιγμή έναρξης μέχρι και σήμερα και εντοπίσαμε τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες που πρέπει να έχει μια εφαρμογή για να θεωρηθεί ως εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας
2. Διερευνήσαμε το μοντέλο δεδομένων που χρησιμοποιείται στην τεχνολογία και καταγράψαμε τα βασικά του χαρακτηριστικά
3. Ερευνήσαμε και αξιολογήσαμε εργαλεία ανάπτυξης εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας όσον αφορά τις ιδιότητες, τα χαρακτηριστικά, τις δυνατότητες τους, αλλά και την κατηγορία που ανήκουν
4. Χρησιμοποιήσαμε τις διεπαφές επικοινωνίας με δυναμικές πλατφόρμες του διαδικτύου που φιλοξενούν τεράστιο όγκο πληροφοριών, για να παρουσιάσουμε στον χρήστη μόνο τις σχετικές με την επιλογή του σε πραγματικό χρόνο
5. Αναπτύξαμε μια εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας δυναμικού περιεχομένου κατ' απαίτηση του χρήστη σε πραγματικό χρόνο με σκοπό την εκμάθηση ενός διδακτικού αντικειμένου
6. Προτείνουμε μια μέθοδο διδασκαλίας εφαρμόζοντας και αξιοποιώντας τα οφέλη της τεχνολογίας στην πράξη
7. Αξιολογήσαμε την λειτουργικότητα και την εφαρμοσιμότητα της μεθόδου διεξάγοντας πειράματα και βρήκαμε ότι η χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας στην εκμάθηση ενός αντικειμένου πλεονεκτεί σε σχέση με την εφαρμογή του παραδοσιακού τρόπου εκμάθησης του ίδιου αντικειμένου
8. Προτείνουμε ιδέες αρχικά ειδικά για μελλοντική επέκταση της εφαρμογής και στη συνέχεια γενικά για την εφαρμογή της τεχνολογίας επαυξημένης πραγματικότητας στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Με την χρήση της προτεινόμενης μεθόδου μέσα στην σχολική τάξη, υποδεικνύουμε στους μαθητές έναν ακόμη τρόπο χρήσης έξυπνων ηλεκτρονικών συσκευών που μπορεί να συνεισφέρει στην εκπαίδευσή τους. Δείξαμε ότι η εκμάθηση ενός αντικειμένου μπορεί να πραγματοποιηθεί σε μικρό χρονικό διάστημα όταν η εκπαιδευτική διαδικασία είναι ευχάριστη και ενδιαφέρουσα. Μάλιστα, όταν οι πληροφορίες που λαμβάνει κανείς είναι συμβατές με την χρονική στιγμή που τις αποκτάει και προέρχονται από πηγές του διαδικτύου που συνεχώς ανανεώνονται και εμπλουτίζονται, δίνει

ακόμη μια προστιθέμενη αξία στην μέθοδο διδασκαλίας που προτείνουμε χρησιμοποιώντας την τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας.

1.3 Διάρθρωση διπλωματικής εργασίας

Η πορεία της εργασίας αναλυτικά περιγράφεται στα κεφάλαια που ακολουθούν. Αρχικά, στο Κεφάλαιο 2 περιγράφουμε την τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας και τα χαρακτηριστικά της παραθέτοντας την πορεία της εξέλιξής της μέσα στον χρόνο, αναλύοντας το τεχνολογικό της περιβάλλον και καταλήγοντας με παραδείγματα εφαρμογών σε πολλούς και διάφορους τομείς.

Στο Κεφάλαιο 3 μελετάμε το μοντέλο δεδομένων, την αρχιτεκτονική και τις τεχνολογικές λύσεις εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας. Επίσης διενεργούμε συγκριτική αξιολόγηση των εργαλείων ανάπτυξης εφαρμογών AR καταλήγοντας στην επιλογή του εργαλείου που θα χρησιμοποιήσουμε.

Στο Κεφάλαιο 4 με βάση την τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας, τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες που έχει, προτείνουμε μια υπηρεσία δυναμικού περιεχομένου επαύξησης ενός πραγματικού αντικειμένου με εφαρμογή στον χώρο της εκπαίδευσης.

Η διαδικασία υλοποίησης της υπηρεσίας με χρήση ενός από τα διαθέσιμα εργαλεία ανάπτυξης με όλες τις τεχνικές λεπτομέρειες υλοποίησης και τρόπους εισαγωγής του κατάλληλου κάθε φορά δυναμικού περιεχομένου επαύξησης σε πραγματικό χρόνο καταγράφονται στο Κεφάλαιο 5.

Το Κεφάλαιο 6 είναι αφιερωμένο στον τρόπο λειτουργίας της υπηρεσίας, η οποία τηρεί τους κανόνες που πρέπει, έτσι ώστε να χαρακτηρίζεται ως εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας.

Για να επιβεβαιώσουμε την συνεισφορά της τεχνολογίας επαυξημένης πραγματικότητας και να διαπιστώσουμε την καλή λειτουργία της υπηρεσίας, αναπτύξαμε μια μέθοδο αξιολόγησης της υπηρεσίας σε εκπαιδευτικό περιβάλλον και συζητάμε τα αποτελέσματα της αξιολόγησης στο Κεφάλαιο 7.

Τέλος, αφού έχουμε εξερευνήσει τον τεχνολογικό χώρο, έχουμε αναπτύξει και εφαρμόσει στην πράξη μια υπηρεσία επαυξημένης πραγματικότητας, παραθέτουμε τα γενικά συμπεράσματα όλης της διαδικασίας που προηγήθηκε και προτείνουμε ιδέες για μελλοντικές επεκτάσεις της υπηρεσίας αλλά και για ανάπτυξη και άλλων υπηρεσιών που θα ακολουθούν τα χαρακτηριστικά και της ιδιότητες της τεχνολογίας επαυξημένης πραγματικότητας.

2

Εισαγωγή στην Επαυξημένη Πραγματικότητα

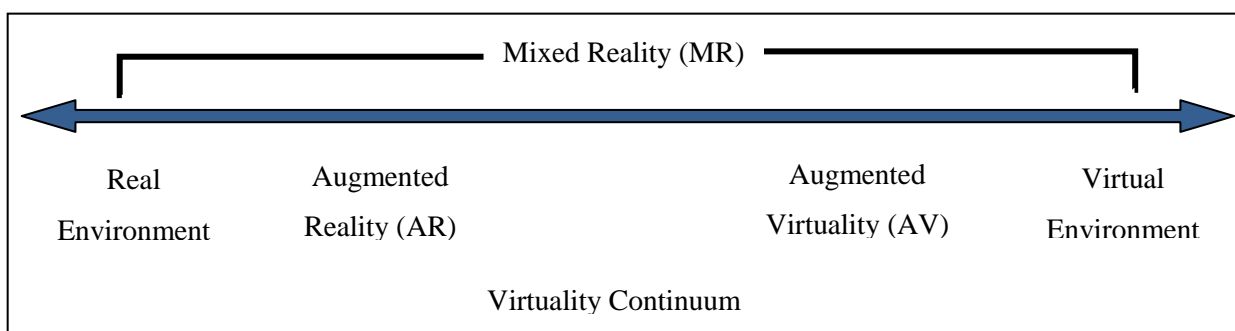
2.1 Η Έννοια της Επαυξημένης Πραγματικότητας

Η επαυξημένη πραγματικότητα (Augmented Reality - AR) αποτελεί ένα ταχέως αναπτυσσόμενο ερευνητικό πεδίο τα τελευταία χρόνια στον τομέα της εικονικής πραγματικότητας (Virtual Reality - VR). Θα μπορούσε να ισχυριστεί κανείς ότι είναι μια εξέλιξη της τεχνολογίας στον χώρο των πολυμέσων. Με την τεχνική αυτή συνδυάζεται ο πραγματικός κόσμος ή το πραγματικό περιβάλλον (Real World – RW ή Real Environment RE) με στοιχεία του εικονικού κόσμου ή περιβάλλοντος (Virtual World VW ή Virtual Environment – VE) (López, et al., 2010). Ουσιαστικά, ο πραγματικός κόσμος εμπλουτίζεται με εικονικά αντικείμενα. Τα εικονικά αυτά αντικείμενα μπορεί να είναι είτε κάποιες τρισδιάστατες ψηφιακές μορφές, είτε πολυμεσικά (κείμενο, εικόνα, ήχος, βίντεο) είτε και συνδυασμός αυτών (Azuma, 1997) (Azuma, et al., 2001) (Krevelen & Poelman, 2010) (Yuen, et al., 2011). Επειδή ακριβώς γίνεται «προσθήκη» εικονικής πληροφορίας μέσω κατάλληλων συσκευών προβολής, ο πραγματικός κόσμος δεν αντικαθιστάται αλλά το αντίθετο, ενισχύεται ή «επαυξάνεται», και έτσι ο χρήστης συνδυάζει την εικόνα του κόσμου που δέχεται από τα αισθητήρια όργανά του (όραση, ακοή, αφή κλπ.) με τα εικονικά αντικείμενα (Fabri, et al., 2008).

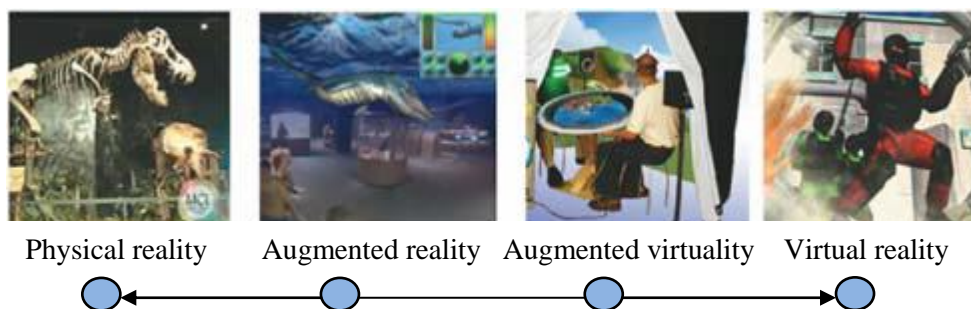
Η επαύξηση του πραγματικού κόσμου με την επιπρόσθετη πληροφορία επιτυγχάνεται σε πραγματικό χρόνο (Real Time) με τρόπο τέτοιο, ώστε να υπάρχει μία φυσική σύνδεση των εικονικών στοιχείων με τα στοιχεία του αληθινού κόσμου και την απεικόνισή τους. Η Επαυξημένη Πραγματικότητα είναι μια σχετικά νέα μορφή αλληλεπίδρασης ανθρώπου – υπολογιστή (Human-

Computer Interaction – HCI) και αποτελεί ένα μέρος του γενικότερου πεδίου της Μικτής Πραγματικότητας (Mixed Reality) (Milgram & Kishino, 1994) που φαίνεται στην Εικόνα 1.

Οι (Milgram & Kishino, 1994), κατά την ταξινόμηση της πραγματικότητας και της εικονικότητας, δημιούργησαν ένα “Συνεχές Εικονικότητας” (“Virtual Continuum” – VC), όπου στα δύο άκρα αριστερά και δεξιά τοποθετούνται το πραγματικό και το εικονικό περιβάλλοντα αντίστοιχα. Το πρώτο αποτελείται αποκλειστικά από πραγματικά αντικείμενα ενώ το δεύτερο αποκλειστικά από εικονικά. Ενδιάμεσα υπάρχουν άλλες δυο καταστάσεις: η Επαυξημένη Πραγματικότητα κοντά στο πραγματικό περιβάλλον και η Επαυξημένη Εικονικότητα κοντά στο εικονικό περιβάλλον.



Εικόνα 1. Συνεχές πραγματικότητας – εικονικότητας (Milgram & Kishino, 1994)



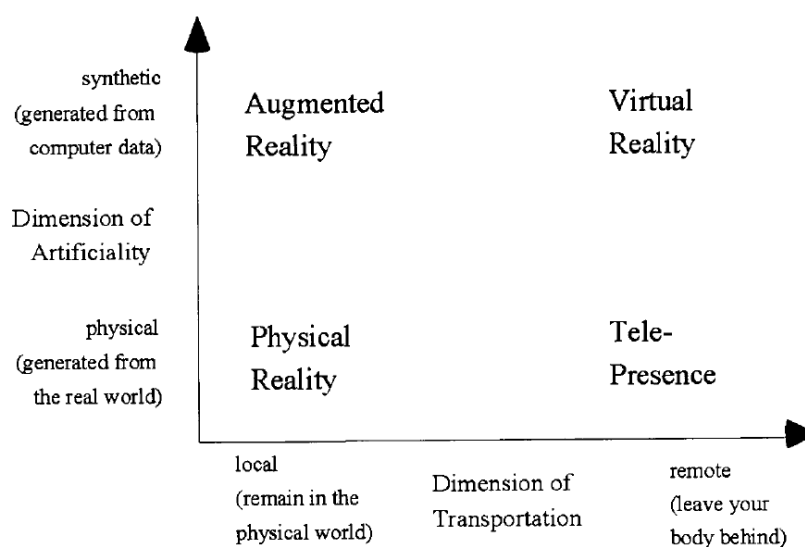
Εικόνα 2. Συνεχές πραγματικότητας – εικονικότητας (Doswell, et al., 2006)

Κατά τους (Doswell, et al., 2006), με την εισαγωγή εικονικού αντικειμένου στο πραγματικό περιβάλλον γίνεται επαύξηση της πραγματικότητας, ενώ με την εισαγωγή πραγματικού αντικειμένου σε εικονικό περιβάλλον πραγματοποιείται η επαύξηση της εικονικότητας (Εικ. 2).

Σύμφωνα με τους Benford κ.α. (Benford, et al., 1998), οι τεχνολογίες όπως η εικονική και οι επαυξημένη πραγματικότητα, ως μέρος της μικτής πραγματικότητας, ταξινομούνται σε κοινό χώρο (shared space) ανάλογα με την μεταφορά (transportation) του χρήστη και την προσποίηση ή την πλαστότητα (artificiality) του περιβάλλοντος που δημιουργείται σε σχέση με τον φυσικό κόσμο.

Στην Εικόνα 3, όπου παρέχεται μια υψηλού επιπέδου ανασκόπηση, η ταξινόμηση του κοινού χώρου προσεγγίζεται ανάλογα με τους άξονες της μεταφοράς και της προσποίησης, βλέπουμε ότι εντοπίζονται τέσσερις βασικές τεχνολογικές πτυχές. Οι συγγενικές τεχνολογίες σχετικές με την

φυσική πραγματικότητα συνδυάζουν την τοπικότητα και τον φυσικό κόσμο. Η εικονική πραγματικότητα ταξινομείται ως η τεχνολογία που αποτελείται από συνθετικά στοιχεία πέρα από τον φυσικό κόσμο. Η τηλεπαρουσία συνδυάζει τον φυσικό κόσμο με το απομακρυσμένο περιβάλλον. Η επαυξημένη πραγματικότητα επικαλύπτει το τοπικό περιβάλλον με καθαρά συνθετικά στοιχεία.



Εικόνα 3. Ευρεία ταξινόμηση του κοινού χώρου ανάλογα με την μεταφορά και την πλαστικότητα (Benford, et al., 1998)

Γενικά, για να οριστεί ένα σύστημα ως σύστημα AR πρέπει να έχει τις εξής ιδιότητες (Azuma, 1997) (Azuma, et al., 2001) (Yuen, et al., 2011) (Krevelen & Poelman, 2010):

- Συνδυασμός πραγματικών και εικονικών αντικειμένων σε ένα πραγματικό περιβάλλον
- Αλληλεπίδραση με το περιβάλλον σε πραγματικό χρόνο
- Τρισδιάστατη ευθυγράμμιση/συντονισμός (registration/align) πραγματικών και εικονικών αντικειμένων μεταξύ τους

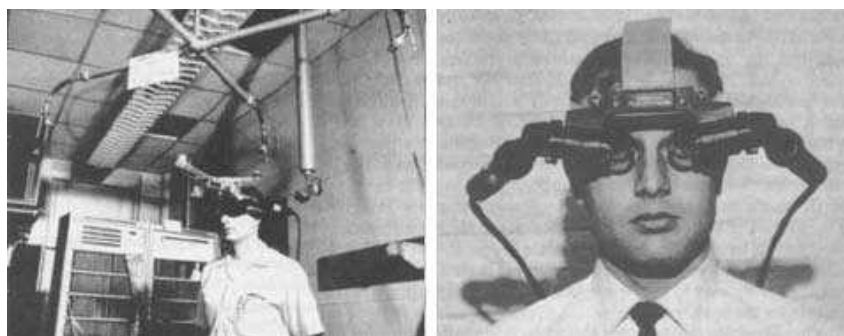
2.2 Ιστορικά στοιχεία

Η αρχή στο τεχνολογικό πεδίο της επαυξημένης πραγματικότητας έγινε την δεκαετία του 1960. Το 1962 ο Morton Heilig, ένας κινηματογραφικός παραγωγός δημιούργησε έναν εξομοιωτή με το όνομα Sensorama (Heilig & Beach, 1962), στον οποίο εκτός από οπτική και ακουστική αναπαράσταση, υπήρχαν δονήσεις και μυρωδιά. Το 1965, ο Ivan Sutherland περιέγραψε το όραμα του για την απόλυτη εμπειρία παρουσίασης, με στόχο την ανάπτυξη συστημάτων που μπορούν να δημιουργήσουν τεχνητά ερεθίσματα και να δώσει σε έναν άνθρωπο την εντύπωση ότι η εμπειρία

που ζει και αντιλαμβάνεται είναι πραγματικά αληθινή. Ο Sutherland ήταν ουσιαστικά ο πρωτοπόρος του χώρου. Μαζί με τους φοιτητές του στα Πανεπιστήμια του Χάρβαρντ και της Γιούτα χρησιμοποίησαν see-through συστήματα για να παρουσιάσουν 3D γραφικά (Krevelen & Poelman, 2010). Λίγο αργότερα κατασκευάζει το πρώτο κράνος απεικόνισης (head-mounted display) (Εικ. 4) με στόχο την δημιουργία ενός τρισδιάστατου περιβάλλοντος στο οποίο θα εμβυθιστεί ο χρήστης. Η συσκευή φοριέται στα δυο μάτια και στο καθένα απεικονίζει μια δυσδιάστατη στερεοσκοπική εικόνα. Με αυτόν τον τρόπο ο εγκέφαλος συνδυάζει τις δυο εικόνες σε μια τρισδιάστατη που βλέπει τελικά ο χρήστης. Καθώς κινείται ο χρήστης, γίνεται ανίχνευση της θέσης και του προσανατολισμού με την αντίστοιχη μεταβολή της εικόνας που προβάλλεται (Νικολαΐδης, 2003).

Κατά τις δεκαετίες 1970 – 80, μια μικρή ομάδα των ερευνητών στο Εργαστήριο Armstrong στην Πολεμική Αεροπορία των ΗΠΑ, το Ames Research Center της NASA, το Τεχνολογικό Ινστιτούτο της Μασαχουσέτης, και το Πανεπιστήμιο της Βόρειας Καρολίνας συνέχισαν την έρευνα. Την περίοδο εκείνη παρουσιάστηκαν διάφορες συσκευές όπως Sony Walkman (1979), τα ψηφιακά ρολόγια και οι ψηφιακές ατζέντες, γεγονός που άνοιξε δρόμο για φορητούς υπολογιστές. Η εξέλιξεις της τεχνολογίας γενικότερα ήταν μεγάλες και με απόλυτα θετικές επιπτώσεις στην ανάπτυξη τόσο της επαυξημένης όσο και της εικονικής πραγματικότητας.

Αν και ο όρος “augmented reality” επινοήθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1990 από τους Caudell και Mizell, επιστήμονες και υπαλλήλους στο Boeing Corporation, οι οποίοι ανέπτυξαν ένα πειραματικό σύστημα επαυξημένης πραγματικότητας που θα βοηθούσε τους εργαζόμενους να συγκεντρώνουν δέσμες καλωδίων (Krevelen & Poelman, 2010), αξίζει να σημειωθεί ότι η εικονική πραγματικότητα αναπτύχθηκε μετέπειτα από την επαυξημένη πραγματικότητα φτιάχνοντας όμως ένα εξολοκλήρου τεχνητό περιβάλλον χωρίς ίχνος αληθινού κόσμου.



Εικόνα 4. Το πρώτο κράνος απεικόνισης (head-mounted display) (Krevelen & Poelman, 2010)

Χάρη στην εξέλιξη της τεχνολογίας των υπολογιστών, την σημαντική μείωση του μεγέθους τους και την εμφάνιση των φορητών υπολογιστών και συσκευών (Psion I – 1984, Apple Newton MessagePad – 1993, Palm Pilot - 1996) (Krevelen & Poelman, 2010) που έχουν την δυνατότητα μεταφοράς, πολλά εμπόδια ξεπεράστηκαν και έτσι όλο και περισσότεροι ερευνητές άρχισαν να

ασχολούνται με το αντικείμενο με αποτέλεσμα η επαυξημένη πραγματικότητα να γίνει ένα αυτόνομο ερευνητικό πεδίο.

Με την ανάπτυξη συστημάτων GPS εμφανίστηκε και αναπτύχθηκε η κινητή επαυξημένη πραγματικότητα όπου με το σύστημα πλοήγησης παρέχεται βοήθεια προς άτομα με προβλήματα όρασης με χωρικές επικαλύψεις ήχου. Στη συνέχεια, όταν οι συσκευές έγιναν μικρότερες σε μέγεθος αλλά ταυτόχρονα και πιο ισχυρές σε ότι αφορά την υποστήριξη των γραφικών, άρχισαν να αναπτύσσονται εφαρμογές με 3D γραφικά, όπως το σύστημα κινητής AR MARS που καταγράφει 3D γραφικό οδηγό ξενάγησης με τα κτίρια και τα τεχνουργήματα που βλέπει ο επισκέπτης (Krevelen & Poelman, 2010).

Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1990, η τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας είχε αναπτυχθεί αρκετά. Ξεκίνησαν να γίνονται διάφορα συνέδρια συμπεριλαμβανομένου του International Workshop και το Συμπόσιο για Επαυξημένης Πραγματικότητας, το Διεθνές Συμπόσιο Μεικτής Πραγματικότητας και το Designing Augmented Reality Environments Workshop.

Στην πιο σύγχρονη ιστορία της επαυξημένης πραγματικότητας, ο Hirocazu Kato δημιουργεί το ARToolkit το 1999 στο HitLab (Documentation, n.d.) όπου το AR αργότερα αναπτύσσεται περαιτέρω από άλλους επιστήμονες. Το 2000 το πρώτο παιχνίδι εξωτερικού χώρου αναπτύσσεται με το όνομα ARQuake (Foundation, n.d.). Το 2008 το φορητό λειτουργικό σύστημα Android φιλοξενεί μία εφαρμογή τη Wikitude AR Travel guide. Όπως και το Wikitude Drive ένα σύστημα πλοήγησης βοηθούμενο από την επαυξημένη πραγματικότητα (Web, n.d.). Πριν λίγα χρόνια, το 2009, η Adobe κάνει την κίνηση να ενσωματώσει στο Adobe Flash το FLARToolkit ένα Add-on με το οποίο το Flash μπαίνει και στο χώρο της επαυξημένης πραγματικότητας (ARToolworks, n.d.). Τέλος, μια από τις σχετικά πρόσφατες εξελίξεις στον χώρο της επαυξημένης πραγματικότητας αποτελεί το Layar, μια πλατφόρμα για συσκευές με λειτουργικό σύστημα iOS και Android με εφαρμογές στους τομείς όπως η διαφήμιση, η εκπαίδευση, ο τουρισμός κ.α. (Layar, n.d.).

Στην Εικόνα 5 φαίνεται σχηματικά η ιστορική εξέλιξη της τεχνολογίας AR από την δεκαετία του 1950 έως το 2008 (Yuen, et al., 2011).

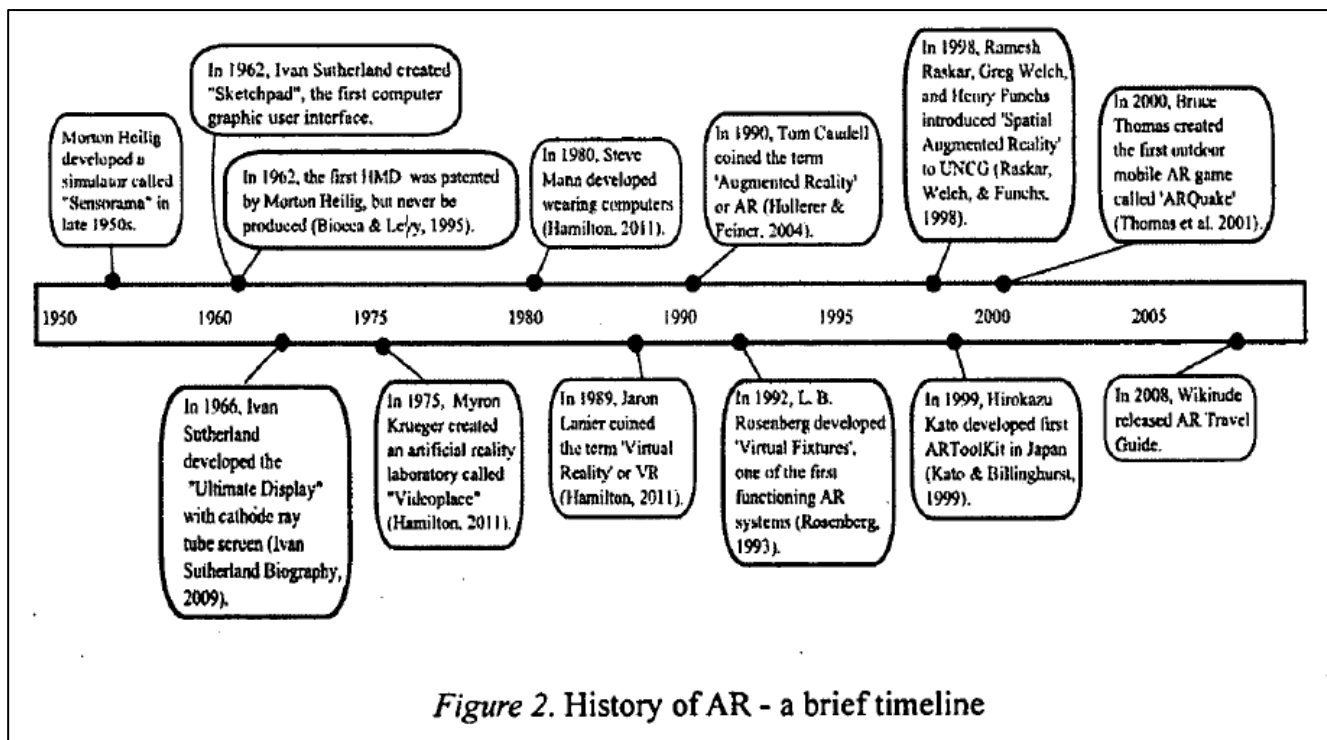


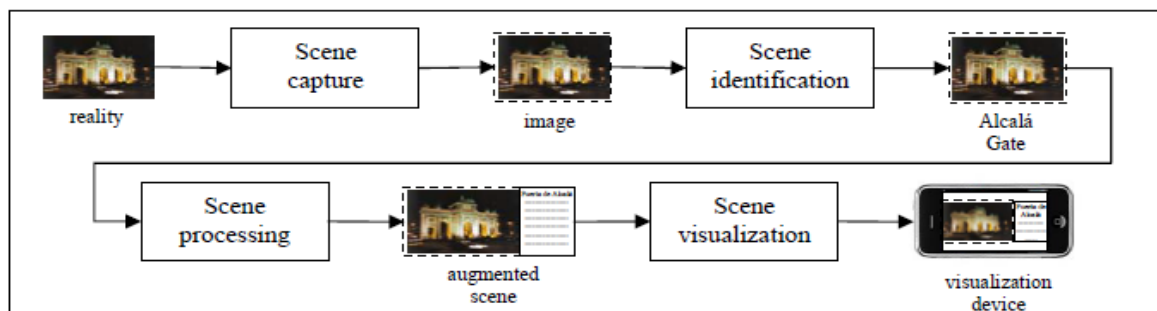
Figure 2. History of AR - a brief timeline

Εικόνα 5. Η εξέλιξη της επαυξημένης πραγματικότητας στο χρόνο (Yuen, et al., 2011)

2.3 Τεχνολογικό περιβάλλον

Ο σκοπός της επαυξημένης πραγματικότητας εκτός από την οπτική επαύξηση μιας σκηνής του πραγματικού κόσμου είναι και η απόκρυψη ή αφαίρεση πραγματικών αντικειμένων εάν χρειάζεται. Όλα αυτά γίνονται σε πραγματικό χρόνο δίνοντας στον χρήστη την δυνατότητα αλληλεπίδρασης με τα εικονικά στοιχεία του περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκεται. Οι τεχνολογικές απαιτήσεις για εφαρμογές AR είναι αρκετά υψηλότερες σε σχέση με τις εφαρμογές VR, και το γεγονός αυτό αποτελεί έναν λόγο που το πεδίο της επαυξημένης πραγματικότητας άργησε να ωριμάσει σε σχέση με αυτό της εικονικής. Παρόλα αυτά τα βασικότερα συστατικά για την κατασκευή ενός AR συστήματος παραμένουν αυτά που περιέγραψε ο Ivan Sutherland στην πρωτοποριακή του εργασία στην δεκαετία του 60. Οι συσκευές απεικόνισης (displays), οι ανιχνευτές (trackers) και τα γραφικά υπολογιστών (graphic computers) είναι τα στοιχεία που παραμένουν να έχουν ουσιαστική σημασία σε πολλές AR εφαρμογές (Krevelen & Poelman, 2010).

Γενικά ένα σύστημα AR εκτελεί τέσσερις εργασίες. Αυτές είναι: η σύλληψη (capture), η αναγνώριση/εντοπισμός (identification/tracking) για την επιλογή της σωστής πληροφορίας που θα επαυξάνει την σκηνή, η επεξεργασία (processing) της σκηνής και η επαύξηση αυτής με την πρόσθετη πληροφορία και τέλος η οπτικοποίηση (visualization) της επαυξημένης σκηνής (López, et al., 2010). Στην Εικόνα 6 παρουσιάζεται σχηματικά αυτή η διαδικασία.



Εικόνα 6. Τα βήματα επαύξησης (López, et al., 2010)

Για να πραγματοποιηθεί η σύλληψη και η μίξη του εικονικού και του πραγματικού περιβάλλοντος ο απαραίτητος εξοπλισμός ενός AR συστήματος είναι η συσκευή απεικόνισης. Οι συσκευές αυτές διακρίνονται στις εξής κατηγορίες: φορητές (head-mounted displays), φορητές (hand-held) και προβολικές (spatial projective) (Νικολαΐδης, 2003).

2.3.1 Φορητές συσκευές απεικόνισης (Head-Mounted Displays - HDM)

Οι φορητές συσκευές απεικόνισης θεωρούνται ως η πιο διαδεδομένη μορφή για την σύλληψη και επαύξηση μιας σκηνής. Πρόκειται για ειδικές συσκευές που φοριούνται στο κεφάλι και προβάλλουν τις εικόνες στα μάτια του χρήστη. Οι HMD ομαδοποιούνται σε δυο κατηγορίες: οπτικές (optical see-through) (Εικ. 7α) και βιντεοσυσκευές (video see-through) (Εικ. 7β). Οι συσκευές optical see-through εκτός από την σύλληψη της πραγματικότητας είναι υπεύθυνες και για την αναπαράστασή της με τις επιπρόσθετες πληροφορίες. Ενώ οι συσκευές video see-through καταγράφουν την πραγματικότητα ανεξάρτητα από την συσκευή με την οποία πραγματοποιείται η οπτικοποίηση της επαύξησης της πραγματικότητας.



Εικόνα 7α. Optical see-through display

(Krevelen & Poelman, 2010)



Εικόνα 7β. Video see-through display

(Krevelen & Poelman, 2010)

Οι οπτικές συσκευές έχουν μια διάφανη οθόνη και επιτρέπουν στον χρήστη να δει το πραγματικό περιβάλλον έτσι όπως είναι, προβάλλοντας εικονικά αντικείμενα πάνω στην οθόνη. Οι συσκευές αυτές συνήθως κατασκευάζονται με την χρήση ενός ημιανακλαστικού κατόπτρου το οποίο μπορεί να αντανακλά και να μεταδίδει το φως. Με την σωστή τοποθέτηση μπροστά από το μάτι του χρήστη αντανακλά μια εικόνα από μια οθόνη υπολογιστή μέσα στο οπτικό του πεδίο επιτρέποντας όμως ταυτόχρονα το φως να περνά από τον περιβάλλοντα χώρο. Εάν για κάθε μάτι χρησιμοποιηθεί

το σύστημα του ημιανακλαστικού κατόπτρου τότε ο χρήστης μπορεί να βλέπει στερεοσκοπικά (Νικολαΐδης, 2003).

Οι βιντεοσυσκευές από την άλλη, αποκόπτουν τον χρήστη από το περιβάλλον, συνδυάζοντας την εικόνα από μια κάμερα που έχει ο χρήστης και γραφικά από έναν υπολογιστή. Η εικόνα του πραγματικού περιβάλλοντος που έχει ο χρήστης είναι ψηφιοποιημένη και υφίσταται επεξεργασία από τον υπολογιστή με την αντίστοιχη επαύξηση. Αν η κάμερα τοποθετηθεί σε κάποιο κοντινό σημείο του ματιού τότε η βιντεοσκοπημένη εικόνα θα προσεγγίζει την οπτική γωνία του χρήστη. Ενώ αν υπάρχει το σύστημα της κάμερας – οθόνης και στα δυο μάτια τότε ο χρήστης θα βλέπει στερεοσκοπικά (Νικολαΐδης, 2003). Ως βιντεοσυσκευές μπορούν να θεωρηθούν και η βιντεοκάμερα ή η φωτογραφική μηχανή του κινητού τηλεφώνου.

Το κάθε είδος των συσκευών απεικόνισης υπερτερεί σε ορισμένα σημεία σε σχέση με το άλλο. Έτσι σύμφωνα με (Νικολαΐδης, 2003) οι optical see-through displays σημειώνουν τα εξής πλεονεκτήματα (Πίνακας 1.):

	Optical see-through displays	Video see-through displays
Απλότητα	Η οπτική μίξη φθηνότερη και απλούστερη.	Η μίξη δυο βίντεο είναι δύσκολη. Υπάρχει πιθανότητα χρονικής παραμόρφωσης αν τα σήματα των βίντεο δεν είναι συγχρονισμένα. Λόγω της ψηφιοποίησης των εικόνων του πραγματικού κόσμου μπορεί να υπάρχει χρονική καθυστέρηση μεταξύ της πραγματικής εικόνας και της εικόνας που βλέπει ο χρήστης από την κάμερα.
Ανάλυση	Επειδή ο χρήστης βλέπει το πραγματικό περιβάλλον η εικόνα του δεν είναι υποβαθμισμένη.	Η «φυσικότητα» της εικόνας του πραγματικού περιβάλλοντος εξαρτάται από την ανάλυση της κάμερας η οποία πολύ πιθανόν να είναι μικρότερη από την αναλυτική ικανότητα του αμφιβληστροειδούς χιτώνα (retina) του ματιού.
Ασφάλεια	Σε περίπτωση βλάβης κάποιου τμήματος του συστήματος απεικόνισης δεν υπάρχει πρόβλημα στην φυσική όραση του περιβάλλοντος.	Μια βλάβη στο υλικό και η παύση λειτουργίας της συσκευής αποκόπτει τελείως τον τελείως από το περιβάλλον (για συσκευές HMD).

Μετατόπιση Οπτικού Πεδίου.	Δεν υπάρχει μετατόπιση οπτικού πεδίου.	Δεδομένου ότι η θέση των ματιών διαφέρει από την θέση που τοποθετούνται οι κάμερες δημιουργείται μετατόπιση σε αυτό που βλέπει από τις κάμερες σε σχέση με αυτό που συνήθιζε να βλέπει χωρίς την κάμερα.
----------------------------	--	--

Πίνακας 1. Τα πλεονεκτήματα των optical see-through συσκευών σε σχέση με τις συσκευές video see-through.

Ενώ τα πλεονεκτήματα των video see-through συσκευών συνοψίζονται ακολούθως (Πιν. 2):

	Video see-through displays	Optical see-through displays
Ευελιξία στην σύνθεση	Η επεξεργασία και η σύνθεση αντικειμένων είναι ευκολότερη λόγω της ψηφιακής μορφής του πραγματικού και του εικονικού περιβάλλοντος.	Δεν αποκρύπτονται πλήρως τα πραγματικά αντικείμενα από τα εικονικά λόγω της κατασκευής της συσκευής. Το φως από το περιβάλλον διαπερνά και τα εικονικά αντικείμενα φαίνονται ημιδιαφανή, που επιδρά στην πιστότητα και στην ρεαλιστική απεικόνιση του αντικειμένου.
Χρονική καθυστέρηση	Οι χρονικές διαφορές μεταξύ των πραγματικών και των εικονικών σκηνών μπορούν απαλειφθούν λόγω καθυστέρησης στην σύλληψη πραγματικής εικόνας από την βιντεοκάμερα και του χρόνου που χρειάζεται για την επεξεργασία του εικονικού αντικειμένου. Έτσι οι δύο σκηνές προβάλλονται ταυτόχρονα και συγχρονισμένα.	Δεν υπάρχει χρονοκαθυστέρηση στην σύλληψη του πραγματικού κόσμου, και έτσι χρειάζεται ένα χρονικό περιθώριο για να εμφανιστεί το εικονικό αντικείμενο.
Συντονισμός (registration)	Με ειδικές τεχνικές επεξεργασίας της ψηφιοποιημένης εικόνας του περιβάλλοντος αντλούνται επιπλέον πληροφορίες για την διαδικασία του συντονισμού εικονικού και πραγματικού περιβάλλοντος	Ο συντονισμός του εικονικού περιβάλλοντος με το πραγματικό σε ένα οπτικό σύστημα εξαρτάται μόνο από την τοποθεσία του χρήστη και την θέση του κεφαλιού. Δεν υπάρχει κάποια άλλη επεξεργασία για καλύτερο αποτέλεσμα στην σύνθεση εικονικού και πραγματικού.

Αντίθεση και φωτεινότητα	Επειδή και τα δυο είδη αντικειμένων προβάλλονται από την ίδια συσκευή απεικόνισης έχουν το ίδιο εύρος φωτεινότητας και έτσι τα σκοτεινά και τα φωτεινά αντικείμενα δεν διαφέρουν πολύ μεταξύ τους.	Τα εικονικά αντικείμενα δεν είναι ευδιάκριτα όταν το φυσικό φως είναι δυνατό ή υπάρχει χαμηλός φωτισμός.
--------------------------	--	--

Πίνακας 2. Τα πλεονεκτήματα των video see-through συσκευών σε σχέση με τις συσκευές optical see-through.

Μια άλλη κατηγορία οπτικών see-through συσκευών είναι οι visual retinal scanning displays (Εικ. 8). Είναι συσκευές που σχηματίζουν εικόνες απευθείας πάνω στον αμφιβληστροειδή του ματιού χρησιμοποιώντας λέιζερ χαμηλής ενέργειας. Με αυτόν τον τρόπο απαλείφεται το μειονέκτημα των οπτικών συσκευών απεικόνισης που αφορά προβλήματα χαμηλής φωτεινότητας και η ανάλυση που πετυχαίνεται είναι πολύ υψηλή. Οι συσκευές αυτές έχουν χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και είναι κατάλληλες για εκτεταμένη εξωτερική χρήση (Krevelen & Poelman, 2010).



Εικόνα 8. Retinal scanning display (Krevelen & Poelman, 2010)

2.3.2 Φορητές συσκευές απεικόνισης (Hand-Held Displays)

Στις φορητές συσκευές ανήκουν οι επίπεδες οθόνες LCD που έχουν μια ενσωματωμένη κάμερα και παρέχουν την επαύξηση της σκηνής. Ο πραγματικός κόσμος προβάλλεται μέσω κάμερας μαζί με τα εικονικά αντικείμενα και έτσι ο χρήστης παρατηρεί τον συνδυασμό του πραγματικού με το εικονικό στην οθόνη (Νικολαΐδης, 2003). Και στην περίπτωση φορητών συσκευών υπάρχουν οπτικές και βιντεοσκοπικές see-through συσκευές. Οι πιο συνηθισμένες πλέον βιντεοσυσκευές απεικόνισης είναι τα κινητά τηλέφωνα με ενσωματωμένη κάμερα και οι ταμπλέτες. Είναι όμως δυνατή η απεικόνιση και σε άλλες συσκευές που διαθέτουν κάμερα.



Εικόνα 9. Φορητές συσκευές απεικόνισης optical see-through hand-held (Krevelen & Poelman, 2010)



Εικόνα 10. Φορητές συσκευές απεικόνισης video see-through hand-held (Schmalstieg, et al., 2007)

2.3.3 Προβολικές συσκευές απεικόνισης (*Projective displays*)

Οι προβολικές συσκευές δείχνουν την εικονική πληροφορία απευθείας πάνω στα φυσικά αντικείμενα. Αυτό μπορεί να γίνει με έναν συνηθισμένο προβολέα (projector) και ως αποτέλεσμα να μεταβληθεί οπτικά το αντικείμενο στο οποίο γίνεται η προβολή. Άλλη μια περίπτωση χρήσης αυτή τη φορά πολλαπλών προβολικών μηχανημάτων σε έναν χώρο (π.χ. ένα δωμάτιο) είναι όταν καταγράφοντας με τις κάμερες το πραγματικό περιβάλλον και προβάλλοντας τον συνδυασμό πραγματικού – εικονικού, ο χρήστης αντιλαμβάνεται αρκετά ρεαλιστική επαύξηση της πραγματικότητας αφού οι προβολείς καλύπτουν μεγάλες επιφάνειες τοίχων, χρησιμοποιώντας αυτόματους προβολικούς μηχανισμούς ώστε να μεταβάλλεται η κάλυψη, η εστίαση κλπ (Νικολαΐδης, 2003) (Azuma, et al., 2001).



Εικόνα 11. Head mounted και Hand held προβολικές συσκευές απεικόνισης (Krevelen & Poelman, 2010)

2.3.4 Η διαδικασία της επαύξησης

Από την σύλληψη μιας σκηνής έως το τελικό αποτέλεσμα της εμπλουτισμένης σκηνής μεσολαβούν ορισμένα στάδια. Το πρώτο στάδιο αφορά την σύλληψη της σκηνής με τις video-through ή see-through συσκευές. Ένα σύστημα AR θα πρέπει να μπορεί να ανιχνεύσει το περιβάλλον και να συντονιστεί με την κίνηση του χρήστη με 6 βαθμούς ελευθερίας - 6DOF: 3 μεταβλητές για την θέση (x,y,z) και 3 γωνίες για προσανατολισμό (yaw, pitch, roll) (Krevelen & Poelman, 2010).

Στη συνέχεια θα πρέπει να γίνει ο ακριβής εντοπισμός (tracking) της θέσης και του προσανατολισμού του χρήστη στο πραγματικό περιβάλλον. Υπάρχουν διάφορες τεχνικές εντοπισμού σκηνής, που είναι και το κλειδί της τεχνολογίας. Οι δύο βασικότεροι μηχανισμοί είναι: marker-based και non marker-based. Στην πρώτη περίπτωση το σύστημα AR αναγνωρίζει κάποιες οπτικές ετικέτες (ή markers) που έχουν τοποθετηθεί μέσα στο περιβάλλον της πραγματικής σκηνής. Με τον τρόπο των markers η αναγνώριση της σκηνής είναι γρήγορη και η τεχνική αυτή αν και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κινητό περιβάλλον, εφαρμόζεται περισσότερο σε κλειστό περιβάλλον. Από την άλλη πλευρά, στην non marker-based τεχνική ένα AR σύστημα αντί των οπτικών ετικετών, χρησιμοποιεί τρεις διαφορετικούς μηχανισμούς εντοπισμού σκηνής. Ο πρώτος τρόπος είναι η αναγνώριση εικόνας (image recognition) όπου η σκηνή εντοπίζεται μέσω μιας εικόνας ή ενός βίντεο. Στην δεύτερη περίπτωση έχουμε εντοπισμό ανάλογα την γεωγραφική τοποθεσία (geopositioning), όπου η σύλληψη της σκηνής γίνεται με την θέση και τον προσανατολισμό της συσκευής που χρησιμοποιείται. Η μέθοδος αυτή είναι απλούστερη από την προηγούμενη όμως είναι πιο επιρρεπείς σε σφάλματα σε κλειστούς χώρους. Τέλος, υπάρχει και ο υβριδικός (hybrid) μηχανισμός σύλληψης της σκηνής όπου γίνεται ο συνδυασμός των δυο μεθόδων (López, et al., 2010).

Όταν επιτευχθεί η σύλληψη και ο εντοπισμός της σκηνής αρχίζει η ανάμειξη ή ο εμπλουτισμός της με τις εικονικές/ψηφιακές πληροφορίες. Υπάρχουν βιβλιοθήκες γραφικών ανοιχτού λογισμικού για υπολογιστικό ή smartphone περιβάλλον οι οποίες περιέχουν ψηφιακές πληροφορίες σε μορφή δυο ή τριών διαστάσεων (2D ή 3D) και επιτρέπουν την ανάμειξη των εικονικών και πραγματικών πληροφοριών. Μια από τις βιβλιοθήκες για υπολογιστικό περιβάλλον είναι η OpenGL (βλ. Κεφ. 3), ενώ για τα smartphone οι βιβλιοθήκες γραφικών εξαρτώνται από τον κατασκευαστή (López, et al., 2010).

Το τελευταίο στάδιο της διαδικασίας είναι η οπτικοποίηση (visualization) της επαυξημένης σκηνής και η απεικόνισή της στην συσκευή του χρήστη.

Ένα από τα σημαντικά προβλήματα που παρουσιάζεται στην δημιουργία επαυξημένης σκηνής έχει να κάνει με τον συντονισμό ή την ευθυγράμμιση (registration) του εικονικού και του πραγματικού περιβάλλοντος. Αποτελεί τον πιο βασικό περιορισμό στις εφαρμογές επαυξημένης

πραγματικότητας, καθώς η ψευδαίσθηση συνύπαρξης πραγματικού και εικονικού κόσμου στηρίζεται στην απόλυτη ευθυγράμμιση των δύο κόσμων.

Η επίλυση του προβλήματος αυτού γίνεται δυσκολότερη λόγω της ευαισθησίας του ανθρώπινου οπτικού συστήματος καθώς και της αλληλεπίδρασης του χρήστη με το εικονικό αντικείμενο. Ένα σύστημα επαυξημένης πραγματικότητας δεν μπορεί να ελέγχει την κίνηση του χρήστη αλλά πρέπει να ανταποκρίνεται με σωστή απεικόνιση σε χρονικό διάστημα μη αντιληπτό απ' αυτόν. Λόγω της απαίτησης για υψηλή ακρίβεια και των πολλαπλών πηγών σφαλμάτων τα σφάλματα ευθυγράμμισης δεν μπορούν να ελεγχθούν επαρκώς. Οι πηγές σφαλμάτων μπορούν να διαχωριστούν σε δύο κατηγορίες (Azuma, 1997):

1. Στατικά σφάλματα, τα οποία προκαλούν απόκλιση της ευθυγράμμισης των περιβαλλόντων ακόμα και όταν η θέση του χρήστη ή το πραγματικό περιβάλλον δεν μεταβάλλονται καθόλου. Οφείλονται σε οπτική στρέβλωση των εικόνων λόγω κατασκευαστικών ατελειών της κάμερας, ή οποία αντιμετωπίζεται με τεχνικές βαθμονόμησης (calibration). Επίσης μπορεί να οφείλονται σε σφάλματα του συστήματος εκτίμησης της θέσης του χρήστη, τα οποία αποτελούν και τα πιο σημαντικά στατικά σφάλματα.
2. Δυναμικά σφάλματα, τα οποία γίνονται αντιληπτά μόνο κατά τη μεταβολή του πραγματικού χώρου ή της θέσης του χρήστη και τα οποία οφείλονται σε καθυστερήσεις του συστήματος να προβάλλουν τη σωστή θέση και προσανατολισμό του εικονικού αντικειμένου τη σωστή χρονική στιγμή σε σχέση με το πραγματικό περιβάλλον. Για να αντιμετωπιστούν τέτοια σφάλματα υιοθετούνται τεχνικές μείωσης της καθυστέρησης του συστήματος, τεχνικές ταύτισης των καναλιών πραγματικής-εικονικής σκηνής πριν παρουσιαστούν στο χρήστη καθώς και τεχνικές εκτίμησης μελλοντικής θέσης του χρήστη για καλύτερη απόκριση του συστήματος.

2.4 Διαφορές και ομοιότητες Εικονικής και Επαυξημένης

Πραγματικότητας

Η εικονική πραγματικότητα είναι μια τεχνολογία που επιτρέπει στον χρήστη να αλληλεπιδρά με ένα περιβάλλον που έχει παραχθεί με την βοήθεια του υπολογιστή. Σύμφωνα με τους Fitzgerald και Riva (Fabri, et al., 2008), η εικονική πραγματικότητα βασίζεται στο γεγονός ότι ένας υπολογιστής μπορεί να συνθέσει ένα 3D αντικείμενο από αριθμητικά δεδομένα. Ο χρήστης από την πλευρά του, χρησιμοποιώντας συσκευές εξόδου ήχου και εικόνας, μπορεί να βιώσει το εικονικό περιβάλλον σαν να ήταν μέρος του πραγματικού κόσμου. Ο κόσμος που παράγεται από τον υπολογιστή μπορεί να είναι είτε ένα μοντέλο του πραγματικού κόσμου όπως ένα αντικείμενο, είτε ένας αφηρημένος κόσμος που ο άνθρωπος δεν τον αισθάνεται αλλά τον κατανοεί όπως ένα χημικό μόριο, είτε ένας εντελώς φανταστικός κόσμος, προϊόν επιστημονικής φαντασίας.

Η επαυξημένη πραγματικότητα μπορεί να θεωρηθεί μια συγκεκριμένη επέκταση της εικονικής. Η αντίληψη του χρήστη για τον κόσμο του επαυξάνεται με εικονικά αντικείμενα που παρέχουν πρόσθετα στοιχεία/πληροφορίες σχετικά με το πραγματικό περιβάλλον.

Αν και παρόμοιες και συναφείς και ως τεχνολογίες και ως ιδέες, η εικονική και η επαυξημένη πραγματικότητα είναι δυο έννοιες με αρκετές διαφορές. Η εικονική πραγματικότητα στοχεύει στην δημιουργία μιας ψευδαίσθησης στον χρήστη ότι βρίσκεται στον κόσμο που παράγεται από τον υπολογιστή με πλήρη αποκοπή του από το γύρο περιβάλλον. Ο χρήστης θα πρέπει να αλληλεπιδρά με το εικονικό κόσμο με φυσικό τρόπο, δηλαδή να βλέπει τις σωστές αλλαγές του τοπίου όταν στρέφει το κεφάλι του, να μπορεί να χρησιμοποιεί κάποιο εικονικό αντικείμενο και η διαχείριση και η μεταβολή των τρισδιάστατων εικόνων θα πρέπει να γίνονται σε πραγματικό χρόνο ανάλογα με το οπτικό πεδίο του χρήστη. Στην εικονική πραγματικότητα ο χρήστης βυθίζεται εντελώς στον κόσμο στον οποίο δρα (Fabri, et al., 2008).

Η τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας στόχο έχει την απόλυτη ενσωμάτωση και συγχώνευση του πραγματικού και του εικονικού περιβάλλοντος με δυνατότητα επίδρασης σε όλες τις αισθήσεις του χρήστη, προωθώντας έτσι την τοπική εικονικότητα (local virtuality) (Krevelen & Poelman, 2010).

Με βάση τα παραπάνω εντοπίσουμε ορισμένες σημαντικές διαφορές και ομοιότητες ανάμεσα στις δυο τεχνολογίες, σε σχέση με τον στόχο της κάθε μίας τεχνολογίας, με τις δυσκολίες ή τα προβλήματα στα οποία θα πρέπει να δοθούν λύσεις όπως επίσης και σε ότι αφορά την απεικόνιση του περιβάλλοντος και την επίδραση αυτού στον χρήστη. Και οι δυο τεχνολογίες βασίζονται στην αλληλεπίδραση με τον χρήστη, είναι συναρπαστικές και έχουν να κάνουν με την ευαισθησία των πληροφοριών σε ότι αφορά τον τρόπο που τις εκλαμβάνει ο χρήστης. Οι διαφορές των δυο τεχνολογιών παρουσιάζονται στον Πίνακα 3 που ακολουθεί.

Τεχνολογία Κριτήρια	Εικονική Πραγματικότητα	Επαυξημένη Πραγματικότητα
Στόχος	Περιβάλλον αποκλειστικά ελεγχόμενο και κατασκευασμένο από τον υπολογιστή χωρίς την αίσθηση του πραγματικού περιβάλλοντος από τον χρήστη.	Συνδυασμός εικονικού και πραγματικού κόσμου με τελικό στόχο ο χρήστης να μην μπορεί να διακρίνει την διαφορά μεταξύ του πραγματικού κόσμου και της επαύξησης των σκηνών που βλέπει.
Δυσκολίες / Προβληματισμοί	Ρεαλιστική απεικόνιση ενός κόσμου που είτε υπάρχει, είτε	Συνδυασμός του αληθινού και του εικονικού κόσμου με αρμονία

	υπάρχει αλλά δεν είναι αντιληπτός από τον χρήστη με γυμνό μάτι αλλά αποδεκτός (π.χ. μικρόκοσμος), είτε απόλυτα φανταστικός.	χωρίς να υπάρχουν ατέλειες (registration problem).
Απεικόνιση του περιβάλλοντος χρήστη	Πλήρη αποκοπή του χρήστη από το εξωτερικό περιβάλλον. Υψηλές απαιτήσεις σε ότι αφορά τον εξοπλισμό για παραγωγή ρεαλιστικών σκηνών, κοντά στο πραγματικό κόσμο.	Ο χρήστης βλέπει τις επιπλέον πληροφορίες πάνω στον πραγματικό κόσμο που τον εμπλουτίζουν. Δεν απαιτείται απόλυτα ρεαλιστική απόδοση των εικονικών στοιχείων.
Συσκευές απεικόνισης	Έγχρωμες συσκευές υψηλών τεχνικών απαιτήσεων για καλύτερη αναπαράσταση του εικονικού περιβάλλοντος	Συσκευές με χαμηλές απαιτήσεις (π.χ. μονόχρωμη οθόνη επαρκεί για κάποιες εφαρμογές). Οπτικά see-through HDMs με μικρό οπτικό πεδίο, αφού ο χρήστης δεν αποκόπτεται από το πραγματικό οπτικό περιβάλλον του. Γενικά οι απαιτήσεις συσκευών σε κάθε περίπτωση έχουν να κάνουν με την εφαρμογή AR.
Εντοπισμός και ανίχνευση (tracking and sensing)	Δεν υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις.	Υψηλές απαιτήσεις για εντοπισμό και ανίχνευση αντικειμένων στο πραγματικό περιβάλλον για την ακριβή ενσωμάτωση της εικονικής πληροφορίας.

Πίνακας 3. Διαφορές εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας.

2.5 Εφαρμογές Επαυξημένης Πραγματικότητας

Η επαυξημένη πραγματικότητα αποτελεί μια σημαντική πτυχή της τεχνολογίας του επιστημονικού πεδίου της πληροφορικής η οποία καταλαμβάνει όλο και περισσότερο έδαφος σε πολλούς τομείς της επαγγελματικής αλλά και της καθημερινής μας ζωής. Αρχικά χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες του στρατού, στον τομέα της βιομηχανίας και των κατασκευών. Η επαύξηση της πραγματικότητας εισήγαγε καινούριους τρόπους και δυνατότητες αντιμετώπισης διαφόρων περιστατικών στην

επιστήμη της ιατρικής. Σε ότι αφορά την ενημέρωση ή την διαφήμιση προσφέρει ελκυστικούς τρόπους στο κοινό με αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα. Οι εφαρμογές στον χώρο του πολιτισμού αλλά και σε ότι αφορά τον τουρισμό συγκεντρώνουν πολλές θετικές απόψεις. Σημαντική βοήθεια παρέχει επίσης και στον χώρο της εκπαίδευσης διότι προσελκύει το ενδιαφέρον των εκπαιδευομένων εισάγοντας νέους τρόπους διδασκαλίας. Παραδείγματα εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας περιγράφονται παρακάτω ανά τομέα.

2.5.1 Διαφήμιση

Οι εταιρίες σήμερα αναζητούν νέους τρόπους διαφήμισης των προϊόντων τους έτσι ώστε να προσελκύσουν το αγοραστικό κοινό. Έτσι πληθώρα εφαρμογών AR έχει αναπτυχθεί, όπου εικονικά αντικείμενα χρησιμοποιούνται για τις προωθητικές ενέργειες. Για παράδειγμα, παρουσίαση AR εικονικού αυτοκινήτου σε πραγματικό μέγεθος σε εμπορικό κέντρο, παιχνίδια που «φαίνονται» μέσα από την μη διάφανη συσκευασία τους στους «εικονικούς καθρέφτες», πολλές φορές με ενσωματωμένα 3D κινούμενα σχέδια, ακόμη «εικονικά δοκιμαστήρια» ρούχων και αξεσουάρ με κοινοποίηση της εμπειρίας των πελατών στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης (Yuen, et al., 2011).

Ένα ακόμη τρόπος αξιοποίησης της τεχνολογίας στον χώρο της διαφήμισης είναι η χρήση των QR Codes. Είναι μια διαφορετική μορφή barcodes, η ονομασία της οποίας προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων «Quick Response» που σημαίνει Γρήγορη Ανταπόκριση.

Το QR code είναι ένας κωδικός δυο διαστάσεων και σύμφωνα με το πρότυπο ISO μπορεί να κωδικοποιήσει πληροφορίες όπως κείμενο, διεύθυνση URL, εικόνα ή άλλο είδος με 7809 αριθμητικά ψηφία, 4296 αλφαριθμητικούς χαρακτήρες και 2953 Bytes (Rouillard, 2008) (Yoon, et al., 2011). Ένα QR code περιέχει metadata που πληροφορούν για το περιεχόμενο που θα εμφανιστεί όταν ο κωδικός σαρωθεί από μία συσκευή (Yoon, et al., 2011). Οι κωδικοί αυτοί υπάρχουν και χρησιμοποιούνται σε πολλές συσκευασίες τροφίμων, σε καταλόγους καταστημάτων εστίασης, σε ετικέτες προϊόντων ένδυσης, σε βιβλία, σε διαφημιστικά φυλλάδια κ.α. Η εμφάνιση της πληροφορίας που περιέχεται στο QR code γίνεται με κατάλληλη εφαρμογή στο smartphone με χρήση της κάμερας (Εικ.12).

Metadata	Sample QR Code	Application Example
ID = TEST PML = 1.2 QL = 4.5 Author = U-VR Type = PNG URL = cti.gist.ac.kr/feature9/ Text = Hong Gil-Dong Position = 0.0,15.0,0.0		

Εικόνα 12. Παράδειγμα QR Code. (Yoon, et al., 2011)

2.5.2 Εκπαίδευση

Η επαυξημένη πραγματικότητα προσφέρει τεράστιες δυνατότητες στον χώρο της εκπαίδευσης και της εκμάθησης ενισχύοντας τους τρόπους διδασκαλίας με την διαμόρφωση ενός ελκυστικού εκπαιδευτικού περιβάλλοντος που παρακινεί τον εκπαιδευόμενο να συμμετέχει ενεργά, να αποκτήσει μια διαφορετική οπτική άποψη για το αντικείμενο που μαθαίνει. Ενεργοποιεί την δημιουργικότητα και την φαντασία αλλά στηρίζει και την συνεργατικότητα με τον εκπαιδευτή αλλά και ανάμεσα στους εκπαιδευόμενους.

Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί το εργαλείο Construct3D που κατασκεύασε ο Kaufmann στο εργαστήριό του και το χρησιμοποίησε στην γεωμετρία. Το Construct3D χρησιμοποιεί επαυξημένη πραγματικότητα για να δημιουργήσει τρισδιάστατα γεωμετρικά σχήματα (Εικ. 13) και στοχεύει όχι μόνο στην ευκολότερη εκμάθηση αυτών αλλά και στην βελτίωση των χωρικών δεξιοτήτων, ενός σημαντικού συστατικού της ανθρώπινης νοημοσύνης. Το σύστημα παρέχει πρόσωπο με πρόσωπο συνεργασία του εκπαιδευτή με τον εκπαιδευόμενο. Το πλεονέκτημα είναι ότι οι εργασίες γίνονται σε 3D χώρο και η κατανόηση των χωρικών σχέσεων και προβλημάτων είναι καλύτερη και ταχύτερη σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους εκμάθησης (Kaufmann, 2002).



Εικόνα 13. Construct3D (Kaufmann, 2002)

Η επαυξημένη πραγματικότητα αποδεικνύεται ως κατάλληλη τεχνολογία για την εκπαίδευση τόσο των ιατρών όσο και των μηχανικών και αρχιτεκτόνων με την δημιουργία συστημάτων προσομοίωσης (Yuen, et al., 2011). AR E-learning, AR Books και AR Gaming με την χρήση 3D αντικειμένων δημιουργούν ευχάριστο περιβάλλον εκμάθησης και δρουν θετικά στην συγκέντρωση, την προσοχή και την γενικότερη απόδοση του εκπαιδευόμενου. Οι εφαρμογές AR για την εκπαίδευση αναπτύσσονται με γρήγορους ρυθμούς, παραδείγματα αυτών υπάρχουν και είναι διαθέσιμα στο διαδίκτυο (TeachThought, n.d.).

2.5.3 Ιατρική

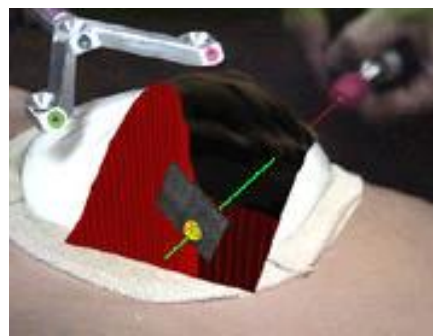
Εφαρμογές AR στον τομέα της υγείας παίζουν σημαντικό ρόλο τόσο στην εκπαίδευση νέων ιατρών όσο και σε περιπτώσεις χειρουργικών επεμβάσεων. Με κατάλληλες ιατρικές μη επεμβατικές μεθόδους (μαγνητική τομογραφία, υπολογιστική σαρωτική τομογραφία, απεικόνιση με υπέρηχος)

είναι δυνατή η συλλογή 3D δεδομένων του ασθενή σε πραγματικό χρόνο με αποτέλεσμα να δοθεί στον ιατρό μια «όψη ακτίνων X» της εσωτερικής κατάστασης του ασθενή (Azuma, 1997). Με τις εφαρμογές AR τα δεδομένα αυτά αξιοποιούνται κατάλληλα και εξετάζονται από τους ιατρούς με σκοπό την γνώση της ανατομίας του ασθενή πριν την επέμβαση. Έτσι κατά την διάρκεια της επέμβασης μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα στοιχεία αυτά με παραγωγή εικονικού ειδώλου της περιοχής σε πραγματικό χρόνο, με αποτέλεσμα να αποφεύγονται μεγάλα τραύματα, η διαδικασία της επέμβασης καθίσταται ευκολότερη και οι τομές γίνονται μικρότερες (Yuen, et al., 2011).

Σε ότι αφορά την εκπαίδευση στον τομέα της ιατρικής με την επαυξημένη πραγματικότητα ένας αρχάριος χειρουργός θα μπορούσε να έχει έναν εικονικό οδηγό με τα απαιτούμενα βήματα χωρίς να χρειαστεί να απομακρυνθεί από τον ασθενή την ώρα της επέμβασης. Πολλές ακόμη εφαρμογές όπως παρακολούθηση της κατάστασης του εμβρύου σε μια εγκυμοσύνη (Εικ. 14) ή συλλογή δείγματος για βιοψία σε περίπτωση κάποιου όγκου (Εικ. 15) πραγματοποιούνται ευκολότερα με την χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας (Azuma, 1997).



Εικόνα 14. Παρακολούθηση κατάσταση εμβρύου (Azuma, 1997)



Εικόνα 15. Διαδικασία συλλογής δείγματος για βιοψία (Azuma, 1997)

2.5.4 Κατασκευές/Επισκευές

Μια ακόμη κατηγορία εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας είναι κατασκευή, συντήρηση και επισκευή διαφόρων πολύπλοκων μηχανημάτων. Για παράδειγμα, αν οι οδηγίες συναρμολόγησης εκτός από κείμενα και εικόνες ήταν διαθέσιμες σε 3D σχέδια που να δείχνουν βήμα – βήμα την διαδικασία που πρέπει να γίνει περιλαμβάνοντας και κίνηση τότε η εργασία θα ολοκληρώνονταν πολύ πιο εύκολα και γρήγορα (Yuen, et al., 2011).

Ένα άλλο παράδειγμα που μπορεί να εφαρμοστεί συνεργατικά, είναι η περίπτωση της ομαδικής εργασίας μηχανικών σε διαφορετικά σημεία του πλανήτη πάνω στο ίδιο μοντέλο. Ο καθένας βλέπει την απεικόνιση του μοντέλου μαζί με τις τροποποιήσεις που προτείνει η ομάδα σε πραγματικό χρόνο (Νικολαΐδης, 2003).

Στο πανεπιστήμιο Columbia δημιουργήθηκε ένα πρωτότυπο σύστημα που αφορά στη συντήρηση ενός εκτυπωτή laser. Στις Εικόνες 16 και 17 φαίνεται τι βλέπει ένας χρήστης, όταν πρέπει να μετακινήσει τη θήκη του χαρτιού σε αυτόν τον εκτυπωτή. Παράλληλα, ένας συντηρητής θα μπορεί

να δει κάποιο ελαττωματικό εξάρτημα με έντονο χρώμα, σε σχέση με τα υπόλοιπα, ενώ δίπλα θα εμφανίζονται οι τεχνικές προδιαγραφές του. Ακόμα, η επαυξημένη πραγματικότητα θα μπορούσε να διευκολύνει ηλεκτρικές ή υδραυλικές εργασίες σε ένα κτίριο, καθώς θα παρέχει τη δυνατότητα να φαίνεται τι υπάρχει κρυμμένο πίσω από ένα συγκεκριμένο τμήμα του τοίχου. Στην εταιρεία Boeing οι τεχνικοί χρησιμοποιούν AR τεχνολογία για την κατασκευή του ηλεκτρικού συστήματος ενός αεροπλάνου. Οι οδηγίες τοποθετούνται στο πάτωμα του εργοστασίου και είναι ορατές από τους τεχνικούς με τον κατάλληλο εξοπλισμό. Σε διαφορετική περίπτωση, οι οδηγίες απεικονίζονται σε μεγάλες σανίδες (Εικ. 18), και χρειάζεται αρκετός χώρος για την αποθήκευση όλων αυτών. Έτσι με την AR μειώνεται το κόστος κατασκευής και εξοικονομείται και χώρος που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για κάποιο άλλο σκοπό (Azuma, 1997).



Εικόνα 16. Η εξωτερική όψη (Azuma, 1997)



Εικόνα 17. Η εικόνα που βλέπει ο χρήστης (Azuma, 1997)



Εικόνα 18. Απεικόνιση οδηγιών της εταιρείας Boeing. (Azuma, 1997)

2.5.5 Παιχνίδια

Εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας δεν θα μπορούσαν να λείπουν από τον χώρο της ψυχαγωγίας και ιδιαίτερα από τον χώρο των παιχνιδιών. Μια πλατφόρμα στρατιωτικής προσομοίωσης που δημιούργησαν οι Piekarski και Thomas (Thomas, et al., 2002) με το ARToolKit αποτελεί ένα παράδειγμα μιας τέτοιου είδους εφαρμογής με την ονομασία “ARQuake”. Στο παιχνίδι, κινητοί χρήστες με τον κατάλληλο εξοπλισμό (Εικ. 19) καταπολεμούν εικονικούς

εχθρούς (Εικ. 20) στο πραγματικό περιβάλλον. Για τον εντοπισμό των εικονικών αντικειμένων χρησιμοποιήθηκαν GPS, digital compass και fiducial markers (Εικ. 21).



Εικόνα 19. Εξοπλισμός (Thomas, et al., 2002)



Εικόνα 20. Εικονικό αντικείμενο (Thomas, et al., 2002)



Εικόνα 21. Fiducial marker σε κτίριο (Thomas, et al., 2002)

Μια σειρά παιχνιδιών για εσωτερικούς χώρους έχει αναπτυχθεί επίσης. Παραδείγματα αυτών είναι “Aqua-Gauntlet”, “ContactWater”, “ARHockey”, “2001 AR Odyssey” και άλλα (Krevelen & Poelman, 2010).

2.5.6 Στρατός

Ο στρατός θεωρείται από τους πρωτοπόρους οργανισμούς σε ότι αφορά τις δαπάνες στις νέες τεχνολογίες είτε αυτές αφορούν σε πολεμικό εξοπλισμό είτε σε τεχνολογίες επικοινωνιών. Εξάλλου είναι γνωστό ότι και το διαδίκτυο από τον στρατό ξεκίνησε, εξαπλώθηκε και έγινε ένα από τα απαραίτητα κομμάτια της καθημερινότητάς μας. Μεταξύ άλλων, και η επαυξημένη πραγματικότητα είναι μια τεχνολογία που χρησιμοποιείται στον στρατό αρκετά χρόνια τώρα για τις ανάγκες επικοινωνίας, πλοήγησης, αναγνώρισης εχθρικών τοποθεσιών, αποστολής χαρτών, ενέργειες που γίνονται σε πραγματικό χρόνο.

Οι περισσότεροι γνωστές στρατιωτικές εφαρμογές AR περιλαμβάνουν τα κράνη HMDs που φοριούνται από τους πιλότους ελικοπτέρων και χρησιμοποιούνται για την πληροφόρηση σχετικά με την γεωγραφική περιοχή, την τοποθεσία του εχθρού, την λήψη οδηγιών. Τέτοιου είδους πληροφορίες είναι δυνατόν να αναπαριστούν και στο παρμπρίζ του πιλοτηρίου ή οχημάτων. Τα στρατιωτικά κράνη κατασκευάζονται με ενσωματωμένο υπολογιστικό εξοπλισμό, κάμερα 360 μοιρών, υπέρυθρους αισθητήρες, στερεοσκοπική κάμερα και ημιδιάφανο γυαλί – οθόνη. Φορώντας το κράνος, οι στρατιώτες μπορούν να έρθουν στην επικοινωνήσουν με το κέντρο και την υπόλοιπη ομάδα αφού υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης του κράνος με ένα δίκτυο υψηλής ταχύτητας και ανταλλαγή πληροφοριών με τον κεντρικό διακομιστή. Διάφορα αντικείμενα και άνθρωποι σκιαγραφούνται με διαφορετικά χρώματα για να μπορέσουν οι στρατιώτες να ξεχωρίσουν τα φιλικά από τα εχθρικά σημεία και γενικά να ενημερώνονται για πολλές κρίσιμες πληροφορίες ακόμη σε 3D μορφή. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας επαυξημένης πραγματικότητας έφερε

σημαντικές αλλαγές και έτσι εκτός από την αναγνώριση εχθρικών ενεργειών έχει αλλάξει όλη η όψη της στρατιωτικής μάχης (Yuen, et al., 2011).

2.5.7 Ταξίδια και Τουρισμός

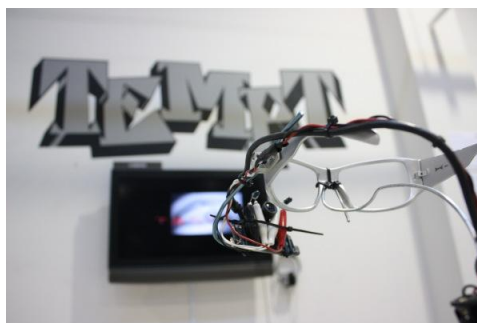
Η τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας έχει την δυνατότητα παροχής εμπειρίας πλοήγησης στον χρήστη στον πραγματικό κόσμο. Ένα μεγάλο μέρος του πληθυσμού ήδη χρησιμοποιεί τα συστήματα GPS στην οδήγηση και την αναζήτηση τοποθεσιών. Επίσης με την χρήση των κοινωνικών δικτύων γνωστοποιούνται στοιχεία της πραγματικής τοποθεσίας, των ενδιαφερόντων και των δραστηριοτήτων των χρηστών. Με την τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας οι υπηρεσίες αυτές θα μπορούσαν να είναι ορατές ως εικονικά σημεία, γραφικές απεικονίσεις, κατευθυντήριες γραμμές και διάφοροι άλλοι τρόποι. Πέρα από την απλή αισθητηριακή επέκταση αυτών των υφιστάμενων υπηρεσιών, η επαυξημένη πραγματικότητα μπορεί να οδηγήσει σε νεότερα, περισσότερο ολοκληρωμένα περιβάλλοντα όπου στους χρήστες δίνονται τουριστικές (κοινωνικές/ιστορικές) ή επαγγελματικές (τοποθεσία/ υπηρεσίες) πληροφορίες σχετικές με το σημείο το οποίο βρίσκονται. Αυτό επιτυγχάνεται απλά με την ενεργοποίηση του GPS στο smartphone του χρήστη ή όταν υποβληθεί ένα ερώτημα μέσω ενός εικονικού στιγμιότυπου με την χρήση της κάμερας του smartphone (Yuen, et al., 2011).

2.5.8 Τέχνες και Πολιτισμός

Η επαυξημένη πραγματικότητα μπορεί να ενσωματωθεί σε καλλιτεχνικές εφαρμογές που επιτρέπουν στους καλλιτέχνες να δημιουργήσουν έργα τέχνης σε πραγματικό χρόνο πάνω από το πραγματικό έργο τους, όπως τη ζωγραφική, σχέδιο, μοντελοποίηση, κλπ. Ένα τέτοιο παράδειγμα του φαινομένου αυτού ονομάζεται Eyewriter που αναπτύχθηκε το 2009 από τον Zach Lieberman και μια ομάδα που σχηματίστηκε από τα μέλη της Free Art και Τεχνολογίας (FAT), OpenFrameworks και το Graffiti Research Lab για να βοηθήσει ένα graffiti καλλιτέχνη, ο οποίος έμεινε παράλυτος, να σχεδιάσει και πάλι (EyeWriter, n.d.).



Εικόνα 22. Ο εξοπλισμός (EyeWriter, n.d.)



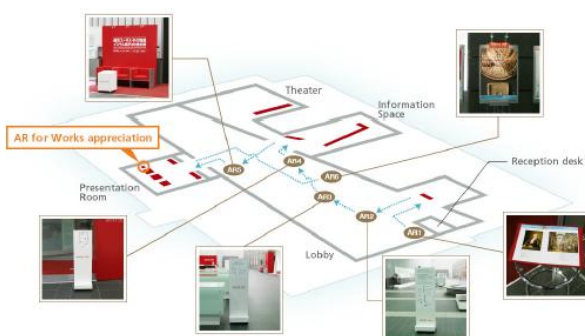
Εικόνα 23. AR Graffiti (EyeWriter, n.d.)

Το 2001 η τεχνολογία AR χρησιμοποιήθηκε στο έργο ARCHEOGUIDE που αναδομεί μια πολιτιστική κληρονομιά στην τοποθεσία της Αρχαίας Ολυμπίας στην Ελλάδα. Με το σύστημα αυτό

οι επισκέπτες μπορούν να δουν και να μάθουν την αρχαία αρχιτεκτονική και τα έθιμα της περιοχής (Dähne & Karigiannis, 2002) (Krevelen & Poelman, 2010).

Το 2008 μια ομάδα ερευνητών (Miyashita, et al., 15 -18 September 2008) δημιούργησε ένα σύστημα AR και το εφάρμοσε το Musée du Louvre. Το έργο διήρκησε τρία χρόνια και ο στόχος του ήταν η απόκτηση εμπειρίας με τις καινοτόμες πολυμεσικές προσεγγίσεις με σκοπό να φέρει σε επαφή τους επισκέπτες με τα έργα τέχνης. Το εργαστήριο του μουσείου αποτελείται από τρεις κύριους χώρους (Δωμάτιο Παρουσίασης, Χώρος Πληροφοριών, Θέατρο) και ένα Λόμπι (Εικ. 24).

Οι πληροφορίες που παρέχονται με τα εργαλεία πολυμέσων περιβάλλουν τα πραγματικά έργα τέχνης στην οθόνη, προσφέροντας στον επισκέπτη διάφορες πληροφορίες για αυτά τα έργα. Εκτός από τις πληροφορίες σχετικές με τα έργα τέχνης, άλλη μια λειτουργία του συστήματος είναι η καθοδήγηση του επισκέπτη στον εκθεσιακό χώρο με μια σειρά, έτσι ώστε να αποκτήσει κάποιες βασικές γνώσεις για τα έργα της έκθεσης. Η αποδοχή του συστήματος από τους επισκέπτες και οι μετέπειτα μελέτες έδειξαν ότι η τεχνολογία AR που χρησιμοποιείται σε ένα σύστημα καθοδήγησης μπορεί να βοηθήσει τους εύρεση της καταλληλότερης διαδρομής μέσα στους χώρους του μουσείου, και πώς αυτό διευκολύνει ή εμβαθύνει την κατανόηση των έργων τέχνης.



Εικόνα 24. Το σχέδιο του Εργαστηρίου του μουσείου με τους σταθμούς καθοδήγησης (Miyashita, et al., 15 -18 September 2008).



Εικόνα 25. Επισκέπτης με σύστημα καθοδήγησης στο σταθμό 2 (Miyashita, et al., 15 -18 September 2008).

3

Αρχιτεκτονική και τεχνολογικό περιβάλλον AR εφαρμογών

Την τελευταία δεκαετία έχουν αναπτυχθεί πολλά εργαλεία τα οποία βασίζονται στις αρχιτεκτονικές, το μοντέλο δεδομένων και την τεχνολογία επαυξημένης πραγματικότητας. Τα εργαλεία αυτά υιοθετούν σημαντικά στοιχεία της υφιστάμενης τεχνολογίας επαυξημένης πραγματικότητας για την δημιουργία εφαρμογών σε διάφορους τομείς με βάση είτε την γεωγραφική τοποθεσία, είτε την αναγνώριση εικόνας/προσώπου ή κάποιου ειδικού συμβόλου (marker), είτε με QR codes. Οι τεχνολογικές αυτές λύσεις σε πλήθος πλησιάζουν ή και ξεπερνάν τις εκατό. Υπάρχουν εργαλεία ανοιχτού λογισμικού (open source), ελεύθερα εργαλεία με περιορισμένες δυνατότητες και δυνατότητα προσθήκης περισσότερων λειτουργιών με εμπορικά SDK (free + commercial SDK options), αποκλειστικά εμπορικά εργαλεία (commercial only) και ελεύθερα (free) on-line εργαλεία ανάπτυξης AR εφαρμογών. Η κάθε κατηγορία εργαλείων παρουσιάζει ορισμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Το κάθε εργαλείο κάποιας από τις κατηγορίες στοχεύει στην καλύτερη υλοποίηση ενός, δυο, ή περισσότερων ειδών εφαρμογών AR (αναγνώριση εικόνας, γεωγραφική τοποθεσία κλπ).

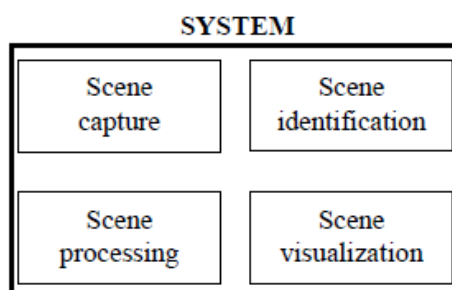
Στην ενότητα αυτή, αρχικά θα αναφερθούμε στην αρχιτεκτονική και το μοντέλο δεδομένων των AR συστημάτων. Στη συνέχεια θα περιγράψουμε κάποια από τα εργαλεία ανάπτυξης και θα προσπαθήσουμε να τα αξιολογήσουμε ορίζοντας τα σημαντικότερα κατά την γνώμη μας κριτήρια.

Στόχος της αξιολόγησης είναι να καταλήξουμε σε ένα εργαλείο το οποίο θα χρησιμοποιήσουμε για την ανάπτυξη της AR εφαρμογής μας.

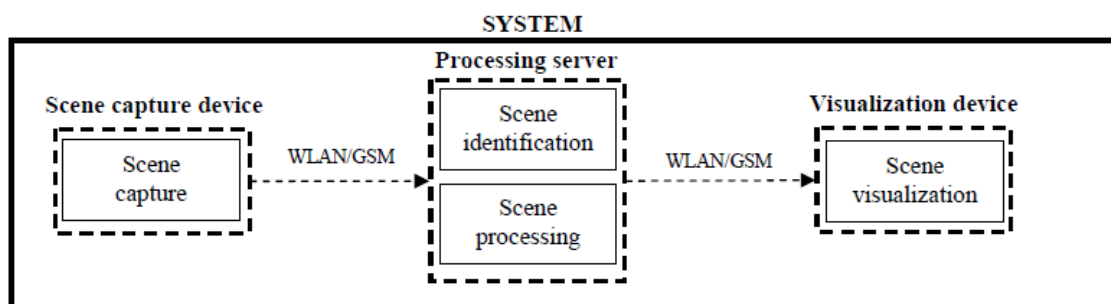
3.1 Μοντέλο δεδομένων

Ένα AR σύστημα, ανάλογα με την αρχιτεκτονική του, μπορεί να είναι είτε *αυτόνομο* (*autonomous*) είτε *κατανεμημένο* (*distributed*) (López, et al., 2010). Για την επιλογή μιας εκ των δύο αρχιτεκτονικών έκτος από την φύση της εφαρμογής AR, σημαντικό κριτήριο αποτελεί ο χρόνος απόκρισης και μεταφοράς των δεδομένων στην συσκευή του χρήστη.

- Σε ένα *αυτόνομο AR σύστημα* (Εικ. 26 (α)) όλες οι λειτουργίες σε όλα τα στάδια της διαδικασίας επαύξησης πραγματοποιούνται σε ένα τερματικό (μια ενιαία συσκευή όπως π.χ. το έξυπνο κινητό τηλέφωνο). Οι εφαρμογές αυτόνομων συστημάτων είναι σχετικά απλές χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις (π.χ. φιγούρες ενός βιντεοπαιχνιδιού). Από οικονομικής άποψης θεωρούνται γενικά συστήματα χαμηλού κόστους.
- Από την άλλη πλευρά, σε ένα *κατανεμημένο AR σύστημα* (Εικ. 26 (β)) η επεξεργασία των δεδομένων ανατίθεται σε ένα διακομιστή ο οποίος εκτελεί το μεγαλύτερο κομμάτι της επεξεργασίας, ενώ τα τερματικά έχουν τον ρόλο της σύλληψης της πραγματικής σκηνής και οπτικοποίησης της επαυξημένης σκηνής.



(α) Architecture of autonomous systems



(β) Architecture of distributed systems

Εικόνα 26. Αρχιτεκτονικές συστημάτων επαυξημένης πραγματικότητας (López, et al., 2010).

Εκτός από την αρχιτεκτονική του, ένα AR σύστημα χαρακτηρίζεται και από το περιβάλλον λειτουργίας των εφαρμογών που υποστηρίζει. Σε αυτή την περίπτωση υπάρχουν τα ανοιχτά και τα κλειστά περιβάλλοντα (López, et al., 2010).

- Στα κλειστά περιβάλλοντα απαιτείται σύνδεση W-LAN κατά την αποστολή και λήψη στοιχείων, για την λειτουργία των εφαρμογών. Κλειστό περιβάλλον εφαρμογής θεωρείται όταν η εφαρμογή αναγνωρίζει συγκεκριμένες σκηνές του πραγματικού περιβάλλοντος όπως αναγνώριση εικόνας ή marker.
- Στα ανοιχτά περιβάλλοντα, απαιτούνται GSM πληροφορίες αποστολής και λήψης από και προς διακομιστές και τερματικά. Ανοιχτό περιβάλλον θεωρείται αυτό για το οποίο δεν υπάρχει ένα συγκεκριμένο σταθερό σημείο αναφοράς το οποίο θα αναγνωρίσει το σύστημα μέσω κάμερας, αλλά βασίζεται περισσότερο στην τοποθεσία της συσκευής – πελάτη που χρησιμοποιείται και αφορά τις γεωγραφικές συντεταγμένες.

Για την σωστή λειτουργία μιας εφαρμογή AR, τα δεδομένα που επαυξάνουν την πραγματική σκηνή θα πρέπει να είναι οργανωμένα με τρόπο ώστε ο χρόνος απόκρισης και μεταφοράς των δεδομένων αυτών να είναι αποδεκτός από τον χρήστη και χωρίς εμφανές καθυστερήσεις.

Ένα ακόμη σημαντικό στοιχείο αποτελεί η διαδικασία απόκτησης των δεδομένων, δηλαδή αν είναι στατικά ή δυναμικά.

- Στατικά, με την έννοια ότι έχουν εισαχθεί με κάποιο τρόπο από τον χρήστη και είναι συγκεκριμένα, αποθηκευμένα με ορισμένο τρόπο ή μορφή σε κάποιο αποθηκευτικό χώρο και έτοιμα για επεξεργασία.
- Δυναμικά δεδομένα, δηλαδή δεν υπάρχει εξ' αρχής μια συγκεκριμένη μορφή, ούτε είναι γνωστός ο όγκος ή η προέλευση αυτών.

Και στις δυο περιπτώσεις, η οργάνωση των δεδομένων γίνεται σε τρία επίπεδα: αποθήκευσης, επεξεργασίας και παρουσίασης.

Σε ότι αφορά την αποθήκευση των δεδομένων, αυτά μπορεί να είναι οργανωμένα:

- σε μορφή κειμένου,
- σε μια σχεσιακή βάση δεδομένων,
- σε μορφή δομημένου κειμένου,
- να έχουν σχέση με μια τοποθεσία (location-based).

Το 2007 οι (Schmalstieg, et al., 2007) περιέγραψαν τρεις κύριες μεθόδους για την συλλογή των δεδομένων με σκοπό την δημιουργία μιας AR βάσης δεδομένων. Οι τεχνικές αυτές αφορούν:

- την μετατροπή δεδομένων από ήδη υπάρχουσες βάσεις δεδομένων,

- την αποτύπωση μιας φυσικής περιοχής με τα αντικείμενα που περιέχει,
- την καταγραφή με την βοήθεια του ηλεκτρονικού υπολογιστή των location-based, διαδραστικού περιεχομένου δεδομένων χρησιμοποιώντας ένα καθορισμένο εργαλείο συγγραφής.

Η κύρια πρόκληση του χώρου αποθήκευσης των δεδομένων δεν έχει να κάνει με το τεχνολογικό κομμάτι της αποθήκευσης αλλά με την εύρεση της κατάλληλης δομής, έτσι ώστε να παρέχεται ευελιξία και χρήση τους για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών AR που λειτουργούν και εκτελούνται σε πραγματικό χρόνο και ιδιαίτερα σε location-based εφαρμογές. Σύμφωνα με την ίδια πηγή (Schmalstieg, et al., 2007), το μοντέλο δεδομένων, δομημένο σε μορφή XML έχει αποδειχτεί ότι είναι πιο ευέλικτο από μια σχεσιακή βάση δεδομένων σε ότι αφορά την καταγραφή των δεδομένων ή τον μηχανισμό επερωτήσεων (query mechanism). Επιπλέον, η XML παρέχει την δυνατότητα σημασιολογικής πληροφορίας, χωρίς να περιορίζει το εύρος των πιθανών εφαρμογών.

Έτσι, στο επίπεδο της *επεξεργασίας* των δεδομένων απαιτείται:

- i. μια γλώσσα επερωτήσεων που θα περιγράφει το ζητούμενο κομμάτι της πληροφορίας,
- ii. στη συνέχεια θα πρέπει να γίνεται η μετατροπή των δεδομένων on-the-fly και
- iii. η μεταφορά τους στους χρήστες την στιγμή που ζητούνται.

Έτσι αποφεύγεται η αντιγραφή πολλών δεδομένων με αποτέλεσμα να βελτιστοποιείται η χρήση του εύρους ζώνης του δικτύου και μειώνεται η καθυστέρηση στην μετάδοση.

Για τον τρόπο *παρουσίασης* είναι υπεύθυνες οι κινητές AR συσκευές – πελάτες (mobile AR clients). Από αυτές εξαρτάται ο βαθμός αλληλεπίδρασης του χρήστη με την εφαρμογή. Θα πρέπει να έχει τις απαραίτητες ρυθμίσεις για την σωστή παρουσίαση των δεδομένων, σε περιπτώσεις όπως:

- η 3D απεικόνιση,
- ο εντοπισμός,
- το περιβάλλον εργασίας.

3.2 Πρότυπα – Βιβλιοθήκες γραφικών

3.2.1 OpenGL

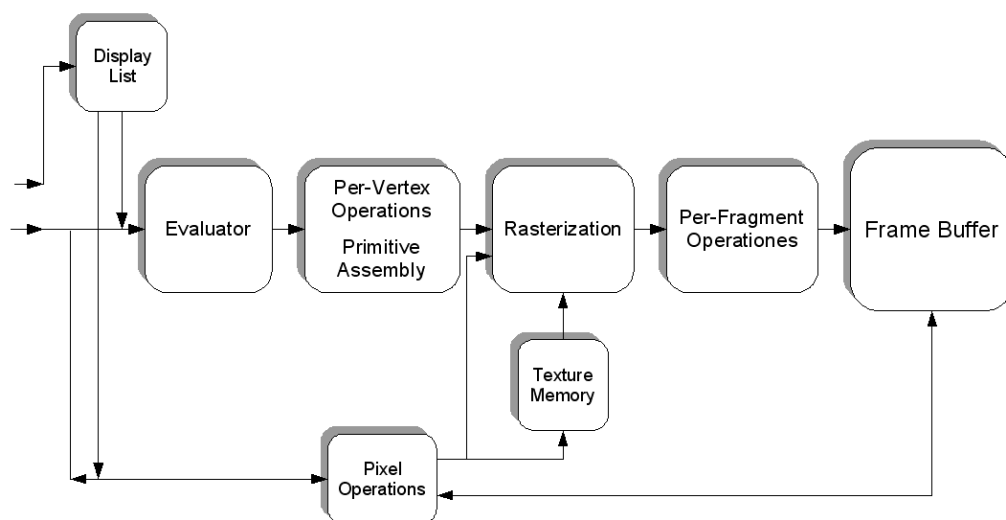
Το OpenGL είναι βασικό πρότυπο που καθορίζει την cross-platform και την cross-language ανάπτυξη εφαρμογών για την παραγωγή γραφικών δύο και τριών διαστάσεων στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Η διεπαφή αποτελείται πάνω από 300 κλήσεις συναρτήσεων με τις οποίες μπορούν να σχεδιαστούν περίπλοκες και σύνθετες τρισδιάστατες σκηνές από απλά αρχέτυπα (Wikipedia, n.d.). Το OpenGL αναπτύχθηκε από την Silicon Graphics Inc το 1992 (OpenGL, n.d.) και χρησιμοποιείται ευρέως σε CAD εφαρμογές, εικονική πραγματικότητα, επιστημονική απεικόνιση, απεικόνιση πληροφοριών και την προσομοίωση πτήσεων. Χρησιμοποιείται επίσης από video

games, όπου και ανταγωνίζεται το Direct3D της Microsoft. Το OpenGL είναι υπό την διαχείριση της μη-κερδοσκοπικής κοινοπραξίας Khronos Group.

Το OpenGL εξυπηρετεί δύο βασικούς σκοπούς. Ο πρώτος είναι η απόκρυψη της πολυπλοκότητας των διασυνδέσεων μεταξύ διαφορετικών τρισδιάστατων επιταχυντών με την παρουσίαση ενός και μοναδικού interface. Ο δεύτερος λόγος είναι η απόκρυψη των διαφορετικών δυνατοτήτων υλικού απαιτώντας την πλήρη υποστήριξη των χαρακτηριστικών OpenGL για όλες τις εφαρμογές. Η βασική αρχή του OpenGL είναι να λαμβάνει τα αρχέτυπα όπως είναι σημεία γραμμές ή πολύγωνα και να τα μετατρέπει σε pixel. Αυτό πραγματοποιείται με ένα pipeline γραφικών. Οι περισσότερες OpenGL εντολές είτε διοχετεύουν αρχέτυπα στο pipeline των γραφικών είτε ρυθμίζουν το πώς θα επεξεργάζονται τα αρχέτυπα αυτά από το pipeline.

Πριν από την εισαγωγή του OpenGL 2.0 κάθε στάδιο στην επεξεργασία των γραφικών γινόταν κάτω από στενά όρια. Με την προσφορά του OpenGL 2.0 και μετά, η επεξεργασία περνάει από πολλά τα οποία είναι πλήρως προγραμματιζόμενα χρησιμοποιώντας GLSL. Η GLSL (OpenGL γλώσσα σκίασης), επίσης γνωστή ως GLslang, είναι μία γλώσσα υψηλού επιπέδου σκίασης η οποία βασίζεται στη γλώσσα προγραμματισμού C.

Το OpenGL είναι ένα χαμηλού επιπέδου, διαδικαστικό API, το οποίο απαιτεί από τον προγραμματιστή να υπαγορεύσει τα ακριβή βήματα που απαιτούνται για να κατασκευαστεί μια σκηνή. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τα περιγραφικά APIs όπου ο προγραμματιστής αρκεί να περιγράψει την σκηνή και από εκεί και πέρα αναλαμβάνει η βιβλιοθήκη να χειριστεί τις λεπτομέρειες. Ο χαμηλός σχεδιασμός του OpenGL απαιτεί από τους προγραμματιστές να αποκτήσουν καλή γνώση του pipeline του, το οποίο από τη μία καθίσταται δύσκολο από την άλλη όμως δίνει την ελευθερία να αναπτυχθούν αξιόλογες εφαρμογές συν το γεγονός ότι ο εκάστοτε προγραμματιστής μπορεί να ξέρει ακριβώς πως δουλεύει η εφαρμογή του με σχετικά εύκολο μελλοντικό debugging.



Εικόνα 27. OpenGL pipeline (Wikipedia, n.d.)

Μία σύντομη περιγραφή του pipeline στο OpenGL θα μπορούσε να είναι η παρακάτω:

- Η αξιολόγηση (Evaluator), εάν είναι απαραίτητο, των πολυωνυμικών συναρτήσεων που καθορίζουν κάποιες εισροές δεδομένων όπως είναι οι NURBS επιφάνειες, οι καμπύλες κατά προσέγγιση και η γεωμετρία των επιφανειών.
- Οι λειτουργίες που σχετίζονται με τα vertices (Per-vertex operations) την μετατροπή τους και το φωτισμό τους ανάλογα με το υλικό τους. Επίσης ψαλίδισμα των μερών της σκηνής οι οποίες δεν φαίνονται κατά την διαδικασία προβολής της.
- Η μετατροπή (Rasterisation) των προηγούμενων πληροφοριών σε pixels. Τα πολύγωνα εκπροσωπούνται από το κατάλληλο χρώμα μέσω των αλγορίθμων παρεμβολής.
- Η Per-fragment λειτουργία, στην οποία ενημερώνονται τιμές εξαρτώμενες από εισερχόμενες και προηγούμενα αποθηκευμένες τιμές ή συνδυασμούς χρωμάτων.
- Τέλος, τα fragments εισέρχονται στο frame buffer.

Πολλοί σύγχρονοι 3D επιταχυντές παρέχουν λειτουργικότητα πολύ πάνω από το σενάριο αυτό, αλλά αυτά τα νέα χαρακτηριστικά είναι γενικά βελτιώσεις αυτού του βασικού αγωγού και όχι ριζικές αναθεωρήσεις του.

Η πλατφόρμα του OpenGL χρησιμοποιείται από πολλά λειτουργικά συστήματα όπως και από πολλά προγράμματα επεξεργασίας γραφικών. Επίσης υποστηρίζεται η ανεξαρτησία στην χρήση βιβλιοθηκών της πλατφόρμας αφού έχουν αναπτυχθεί διάφορες εκδόσεις για να υποστηρίζονται από πολλές γλώσσες προγραμματισμού.

3.2.2 *OpenCV*

Το OpenCV (Open Source Computer Vision) είναι μια βιβλιοθήκη προγραμματιστικών συναρτήσεων που αποσκοπεί στην υπολογιστική ορατότητα σε πραγματικό χρόνο. Επικεντρώνεται κυρίως σε επεξεργασία εικόνας σε πραγματικό χρόνο. Αναπτύχθηκε το 1999 στο ερευνητικό κέντρο της Intel στην Ρωσία, και η πρώτη έκδοση κυκλοφόρησε το 2000. Το OpenCV παρέχεται δωρεάν τόσο για ακαδημαϊκή/εκπαιδευτική όσο και για εμπορική χρήση στο πλαίσιο άδειας BSD open source (Berkley Software Distribution) (Wikipedia, n.d.). Η βιβλιοθήκη είναι cross-platform, λειτουργεί σε Windows, Linux, Mac OS, Android, iOS, υποστηρίζεται σήμερα από τις Willow Garage και Itseez (Team, n.d.).

Το OpenCV είναι γραμμένο εξ αρχής στην γλώσσα C++, ωστόσο όλες οι συναρτήσεις και οι διεπαφές σήμερα έχουν αναπτυχθεί και σε πολλές άλλες γλώσσες όπως Python, Java, MATLAB/OCTAVE. Το API για τις διεπαφές είναι διαθέσιμο σε online documentation.

Ένα από τα open source εργαλεία ανάπτυξης εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας, που χρησιμοποιεί το API OpenCV είναι το DroidAR για την προσθήκη δυνατότητας αναγνώρισης προσώπου και εικονικής αναζήτησης (Compare, n.d.).

3.3 Συγκριτική αξιολόγηση εργαλείων AR

3.3.1 Ελεύθερα εργαλεία με εμπορικό SDK

Τα εργαλεία ανάπτυξης AR εφαρμογών που είναι ελεύθερα με λίγες δυνατότητες αλλά με εμπορικά πακέτα λογισμικού ανάπτυξης που προσφέρουν πληθώρα δυνατοτήτων στον προγραμματιστή υπερτερούν σε πλήθος τα άλλα είδη εφαρμογών. Σε αυτή την κατηγορία υπάρχουν εργαλεία που απαιτούν καλές γνώσεις προγραμματισμού και εργαλεία που δεν απαιτούν ιδιαίτερες δεξιότητες προγραμματισμού. Σε κάθε περίπτωση και οι λειτουργικότητα που παρέχεται είναι ανάλογη. Επιπλέον, στην ελεύθερη μορφή η εφαρμογή που δημιουργείται είναι πολύ περιορισμένου εύρους. Απαιτείται η δημιουργία ενός λογαριασμού (account) χρήστη και σε ορισμένα από αυτά παρέχεται free trial πακέτο SDK, με συγκεκριμένες προδιαγραφές (π.χ Wikitude, Layar). Σε ορισμένες περιπτώσεις (π.χ. για εφαρμογές που δεν είναι για εμπορική χρήση) με το εργαλείο παρέχονται δωρεάν άδειες για την ανάπτυξη AR εφαρμογών με πλήρες σετ δυνατοτήτων (π.χ. ARToolKit).

Τα χαρακτηριστικά ελεύθερων εργαλείων με εμπορικό SDK και οι δυνατότητες που παρέχουν σε διάφορες πλατφόρμες φαίνονται στον Πίνακα 1 του παραρτήματος 1.

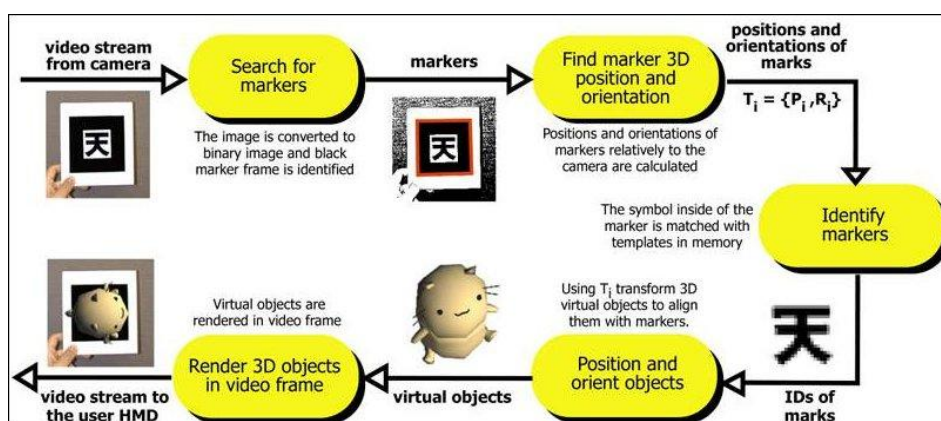
3.3.1.1 ARToolKit

Το ARToolKit αναπτύχθηκε το 1999 από τον Hirokazo Kato και η πρώτη επίδειξη ήταν στο SIGGRAPH του ίδιου έτους. Είναι μία βιβλιοθήκη για την γλώσσα προγραμματισμού C/C++ η οποία επιτρέπει στους προγραμματιστές να αναπτύσσουν εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας. Χρησιμοποιείται πολύ συχνά για βιομηχανικές και εκπαιδευτικές έρευνες (ARToolworks, n.d.).

Ένα από τα δυσκολότερα μέρη στην ανάπτυξη τέτοιων εφαρμογών είναι ο ακριβής υπολογισμός του οπτικού πεδίου του χρήστη σε πραγματικό χρόνο έτσι ώστε τα εικονικά αντικείμενα να είναι πλήρως ευθυγραμμισμένα με τον πραγματικό κόσμο. Το γρήγορο και ακριβές tracking που παρέχει το ARToolkit το καθιστά ικανό για την γρήγορη ανάπτυξη ενδιαφερουσών εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας. Περιλαμβάνει τις βιβλιοθήκες για το tracking και τον πλήρη πηγαίο κώδικα, επιτρέποντας τον προγραμματισμό σε ποικίλες πλατφόρμες αλλά και την παραμετροποίηση για συγκεκριμένες πλατφόρμες ανάλογα με τις ανάγκες του εκάστοτε προγραμματιστή. Μπορεί να λειτουργήσει σε διάφορες πλατφόρμες όπως Mac OS, Windows, Linux και Irix ενώ οι τελευταίες εκδόσεις του είναι πλήρως cross-platform. Λογικό είναι η απόδοση να ποικίλει ανάλογα με τις διαφορετικές διαμορφώσεις υλικού.

Η βιβλιοθήκη αυτή χρησιμοποιεί ένα σύστημα με markers για την επίτευξη του σωστού tracking. Η βασική ροή λειτουργίας του ARToolkit ξεκινάει πρώτα απ' όλα από την συσκευή σύλληψης frames η οποία αιχμαλωτίζει και στέλνει στην πλατφόρμα εικόνες από το πραγματικό περιβάλλον σε

πραγματικό χρόνο. Το λογισμικό ψάχνει κάθε frame για περιοχές οι οποίες είναι μαύρες και τετραγωνικές ώστε να χαρακτηριστούν ως πιθανοί markers. Στην συνέχεια αφού αναγνωριστεί κάποιο μαύρο τετράγωνο υπολογίζεται η θέση του σε σχέση με τη θέση της κάμερας έτσι ώστε στη συνέχεια να κατασκευαστεί ο εικονικός κόσμος. Μόλις γίνει γνωστή η θέση της κάμερας σε αυτό το τετράγωνο σχεδιάζεται σε αυτή τη θέση το γραφικό μοντέλο με τρόπο, ώστε να φαίνεται σαν κολλημένο με το marker κάτι το οποίο εξυπηρετεί την ρεαλιστικότητα της σκηνής. Έτσι όταν ο χρήστης κοιτάει προς το μέρος ενός marker, εμφανίζεται στην συσκευή παρουσίασης του μία εικονική παράσταση η οποία «επιστρώνει» τον πραγματικό κόσμο. Συνοπτικά η διαδικασία περιγράφεται στην Εικ. 28.



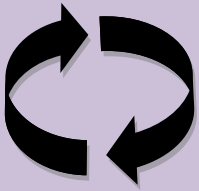
Εικόνα 28. Η διαδικασία επαύξησης με το ARToolKit (ARToolworks, n.d.)

Υπάρχουν κάποιοι περιορισμοί που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την διαδικασία ανάπτυξης μιας εφαρμογής. Οι περιορισμοί αυτοί έχουν σχέση με το οπτικό πεδίο, την ακτίνα θέασης της κάμερας αλλά επίσης και από την πολυπλοκότητα των σχεδίων και την επιφάνεια στην οποία είναι τυπωμένο το σχέδιο.

Τα εικονικά στοιχεία εμφανίζονται μόνο εάν ο marker είναι στη θέα της κάμερας, δηλαδή, αν ο χρήστης καλύψει τον marker ή ένα μέρος αυτού, το περιεχόμενο της εικονικής σκηνής θα εξαφανιστεί. Σε ότι αφορά την ακτίνα θέασης, όσο μεγαλύτερο είναι το φυσικό σχέδιο του marker τόσο πιο εύκολα ανιχνεύσιμο γίνεται. Σε ότι αφορά την πολυπλοκότητα του marker, όσο απλούστερο είναι το σχέδιο τόσο καλύτερα αναγνωρίσιμο γίνεται επειδή η λεπτομέρεια μπορεί να μπερδέψει και αν πρόκειται και για μεγάλη απόσταση τότε μπορεί να του δοθεί μικρή πιθανότητα να είναι marker, με αποτέλεσμα να απορριφθεί ως θόρυβος. Τα σχέδια με τις μεγάλες ασπρόμαυρες περιοχές (δηλ. χαμηλής συχνότητας σχέδια) είναι τα πιο αποτελεσματικά. Τέλος, τα αποτελέσματα από το tracking μπορεί να επηρεαστούν και από τις συνθήκες φωτισμού. Ο αρκετά έντονος φωτισμός μπορεί να δημιουργήσει αντανακλάσεις αλλά και να αλλοιώσει και το χρώμα και έτσι να καθιστά δύσκολη την αναγνώριση του marker. Παίζει αρκετά σημαντικό ρόλο οι markers να τυπωθούν σε μη γυαλιστερή επιφάνεια για την αποφυγή του φαινομένου της αντανάκλασης.

Υπάρχουν δύο μέρη για την ανάπτυξη εφαρμογών που χρησιμοποιούν το ARToolkit, γράφοντας την εφαρμογή και εκπαιδεύοντας τις ρουτίνες της επεξεργασίας εικόνας που είναι υπεύθυνες για τον εντοπισμό για τους markers του πραγματικού κόσμου που θα χρησιμοποιηθούν.

Μία εφαρμογή με το ARToolkit θα πρέπει να έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

Αρχικοποίηση	1. Αρχικοποίηση του βίντεο και διάβασμα των αρχείων με την περιγραφή των markers και των ρυθμίσεων της κάμερας
Κύρια Επανάληψη 	2. Αιχμαλώτιση ενός εισερχόμενου frame 3. Εντοπισμός των markers και αναγνώριση των ταυτοτήτων τους στο εισερχόμενο frame. 4. Υπολογισμός του μετασχηματισμού της κάμερας σχετικά με τους εντοπισμένους markers. 5. Σχεδιασμός των εικονικών αντικειμένων πάνω στους εντοπισμένους markers
Κλείσιμο	6. Κλείσιμο της σύλληψης του βίντεο και τερματισμό της εφαρμογής.

Πίνακας 4. Χαρακτηριστικά εφαρμογής ARToolKit (ARToolworks, n.d.)

Τα βήματα 2 έως 5 επαναλαμβάνονται συνεχώς σε κάθε frame και είναι από τα πιο σημαντικά μέρη μίας τέτοιας εφαρμογής ενώ σταματούν όταν τερματιστεί η εφαρμογή. Ενώ τα βήματα 1 και 6 εκτελούνται ακριβώς στην έναρξη και το κλείσιμο της εφαρμογής αντίστοιχα και μόνο μία φορά.

3.3.1.2 Wikitude

Το εργαλείο Wikitude για την ανάπτυξη εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας πρωτοεμφανίστηκε το 2008 αρχικά για συσκευές Android και ήταν από τα πρώτα AR browsers που κυκλοφόρησαν. Σύντομα όμως ξεκίνησε να χρησιμοποιείται και σε iPhone, Symbian και Samsung Bada devices. Το 2009 ψηφίστηκε ως το καλύτερο AR browser και το 2010 αποτέλεσε το ευκολότερο εργαλείο για κατασκευή περιεχομένου χωρίς ιδιαίτερο εξοπλισμό και προγραμματιστικές γνώσεις μέσω του περιβάλλοντος διεπαφής Google Maps. Εκτός από την χρήση διεπαφής Google Maps, μια εφαρμογή στο Wikitude μπορεί να αναπτυχθεί με χρήση KML (Keyhole Markup Language), ARML (Augmented Reality Markup Language), WebServices (XML), APIs (Madden, 2011).

Με την διεπαφή Google Maps ακόμη και οι απλοί χρήστες μπορούν να δημιουργήσουν μια εφαρμογή που αφορά την γεωγραφική τοποθεσία κάποιων σημείων ανάλογα με την περιοχή

ενδιαφέροντός τους. Με τις KML και ARML μια AR εφαρμογή μπορεί να εμπλουτιστεί με παροχή περισσότερων πληροφοριών γύρω από το σημείο ενδιαφέροντος (POI – Point of Interest). Στην KML χρησιμοποιείται η μορφοποίηση Google Earth για την περιγραφή τοποθεσιών, συντεταγμένων κλπ και έτσι υπάρχει πρόσβαση σε ένα μεγάλο εύρος έτοιμου περιεχομένου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί όπως είναι χωρίς να υπάρχει ανάγκη μετατροπής του. Με την ARML στο περιεχόμενο μπορούν να περιληφθούν και άλλα χαρακτηριστικά ή επιπρόσθετες πληροφορίες. Η KML και η ARML βασίζονται στην XML με την διαφορά ότι η ARML προτείνεται για cross-platform ή cross-device browsers. Τα KML και τα ARML αρχεία φιλοξενούνται στους διακομιστές του Wikitude και είναι ουσιαστικά XML αρχεία που περιγράφουν διάφορα POIs. Σε περίπτωση που ο προγραμματιστής αποφασίσει να διατηρεί μια βάση δεδομένων, τότε θα πρέπει να παρέχονται διεπαφές πρόσβασης στα δεδομένα αυτά μέσω του Wikitude browser, κάτι που επιτυγχάνεται με χρήση web services. Στις περιπτώσεις περισσότερο εξειδικευμένων εφαρμογών με πολλαπλές δυνατότητες και μεγαλύτερο έλεγχο λειτουργικότητας χρησιμοποιείται το Wikitude API (Madden, 2011).

Κάποια από τα χαρακτηριστικά που υποστηρίζονται σε περίπτωση χρήσης API είναι 3D models, 3D και/ή 2D models animation, image recognition. Το Wikitude διαθέτει μια βιβλιοθήκη λογισμικού (Wikitude SDK) που επιτρέπει στον προγραμματιστή να κατασκευάζει cross-platform AR εφαρμογές, οι οποίες εκτελούνται σε Android, iOS, Blackberry και Windows συσκευές, χρησιμοποιώντας web τεχνολογικές λύσεις όπως HTML5, CSS, JavaScript (Woldegiorgis, 2014).

Με την online έκδοσή του Wikitude (Wikitude, n.d.) ακόμη και ένας απλός χρήστης που δεν έχει ιδιαίτερες γνώσεις προγραμματισμού, κάνοντας μια εγγραφή μπορεί να δημιουργήσει απλές εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας (Εικ. 29). Βέβαια, αξίζει να σημειωθεί ότι οι λειτουργικότητα των εφαρμογών είναι συγκεκριμένη και βασίζεται περισσότερο στην αναγνώριση εικόνας (image recognition), με προσθήκη του περιεχομένου επαύξησης. Όπως φαίνεται στην Εικ. 30, ο χρήστης επιλέγει μια εικόνα – στόχο (target image) και όταν γίνει η αναγνώρισή της από τον Wikitude browser στην συσκευή (tablet, smartphone) θα εμφανιστεί το περιεχόμενο που επαυξάνει την εικόνα, ανάλογα με την λειτουργικότητα που έχει. Το περιεχόμενο αυτό μπορεί να είναι μια εικόνα, μια διεύθυνση URL, ένα βίντεο κλπ. (Εικ. 31).



The world's easiest augmented reality creation tool!
No programming skills needed.



CREATE

You don't need to be a programming guru. Simply log on and let your creativity go wild, it's that easy.



PUBLISH

Once you are done with creating your AR project or campaign, show it to the world!



MANAGE

Change AR content and target images as and when needed - Wikitudo Studio is your CMS of choice.

[Start your trial!](#)

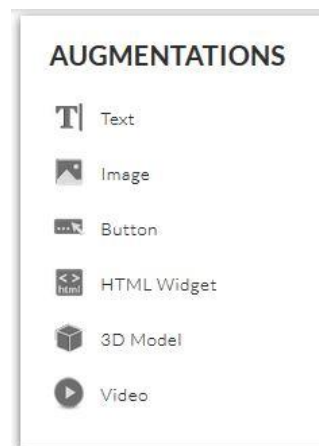
[Learn more about the all-new Wikitudo Studio!](#)

Εικόνα 29. Επιλογές για δημιουργία AR εφαρμογής (Studio, n.d.)



Εικόνα 30.

Προσθήκη Target Image (Studio, n.d.)



Εικόνα 31.

Επιλογές είδους περιεχομένου (Studio, n.d.)

Υπάρχει επίσης και η επιλογή χρήσης Free Trial Wikitudo SDK για πιο «πλούσιες» εφαρμογές αλλά και το εμπορικό πακέτο SDK με ακόμη περισσότερες λειτουργίες.

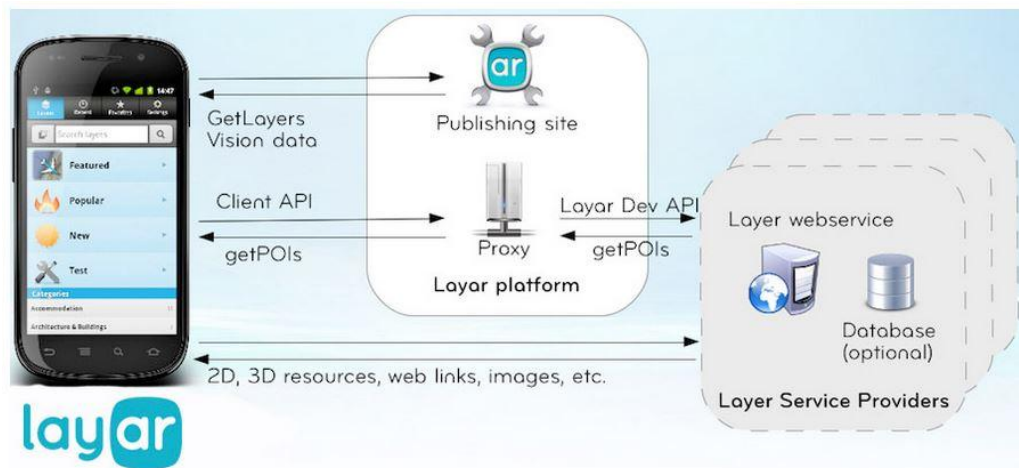
3.3.1.3 Layar

Το Layar είναι μια πλατφόρμα που ειδικεύεται στην mobile Augmented Reality και επιτρέπει την οπτικοποίηση της ψηφιακής πληροφορίας με χρήση έξυπνων κινητών συσκευών. Ιδρύθηκε το 2009 και τράβηξε γρήγορα την προσοχή πολλών προγραμματιστών από όλο τον κόσμο κερδίζοντας έτσι υψηλή θέση στον χώρο των mobile AR browsers (Layar, n.d.).

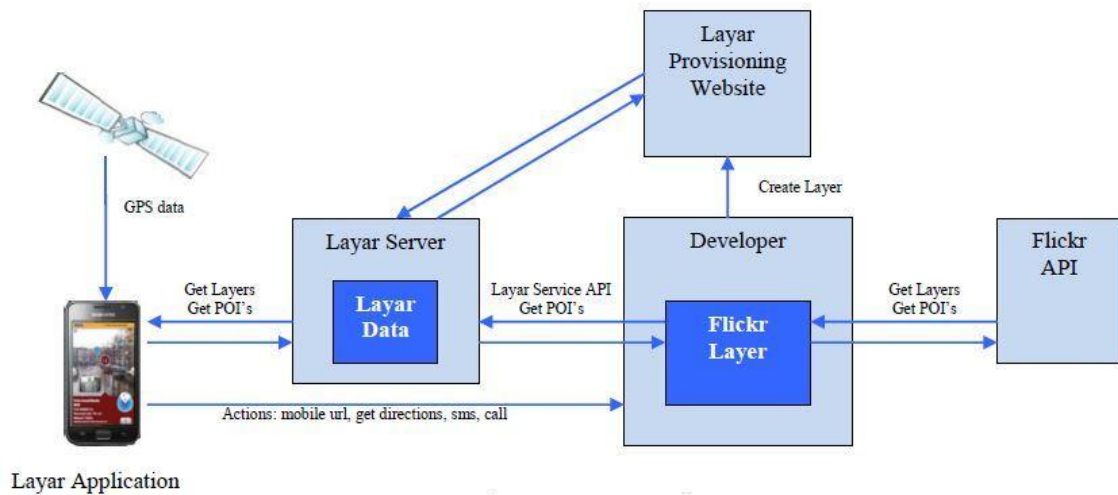
Ο κόσμος του mobile Augmented Reality αποτελείται κυρίως από δύο διαφορετικούς τύπους, τους geolocation-based και vision-based. Σε μια geolocation-based εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας χρησιμοποιούνται η πυξίδα κι άλλοι αισθητήρες της κινητής συσκευής του χρήστη για την παροχή ειδοποιήσεων και απεικονίσεων από διάφορα POIs. Ενώ στην vision-based εφαρμογή πολλοί από τους ίδιους αισθητήρες χρησιμοποιούνται για την απεικονίσει ψηφιακού περιεχομένου σε παράθεση με πραγματικά αντικείμενα.

Παρατηρώντας την αρχιτεκτονική της πλατφόρμας (Εικ. 32, 33) βλέπουμε ότι αποτελείται από πέντε στοιχεία (Layar, n.d.):

- Layar Reality Browser/ Layar Application: Η εφαρμογή στο κινητό του χρήστη
- Layar Server: Αποτελεί την καρδιά του συστήματος και είναι αυτός που παρέχει τα interface στο Layar Reality Browser, στο Layar Publishing site και στους εξωτερικούς Layar Providers
- Layar Publishing site: Το website που ο κάθε developer μπορεί να δημιουργήσει και να διαχειριστεί ένα ή περισσότερα layers
- Layar Service Providers: Δημιουργείται από 3rd party developers. Στρώματα βασισμένα στις υπηρεσίες Funda, Hyves, Flickr είναι τέτοια παραδείγματα
- Layer Content Sources: Οι πηγές περιεχομένου του Layer, οι οποίες παρέχουν το περιεχόμενο στον browser. Οι πηγές αυτές δεν είναι απαραίτητα διαχωρισμένες από τους παρόχους των υπηρεσιών, αλλά γενικά είναι ξεχωριστές λογικές οντότητες, όπως γίνεται με τις υπάρχουσες με τις βάσεις δεδομένων (geo-coded databases) και τα web services τα οποία δεν υποστηρίζουν το Layar Developer API

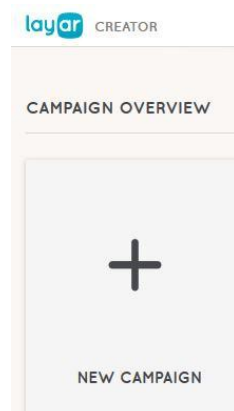


Εικόνα 32. Η πλατφόρμα Layar (Layar, n.d.).

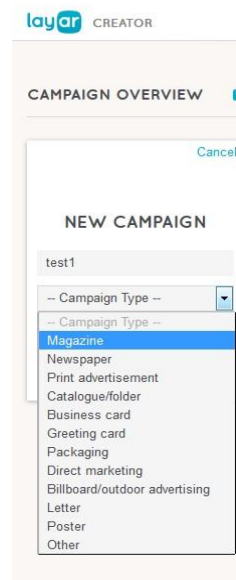


Εικόνα 33. Αρχιτεκτονική Layar (López, et al., 2010).

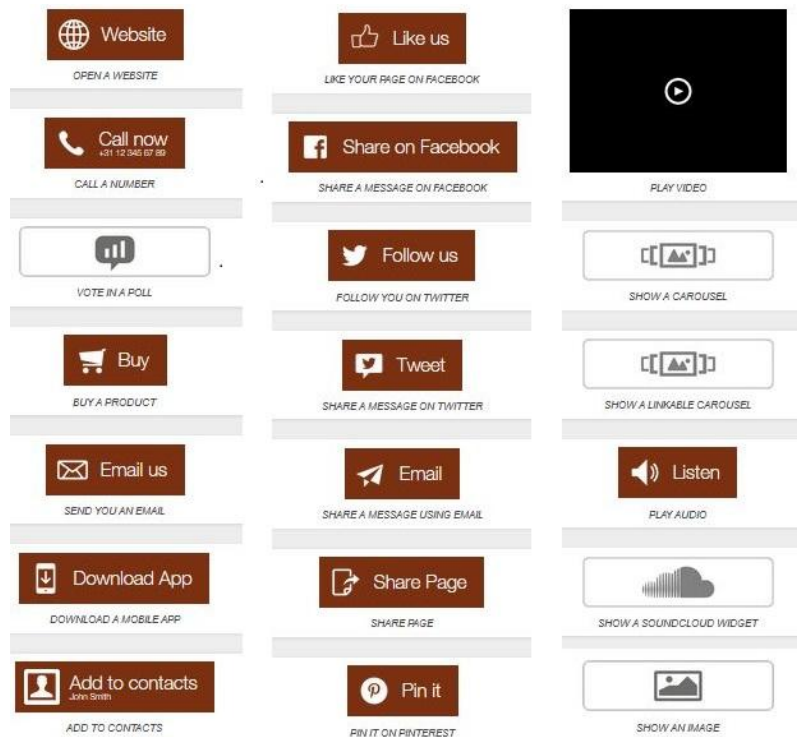
Με λογική παρόμοια με το Wikitude, το Layar προσφέρει την online υπηρεσία δημιουργίας μιας AR εφαρμογής με το Layar Creator, στην «γλώσσα» του Layar ονομάζεται CAMPAIGN. Για να χρησιμοποιήσει κάποιος την υπηρεσία αυτή, χρειάζεται να δημιουργήσει έναν λογαριασμό χρήστη. Το βασικό στοιχείο της εφαρμογής είναι μια εικόνα που αναγνωρίζει ο Layar browser της κινητής συσκευής και εμφανίζει το ψηφιακό περιεχόμενο που επαυξάνει την πραγματική εικόνα με επιπλέον πληροφορίες που έχει επιλέξει ο δημιουργός της εφαρμογής. Αρχικά ζητείται να εισαχθεί μια εικόνα (Εικ 34), να προσδιοριστεί ο campaign τύπος (Εικ. 35) και ακολούθως προστίθεται οι πληροφορίες επαύξησης. Το είδος των πληροφοριών εκτός από κάποιο συγκεκριμένο περιεχόμενο όπως εικόνες, βίντεο, ήχος παρέχουν και περιεχόμενο με κάποια λειτουργικότητα όπως μεταφορά σε μια ιστοσελίδα, πραγματοποίηση τηλεφωνικής κλήσης ή αποστολή email, λειτουργίες αλληλεπίδρασης με μέσα κοινωνικής δικτύωσης (π.χ. like, share, follow) Εικ 36.



Εικόνα 34. Create campaign (Layar, n.d.)



Εικόνα 35. Campaign type (Layar, n.d.)



Εικόνα 36. Είδη περιεχομένου επαύξησης (Layar, n.d.)

Οι AR εφαρμογές (ή campaigns) που παράγονται με το Layar Creator έχουν «ζωή» 2 μήνες. Για να συνεχίσουν να υπάρχουν στους διακομιστές του Layer θα πρέπει ο χρήστης να αναβαθμίσει τον λογαριασμό του έναντι ενός χρηματικού ποσού.

Για εφαρμογές με περισσότερες δυνατότητες όπως υποστήριξη 3D μοντέλων και animation ή με geo-located πληροφορίες, υπάρχει το Layar SDK το οποίο παρέχεται με περιορισμούς για 30 ημέρες (Layar, n.d.).

3.3.1.4 DAQRI

Σύμφωνα με (DAQRI, n.d.), η πλατφόρμα DAQRI4D Studio είναι το πρώτο πραγματικά δημιουργικό εργαλείο επαυξημένης πραγματικότητας “*This is the first true creative tool for augmented reality. – BRIAN MULLINS, Founder & C.E.O.*”.

Είναι ένα εργαλείο που με την χρήση της τεχνολογίας cloud computing, επιτρέπει την εύκολη και οικονομικά αποδοτική λύση δημιουργίας και δημοσίευσης AR εμπειριών. Το DAQRI χρησιμοποιεί τεχνολογίες επαυξημένης πραγματικότητας και άλλες τεχνολογίες για να δημιουργήσει ένα ευρύτερο μέσο αφήγησης που ονομάζεται 4D. Με το 4D δεν γίνεται μόνο η τοποθέτηση ενός ψηφιακού περιεχομένου αλλά η εικόνα του πραγματικού κόσμου διασπείρεται αδιάλειπτα σε πλαίσιο εικόνων και πληροφοριών χωρικά, σε πραγματικό χρόνο και σε οποιοδήποτε χώρο. Για παράδειγμα ενώ σε μια 3D ταινία όλη η δράση παρουσιάζεται σε μια οθόνη, το 4D σαν ένα κινητό

μέσο μπορεί να φέρει ιστορίες στον πραγματικό κόσμο και να τις καταστήσει χωρικές και διαδραστικές. Η πλατφόρμα παρέχει δυνατότητες παραγωγής ενός ευρύ φάσματος εφαρμογών που χρησιμοποιούνται σε διάφορους βιομηχανικούς χώρους.

Η πρόσβαση στην πλατφόρμα DAQRI4D Studio υπάρχει on-line στην ηλεκτρονική διεύθυνση <http://4dstudio.daqri.com> και η χρήση της είναι διαθέσιμη με την δημιουργία ενός λογαριασμού χρήστη. Ο χρήστης/προγραμματιστής μπορεί να επιλέξει να δημιουργήσει τον λογαριασμό του με τις ανάγκες που έχει να καλύψει ανάλογα με της παρεχόμενες δυνατότητες σύμφωνα με τις ιδιότητες του είδους του λογαριασμού. Το είδος ενός λογαριασμού εξαρτάται από τον σκοπό της χρήσης, δηλαδή χαρακτηρίζεται ως «εκπαιδευτικός», «επαγγελματικός», «συνεργατικός» και «επιχειρησιακός» (Εικ.37). Ανάλογα με την χρήση υπάρχει και η αντίστοιχη χρέωση αλλά και παροχές (βλ. Εικ. 38).

Education	Pro	Team	Enterprise
If you're a K-12 student or educator looking to experiment in a new storytelling medium, the 4D Studio Education account is completely free and made just for you. Get started right away!	For creative professionals, a Pro account opens the door to a whole new suite of features including the ability for colleagues to collaborate. The Pro level gives you unlimited targets, advanced analytics, and the ability to publish custom and white label apps.	For creative teams, the Team account level includes all the features from our Pro plan, and a discount when you sign up for 5 or more accounts. Team accounts support agile workflows and the ability to manage projects, people, and permissions.	For organizations that need a more customized plan with the highest level of service, branding flexibility, and cutting edge features, Enterprise accounts give you all the features from our Team plan plus custom APIs, analytics, templates and apps.
APPLY	SEE PRICING	SEE PRICING	CONTACT US

Εικόνα 378. Κατηγορίες λογαριασμών DAQRI (DAQRI, n.d.)

EDUCATION	PRO	TEAM	ENTERPRISE
Free for Educators and Students	1-4 Seats \$550 per seat per month* or \$6,000 per seat per year*	5+ Seats \$440 per seat per month* or \$4,800 per seat per year*	For even greater flexibility, DAQRI 4D Studio Enterprise accounts offer a full range of customization including features, templates, and APIs.
APPLY	BUY NOW	BUY NOW	CONTACT US

CAPABILITIES

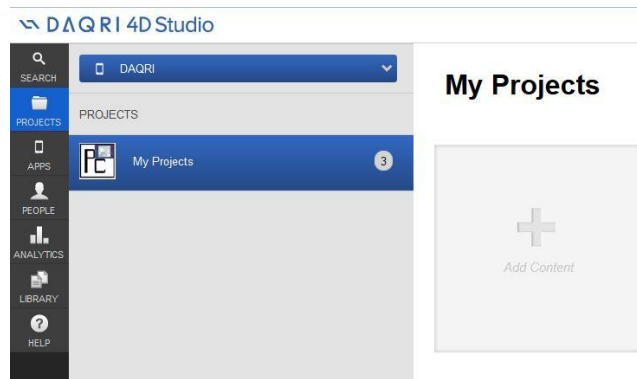
Target Images	25 Maximum	Unlimited	Unlimited	Unlimited
User Interactions	Unlimited	Unlimited	Unlimited	Unlimited
Online Storage	1 GB Storage	Unlimited	Unlimited	Unlimited
4D Content Creation	✓	✓	✓	✓
DAQRI 4D Tracking and Recognition	✓	✓	✓	✓
4D Content and Target Templates	✓	✓	✓	✓
Video and 3D Animation Support	✓	✓	✓	✓
Social Media Sharing	✓	✓	✓	✓
Team Collaboration		✓	✓	✓
Custom and White Label Apps**		✓	✓	✓
Custom Branding				✓
Support	Standard Support	Electronic Support	Electronic Support	Custom SLA
Analytics	Standard Analytics	Standard Analytics	Standard Analytics	Enterprise 4D Analytics
	APPLY	BUY NOW	BUY NOW	CONTACT US

Εικόνα 38. Δυνατότητες λογαριασμών ανάλογα με την κατηγορία τους (DAQRI, n.d.)

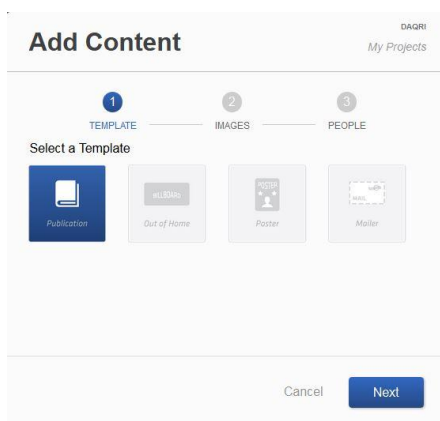
Σε αντίθεση με τα δυο προηγούμενα εργαλεία (Wikitude, Layer), το DAQRI προσφέρει πολλές δυνατότητες στον χρήστη με λίγους σχετικά περιορισμούς όταν ο λογαριασμός χρήστη είναι ελεύθερος και εκπαιδευτικού χαρακτήρα. Φυσικά, όπως είναι αναμενόμενο, στους επί-πληρωμή λογαριασμούς προσφέρονται περισσότερες δυνατότητες, ακόμη και templates και APIs (Εικ. 38).

Το περιβάλλον εργασίας είναι πολύ εύκολα κατανοητός και διαχειρίσιμος, ακόμη και από έναν απλό χρήστη. Οι άνθρωποι του DAQRI υποστηρίζουν ότι στην πλατφόρμα είναι δυνατόν να δημιουργηθούν εφαρμογές χωρίς να υπάρχει ανάγκη ούτε μιας γραμμής κώδικα.

Η δημιουργία εφαρμογής ξεκινάει με την κατασκευή νέου project (Εικ. 39) και την εισαγωγή μιας εικόνας ως αρχικού περιεχομένου-σημείου έναρξης, που θα αναγνωρίσει ο browser του DAQRI στην έξυπνη συσκευή του χρήστη (Εικ. 40, 41).

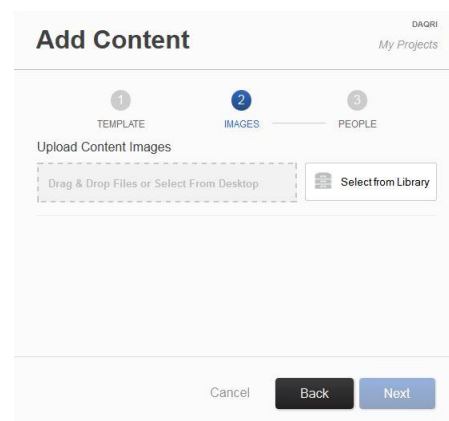


Εικόνα 39. Δημιουργία Project



Εικόνα 40.

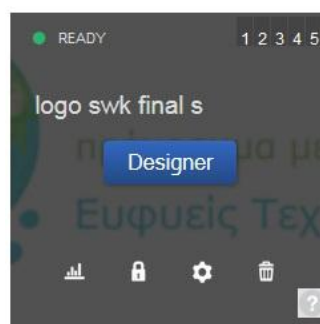
Επιλογή είδους Project



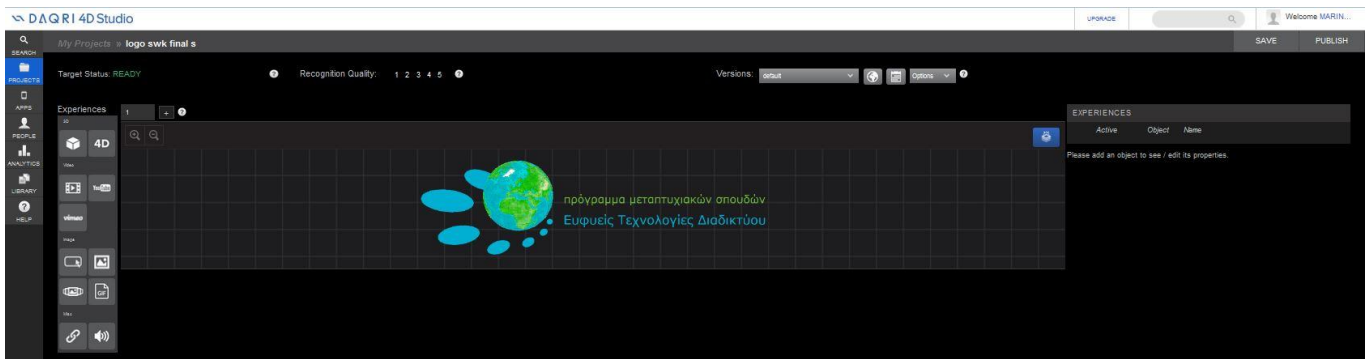
Εικόνα 41.

Εισαγωγή αρχικής εικόνας του Project

Στη συνέχεια, με την επιλογή Designer (Εικ. 42) ο χρήστης μεταφέρεται στο περιβάλλον σχεδίασης DAQRI 4D Studio (Εικ. 43) (Studio, n.d.), όπου εμφανίζεται η εικόνα που έχει επιλέξει.

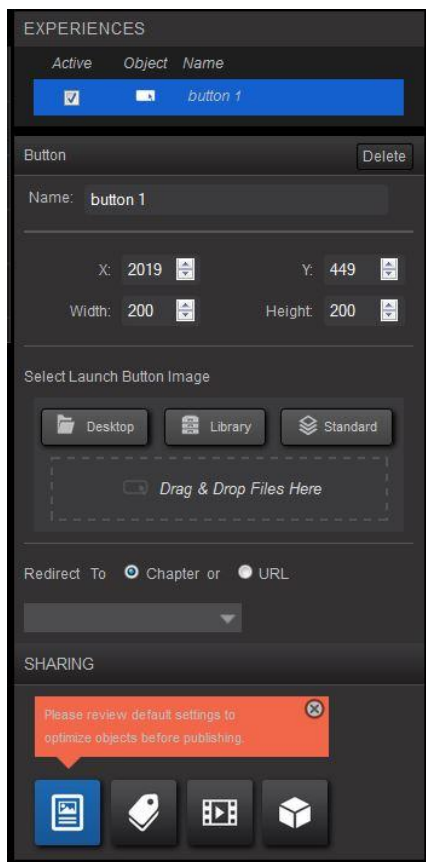


Εικόνα 42. Είσοδος στο περιβάλλον σχεδίασης

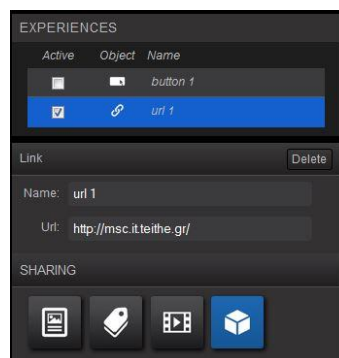


Εικόνα 43. Το περιβάλλον σχεδίασης του DAQRI 4D Studio

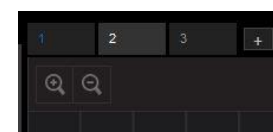
Οι λειτουργικά στοιχεία (experiences) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν βρίσκονται στην αριστερή πλευρά και είναι 3D μοντέλο ή κάποια βίντεο ή εικόνες, όπως επίσης μια διεύθυνση url ή ηχητικό μήνυμα. Ενώ στην δεξιά πλευρά υπάρχουν οι ιδιότητες κάθε επιλεγμένου experience και διαφέρουν ανάλογα με το είδος (Εικ. 44, 45). Το DAQRI 4D Studio σε αντίθεση με Wikitude και Layar, στην δωρεάν έκδοσή του παρέχει την δυνατότητα «πολλών οθονών» ή «chapter» όπως ονομάζονται (Εικ. 46).



Εικόνα 44. Ιδιότητες του button

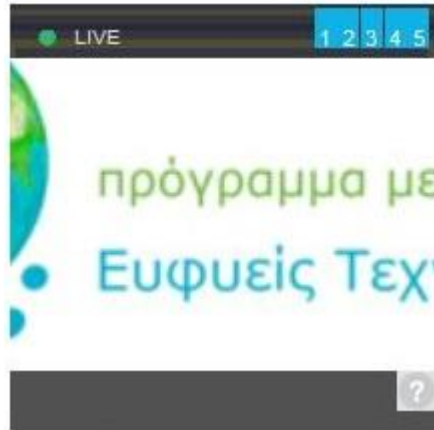


Εικόνα 45. Ιδιότητες του URL



Εικόνα 46. Chapters

Όταν ολοκληρωθεί το project, γίνεται η αποθήκευση και δημοσίευσή του. Η ένδειξη LIVE (Εικ. 47) σημαίνει ότι το Project έχει δημοσιευτεί με και είναι έτοιμο για χρήση. Αριθμοί δεξιά της ένδειξης LIVE δηλώνουν την ποιότητα αναγνώρισης (recognition quality) της επιλεγμένης αρχικής εικόνας.



Εικόνα 47. Project με ένδειξη LIVE, έτοιμο για χρήση

Αν με την χρήση του browser του DAQRI από μία έξυπνη συσκευή σαρωθεί ή αρχική εικόνα, στην οθόνη της συσκευής εμφανίζονται όλα τα experiences που χρησιμοποιήθηκαν στο πρώτο chapter και ακολούθως η εφαρμογή λειτουργεί έτσι όπως έχει προγραμματίσει ο χρήστης.

3.3.2 *Open Source*

Τα εργαλεία ανοιχτού λογισμικού είναι πολύ λιγότερα σε πλήθος σε σχέση με τα εμπορικά. Έχουν δημιουργηθεί τα τελευταία χρόνια και παρέχουν πολλές δυνατότητες ανάπτυξης AR εφαρμογών οι οποίες μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε smartphones με λειτουργικό Android, iOS. Υποστηρίζουν χαρακτηριστικά όπως: 3D Object Tracking, GPS, marker recognition κ.α. (βλ. αναλυτική περιγραφή Παράρτημα 1, Πιν. 2).

3.3.2.1 *DroidAR*

Ένα από τα open source λογισμικά επαυξημένης πραγματικότητας είναι το DroidAR. Το DroidAR είναι ένα framework ανοιχτού κώδικα με ελεύθερη άδεια χρήσης (GNU GPL v3 license) (Foundation, n.d.) για μη εμπορικές εφαρμογές. Οι AR εφαρμογές προορίζονται για Android συσκευές και μπορεί να είναι με βάση την τοποθεσία (location-based) ή με βάση αναγνώρισης marker (marker based) (DroidAR, n.d.).

Το DroidAR αρχικά δημιουργήθηκε το 2010 ως πρωτότυπο εργαλείο ανάπτυξης εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας και φιλοξενήθηκε στο Google Code (Google, n.d.). Από τότε συνεχώς βελτιώνεται και προστίθενται νέα χαρακτηριστικά και λειτουργίες.

Αυτή την στιγμή το λογισμικό DroidAR είναι τοποθετημένο στο αποθετήριο GitHub στην ηλεκτρονική διεύθυνση <https://github.com/bitstars/droidar>. Ο λόγος που μεταφέρθηκε είναι η ευκολία αλληλεπίδρασης πολλών προγραμματιστών για την συνεχή βελτίωση και αναβάθμιση του λογισμικού. Έτσι, το DroidAR SDK επιτρέπει σε άλλους προγραμματιστές να ενσωματώνουν στις δικές τους εφαρμογές στοιχεία επαυξημένης πραγματικότητας.

Εάν ο προγραμματιστής δεν είναι ήδη μέλος του GitHub, δημιουργεί ένα account και έχει την δυνατότητα χρήσης του αποθετηρίου για τις ανάγκες των εφαρμογών του. Στην ιστοσελίδα του GitHub (GitHub, n.d.), δίνονται όλες οι οδηγίες με λεπτομέρεια για την επίτευξη χρήσης του αποθετηρίου και περιγράφονται οι λειτουργίες που παρέχει, όπως δημιουργία, διακλάδωση (fork) ή συνεργασία αποθετηρίων.

Οι βιβλιοθήκες λογισμικού του DroidAR χρησιμοποιούνται μέσω του Eclipse και συνίσταται να προτιμάται η προεπιλεγμένη μορφοποίηση έτσι ώστε να αποφεύγονται συγκρούσεις κατά την διαδικασία commit προς το αποθετήριο και η αναθεώρηση του κώδικα είναι πιο εύκολη.

Αυτή τη στιγμή το framework χρησιμοποιείται από πολλούς προγραμματιστές σε όλο τον κόσμο διότι καλύπτει και αυξάνει τα ενδιαφέροντα τους. Οι αριθμοί που καταγράφονται στον ιστότοπο είναι περίπου 1500 επισκέψεις του site ανά μήνα με μια αυξανόμενη τάση. Επίσης, το 83% των περίπου 3200 προγραμματιστών επιστρέφουν στην ιστοσελίδα ύστερα από την αρχική τους επίσκεψη (DroidAR, n.d.).

3.3.3 Εμπορικές λύσεις

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί αρκετές αποκλειστικά εμπορικές πλατφόρμες παραγωγής περιεχομένου για την επαύξηση του πραγματικού κόσμου. Χρησιμοποιούνται για καθαρά επαγγελματικό σκοπό και οι εφαρμογές που δημιουργούνται είναι αρκετά εντυπωσιακές και πρωτότυπες. Ένα από τα εργαλεία που ανήκει σε αυτή την κατηγορία είναι το Xloudia.

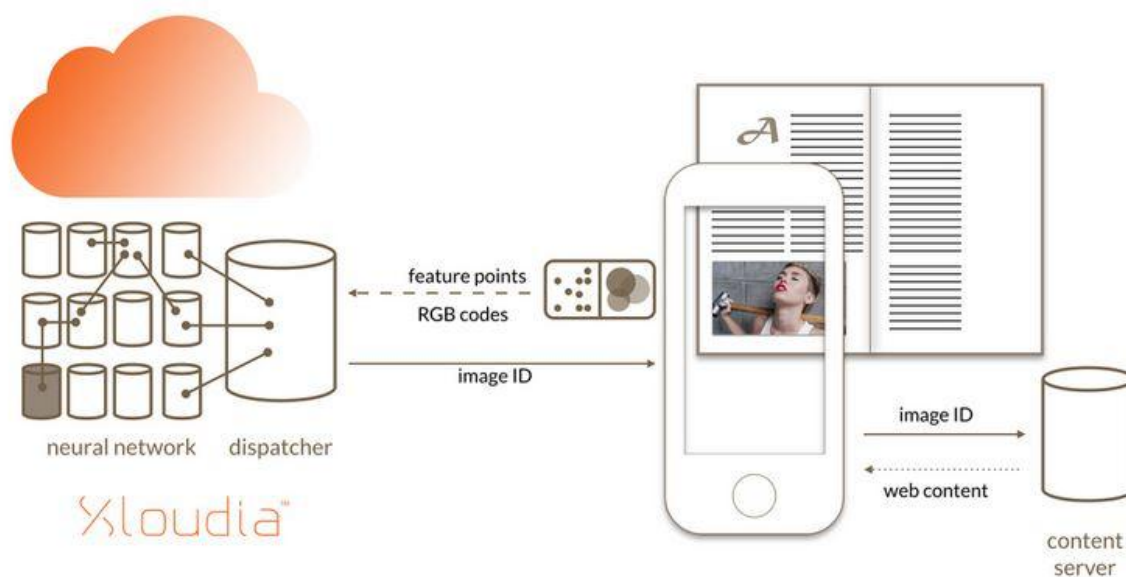
3.3.3.1 Xloudia

Το Xloudia (Xloudia, n.d.) ξεκίνησε ως ένα side project του LM3LABS (LM3LABS, n.d.) κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού του 2012, όταν άρχισε να αναπτύσσεται η τεχνολογία 4G LTE από τους τηλεπικοινωνιακούς παρόχους της Ιαπωνίας. Είναι μια προσπάθεια χρήσης της υπηρεσίας αναγνώρισης εικόνων από κινητά τηλέφωνα που από την φύση τους ήταν περιορισμένα σε επεξεργαστική ισχύ και σε μνήμη.

Με το Xloudia προσφέρονται απεριόριστες δυνατότητες αναγνώρισης εικόνων από ένα smartphone. Η κυριότερη επεξεργασία γίνεται με την χρήση της τεχνολογίας του υπολογιστικού νέφους όπου οι διακομιστές του Xloudia είναι οργανωμένοι στο σύννεφο με την μορφή ενός νευρωνικού δικτύου. Η διαδικασία ξεκινάει με την αποστολή των χαρακτηριστικών σημείων της εικόνας από την ροή βίντεο του smartphone στους διακομιστές για να γίνει σύγκριση με τα γνωστά καταγεγραμμένα πρότυπα εικόνων. Στη συνέχεια, το αίτημα διανέμεται στο νευρωνικό δίκτυο των διακομιστών και επιστρέφεται ένα αποτέλεσμα που είναι το ID της εικόνας έτσι όπως είναι καταγεγραμμένο στο σύστημα. Έτσι το smartphone στέλνει το ID της εικόνας σε ένα εξωτερικό CMS για να λάβει web περιεχόμενο (φωτογραφίες, 3D μοντέλα, τιμές κλπ.).

Ένα από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του συστήματος Xloudia είναι ότι αποτελεί την γρηγορότερη υπηρεσία αναγνώρισης εικόνας και βίντεο στην αγορά. Έχει σχεδιαστεί για να χρησιμοποιείται στην βιομηχανία των κινητών συσκευών και περισσότερο για τις συσκευές εκείνες με την υποστήριξη 4G LTE χαρακτηριστικών.

Σήμερα έχουν αναπτυχθεί διάφορα modules, για παράδειγμα Xloudia TV, με οποίο γίνεται αναγνώριση τηλεοπτικού προγράμματος ή μιας ταινίας σε πραγματικό χρόνο.



Εικόνα 48. Αρχιτεκτονική Xloudia (Xloudia, n.d.).

Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι το LM3LABS είναι μια ομάδα ανθρώπων (μηχανικών, ερευνητών, σχεδιαστών) από διαφορετικές χώρες, οι οποίοι επικεντρώνονται στην παραγωγή μοναδικών καινοτόμων προϊόντων με βάση την υπολογιστική όραση και διαδραστικές λύσεις (LM3LABS, n.d.).

3.4 Αξιολόγηση

Ένας προγραμματιστής ή μια ομάδα προγραμματιστών όταν αναλαμβάνει να βγάλει εις πέρας ένα project, μικρό ή μεγάλο, και έχοντας υπόψη μια δέσμη εργαλείων ανάπτυξης όπου το κάθε ένα από αυτά έχει πανομοιότυπα αλλά και ιδιαίτερα χαρακτηριστικά σε σχέση με κάποιο άλλο, θα πρέπει να διαλέξει το εργαλείο που θα χρησιμοποιήσει ανάλογα τα κριτήρια που θα θέσει και τις απαιτήσεις της εφαρμογής που θέλει να καλύψει. Είναι σπάνιο να υπάρχει ένα εργαλείο που θα δίνει λύσεις σε όλα τα προβλήματα και απαιτήσεις μιας εφαρμογής, για αυτό άλλωστε υπάρχουν και πολλά πανομοιότυπα εργαλεία ή γλώσσες προγραμματισμού και βιβλιοθήκες λογισμικού.

Αφού οριστούν τα κριτήρια που καλύπτει το κάθε εργαλείο ανάπτυξης, γίνεται η αξιολόγηση αυτών σε σύγκριση με τον βαθμό κάλυψης των απαιτήσεων της εφαρμογής που πρόκειται να αναπτυχθεί και να επιλεγεί το καταλληλότερο εργαλείο σε κάθε περίπτωση. Η διαδικασία αυτή πιστεύουμε πως είναι αποδοτική διότι έτσι επιλέγεται η καλύτερη βέλτιστη λύση σε ότι αφορά το εργαλείο ανάπτυξης και υπάρχει και η τεκμηρίωση για την επιλογή του. Επιπλέον αποφεύγεται η σπατάλη χρόνου και δημιουργικότητας του προγραμματιστή σε περίπτωση λανθασμένης επιλογής εργαλείου ανάπτυξης και επιταχύνεται η διαδικασία δημιουργίας της εφαρμογής με τις απαιτήσεις που έχει και είναι σχετικά εύκολο να προταθούν και άλλες λειτουργικές απαιτήσεις που μπορεί να προστεθούν μελλοντικά.

Έχοντας ως σημείο αναφοράς τα παραπάνω, θα προσπαθήσουμε να προσδιορίσουμε ορισμένα σημαντικά κατά την γνώμη μας κριτήρια για την επιλογή του καταλληλότερου εργαλείου ανάπτυξης που έχουμε περιγράψει. Στη συνέχεια θα αξιολογήσουμε τα κριτήρια αυτά με βάση τις απαιτήσεις της εφαρμογής μας για να καταλήξουμε στο εργαλείο που θα χρησιμοποιήσουμε.

3.4.1 Ορισμοί κριτηρίων

Τα κριτήρια επιλογής ενός εργαλείου ανάπτυξης μιας εφαρμογής AR εξαρτώνται από τις δυνατότητες που παρέχει το εργαλείο και όχι μόνο. Σημαντικά στοιχεία που καθορίζουν την επιλογή ενός εργαλείου με τυχαία σειρά είναι:

- **Το είδος του εργαλείου – ελεύθερο ή εμπορικό.** Μπορούμε να καταλάβουμε ότι το κριτήριο αυτό έχει να κάνει κυρίως με δύο παραμέτρους:
 - το οικονομικό ζήτημα και
 - τις παρεχόμενες δυνατότητες του εργαλείου.

Η απόφαση για την πρώτη παράμετρο θα μπορούσε να έχει σχέση με την εμπορικότητα της υπηρεσίας, την πιθανή επέκτασή της και την βιωσιμότητα για μια επιθυμητή χρονική διάρκεια, έτσι ώστε ο προγραμματιστής να έχει ένα συμφέρον και κάποιο οικονομικό κέρδος από την εφαρμογή που θα αναπτύξει. Η δεύτερη παράμετρος καθορίζει το τι θα μπορεί να αναπτυχθεί ανάλογα με την επιλογή του είδους εργαλείου.

- **Υποστηριζόμενες πλατφόρμες** – Android, iOS, Windows Mobile. Το κριτήριο αυτό έχει να κάνει με τις συσκευές που θα χρησιμοποιεί ο τελικός χρήστης, με την έννοια του τι λειτουργικό σύστημα υπάρχει στην συσκευή και ποια λειτουργικά συστήματα υποστηρίζει το εργαλείο που θα επιλέξει.
- **Χαρακτηριστικά AR εφαρμογής που καλύπτει** – marker-based, location-based, υποστήριξη 3D, αναγνώριση εικόνας/προσώπου. Και εδώ πάλι σε σχέση με τις απαιτήσεις και τις λειτουργίες που θέλουμε να έχει η εφαρμογή κάνουμε την ανάλογη επιλογή.
- **Επιπλέον δυνατότητες** – API, SDK. Είναι εύκολο να καταλάβει κανείς ότι όταν κάποιο εργαλείο διαθέτει βιβλιοθήκες λογισμικού, οι δυνατότητες που παρέχονται είναι περισσότερες.
- **Ευκολία κατασκευής AR εφαρμογής** – απαραίτητες ή όχι γνώσεις προγραμματισμού. Όπως περιγράψαμε στα προηγούμενα κεφάλαια, πολλά εργαλεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν από απλούς χρήστες, άλλα εργαλεία μόνο από προγραμματιστές. Ο απλός χρήστης πιθανόν θα προτιμούσε ένα εργαλείο ίσως με γραφικό περιβάλλον, χωρίς να χρειαστεί να γράψει κώδικα γιατί μάλλον δεν έχει γνώσεις προγραμματισμού. Από την άλλη, υπάρχουν περιπτώσεις που και οι προτιμήσεις ενός προγραμματιστή να ταυτίζονται με αυτές του απλού χρήστη, με την διαφορά ότι ο προγραμματιστής θα γράψει κώδικα αν υπάρξει τέτοια απαίτηση.
- **Συσκευές για τις οποίες προορίζεται** – HMD, smartglasses, smartphone, tablet. Εδώ, στην απόφαση για την επιλογή του εργαλείου, θα πρέπει να συνυπολογιστεί και το είδος της συσκευής από την οποία θα γίνεται η χρήση της. Πιθανόν θα έχει να κάνει με το μέγεθος της οθόνης αν πρόκειται για smartphone ή tablet, ή με την απόσταση του περιεχομένου επαύξησης από τα μάτια του χρήστη αν πρόκειται για HMD ή smartglasses.
- **Μελλοντικές ανάγκες ή δυνατότητες επέκτασης εφαρμογής.** Αν όχι πάντα, τότε τις περισσότερες φορές υπάρχει η επιθυμία η εφαρμογή που θα αναπτυχθεί να έχει μέλλον. Και με τους υφιστάμενους ρυθμούς ανάπτυξης της τεχνολογίας, υπάρχει και η επιθυμία επέκτασης της εφαρμογής. Αυτό είναι ένα κριτήριο που καθορίζει και την βιωσιμότητα της εφαρμογής/υπηρεσίας, και αν το εργαλείο που θα επιλεγεί για την ανάπτυξή της έχει αυτή την δυνατότητα, τότε σίγουρα θα θεωρηθεί ως σημαντικό πλεονέκτημα.
- **Η διεπαφή χρήστη.** Το κριτήριο αυτό έχει να κάνει με τους τελικούς χρήστες. Για παράδειγμα αν προτιμούν «πλούσια» γραφική απεικόνιση του περιεχομένου επαύξησης, ευκολία χρήσης της εφαρμογής. Θα πρέπει το εργαλείο να υποστηρίζει τέτοιου είδους στοιχεία έτσι ώστε η εφαρμογή να «κερδίσει» τον τελικό χρήστη ή την ομάδα χρηστών στην οποία απευθύνεται.

3.4.2 Συγκριτική αξιολόγηση

Όπως έχουμε διαπιστώσει από τις περιγραφές των διαφόρων AR εργαλείων ανάπτυξης, το κάθε ένα από αυτά έχει τα δικά του χαρακτηριστικά. Λαμβάνοντας υπόψη τα κριτήρια επιλογής που θέσαμε προηγουμένως, ταξινομούμε τα εργαλεία σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητές τους (Πιν. 5).

	ARToolKit	DroidAR	Wikitude	Layar	DAQRI 4D Studio	Xloudia
Είδος	Free, commercial	Open Source	Free, commercial	Free, commercial	Free, commercial	Commercial
Πλατφόρμες	iOS, Android	Android	iOS, Android	iOS, Android	iOS, Android	iOS, Android, Windows phone, Web
Χαρακτηριστικά	Marker	3D objects, GPS, Marker	3D objects, GPS, Image recognition	3D objects, GPS, Image recognition	3D objects, GPS, Image recognition, Spatial	3D objects, GPS, Video recognition
Επιπλέον δυνατότητες	SDK	free SDK	SDK	API, SDK		API
Προγραμματιστικές ικανότητες	Απαραίτητες	Απαραίτητες	Απαραίτητες ανάλογα με την εφαρμογή	Χρειάζονται για χρήση SDK	Δεν είναι απαραίτητες	Απαραίτητες
Συσκευές	smartphone ή tablet	smartphone ή tablet	HMD, smartglasses, smartphone, tablet.	HMD, smartglasses, smartphone, tablet.	HMD, smartglasses, smartphone, tablet.	HMD, smartglasses, smartphone, tablet.
Δυνατότητες επέκτασης	Ναι	Ναι	Ναι με SDK	Ναι με SDK	Ναι	Ναι
Η διεπαφή χρήστη	Αποκλειστική επιλογή του προγραμματιστή	Αποκλειστική επιλογή του προγραμματιστή	Browser	Browser	Browser	Browser

Πίνακας 5. Ταξινόμηση AR εργαλείων

Παρατηρώντας τον Πίνακα 5, διαπιστώνουμε ότι:

- i. Όλα τα εργαλεία υποστηρίζουν την πλατφόρμα Android, άρα και όλες τις έξυπνες συσκευές με το αντίστοιχο λειτουργικό σύστημα μπορούν να χρησιμοποιήσουν μια AR εφαρμογή που αναπτύχθηκε με ένα από αυτά.
- ii. Εάν η συσκευή από την οποία θα γίνεται η χρήση μιας AR εφαρμογής έχει λειτουργικό σύστημα iOS, τότε το εργαλείο DroidAR δεν είναι κατάλληλο.
- iii. Τα περισσότερα από τα εργαλεία που περιγράψαμε δίνουν στον προγραμματιστή δωρεάν το δικαίωμα δημιουργίας μικρών εφαρμογών με περιορισμένες λειτουργίες. Σε περίπτωση

ειδικών ή αυξημένων απαιτήσεων, ο προγραμματιστής θα πρέπει να αγοράσει άδεια χρήσης ή/και βιβλιοθήκες λογισμικού. Το DroidAR, επειδή είναι λογισμικό ανοιχτού κώδικα, παρέχει δωρεάν SDK για μη εμπορικές εφαρμογές.

- iv. Σχεδόν όλα τα εργαλεία απαιτούν καλές προγραμματιστικές ικανότητες για πιο ειδικευμένες εφαρμογές, ενώ το DAQRI 4D Studio είναι αυτό που διαφέρει και την τρέχουσα χρονική στιγμή δεν έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις προγραμματισμού.
- v. Εκτός του ARToolKit, όλα τα υπόλοιπα εργαλεία υποστηρίζουν 3D objects και GPS, που σημαίνει κατά συνέπεια δημιουργία location-based εφαρμογών.
- vi. Το εργαλείο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ανάπτυξη εφαρμογών AR με χωρική επαύξηση είναι το DAQRI 4D Studio.
- vii. Το DAQRI 4D Studio στην εκδοχή του για εκπαιδευτική χρήση προσφέρει δωρεάν υπηρεσίες support και οι περιορισμοί που υπάρχουν από τις εμπορικές εκδόσεις του είναι ελάχιστες σε σχέση με τα άλλα εργαλεία της κατηγορίας Free commercial.
- viii. Η διεπαφή χρήστη στα εργαλεία ARToolKit και DroidAR είναι αποκλειστική επιλογή του προγραμματιστή. Ενώ τα άλλα εργαλεία διαθέτουν δικά τους browsers για την έναρξη της εφαρμογής τα οποία είναι δωρεάν διαθέσιμα στον χρήστη. Το περιβάλλον αλληλεπίδρασης που θα σχεδιάσει προγραμματιστής το για την εφαρμογή του θα εμφανίζεται μετά την έναρξη του browser. Αυτό σημαίνει ότι οποιαδήποτε εφαρμογή που αναπτύχθηκε με την χρήση κάποιου από τα εργαλεία αυτά είναι διαθέσιμη στους χρήστες, αρκεί να γνωρίζουν το αντικείμενο του πραγματικού κόσμου που θα αποτελεί το σημείο έναρξής της (εικόνα, marker, 3D object κλπ).
- ix. Τέλος, το μόνο αποκλειστικά εμπορικό εργαλείο είναι η πλατφόρμα Xcloudia, όπου εκτός από πολλά κοινά με τα υπόλοιπα εργαλεία χαρακτηριστικά, ένα από τα επιπλέον στοιχεία που διαθέτει είναι ότι υποστηρίζει αναγνώριση βίντεο (π.χ. ενός τηλεοπτικού προγράμματος) και το επαυξάνει με τις ψηφιακές πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο.

Έχοντας υπόψη όλα τα παραπάνω καταλήξαμε στην χρήση του εργαλείου DAQRI 4D Studio. Το εργαλείο αυτό θεωρήθηκε το καταλληλότερο επειδή:

- εφαρμογές που αναπτύσσονται με αυτό λειτουργούν σε συσκευές με λειτουργικό Android ή iOS έτσι απευθυνόμαστε σε μεγαλύτερο πλήθος χρηστών που διαθέτουν έξυπνες κινητές ηλεκτρονικές συσκευές
- το εργαλείο παρέχει δυνατότητα ανάπτυξης εφαρμογών και σε ανθρώπους που δεν είναι σχετικοί με προγραμματισμό, δηλαδή ένας δάσκαλος θα μπορούσε να το χρησιμοποιήσει για να φτιάξει μια μικροεφαρμογή για κάποιο αντικείμενο διδασκαλίας του μαθήματός του. Το γεγονός αυτό θα μπορούσε να είναι ένας τρόπος προώθησης της χρήσης της τεχνολογίας επαυξημένης πραγματικότητας σε πολλούς τομείς στην εκπαίδευση

- η δυνατότητα δημιουργίας λογαριασμού για εκπαιδευτικό σκοπό που παρέχεται από το DAQRI χωρίς κάποια οικονομική επιβάρυνση και με παροχή δωρεάν υπηρεσίας υποστήριξης και αποθηκευτικού χώρου, το διακρίνει από τα άλλα εργαλεία ανάπτυξης
- υπάρχει η δυνατότητα αναγνώρισης μιας εικόνας, που είναι ένα από τα ζητούμενα της εφαρμογής που θα αναπτύξουμε
- παρέχεται δυνατότητα πλοήγησης μέσα στην εφαρμογή, ένα στοιχείο που θα χρειαστούμε για την κατηγοριοποίηση του ψηφιακού περιεχομένου που θα εμφανίζεται μέσω της εφαρμογής
- ένα ακόμη σημαντικό στοιχείο είναι η χρήση του δωρεάν browser του εργαλείου, που δίνει την δυνατότητα χρήσης και άλλων εφαρμογών που πιθανόν να αναπτυχθούν μελλοντικά. Αυτό είναι σημαντικό γιατί δεν θα χρειαστεί ο χρήστης να εγκαθιστά κάθε φορά μια νέα εφαρμογή παρά μόνο να χρησιμοποιεί το ήδη υπάρχον browser και να γνωρίζει το αντικείμενο στο οποίο θα εστιάσει την συσκευή του
- τέλος, το DAQRI 4D Studio, ως ένα εργαλείο για ανάπτυξη εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας, θα μπορούσε να αποτελέσει αντικείμενο διδασκαλίας για παράδειγμα στο λύκειο, με αποτέλεσμα η νέα γενιά να γνωρίσει αυτή την αναπτυσσόμενη τεχνολογία και να συμβάλει στην περεταίρω εξέλιξή της.

4

Η προτεινόμενη υπηρεσία

Η ολοένα αυξανόμενη χρήση ηλεκτρονικών συσκευών νέας τεχνολογίας σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας, καθιστά απαραίτητη την ανάπτυξη νέων υπηρεσιών με στόχο την προσθήκη επιπλέον αξιών και την αξιοποίησή αυτών με το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Η αξιοποίηση της προστιθέμενης αξίας μιας υπηρεσίας στον χώρο της εκπαίδευσης έχει μια ιδιαίτερη σημασία, ειδικά όταν αφορά την πρωτοβάθμια και την δευτεροβάθμια εκπαίδευση, χώρους όπου χτίζεται το γνωστικό επίπεδο ενός ατόμου, παρατηρείται η μεγαλύτερη απορρόφηση γνώσεων και διαμορφώνεται το γνωστικό υπόβαθρο που θα αποτελεί το στήριγμα για την περεταίρω εξέλιξη.

Ο τρόπος με τον οποίο επιτυγχάνεται η απόκτηση γνώσεων παίζει καθοριστικό ρόλο στην διατήρηση αυτών. Η χρήση ηλεκτρονικών μέσων και η ενσωμάτωση τεχνικών με την χρήση μέσων αυτών στην διαδικασία μάθησης, ενεργοποιεί το ενδιαφέρον των μαθητών, βοηθάει στην συγκέντρωση, «ξυπνάει» την δημιουργικότητα και αξιοποιεί καλύτερα την φαντασία τους, καθώς επίσης και δίνει κίνητρα για την ανακάλυψη νέων γνώσεων.

Στην εργασία μας προτείνουμε έναν τρόπο διδασκαλίας με την χρήση έξυπνων κινητών ηλεκτρονικών συσκευών, αναπτύσσοντας μια υπηρεσία με σημείο αναφοράς την τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας.

4.1 Η ιδέα

Αναζητώντας καινούριες τεχνικές και νέους τρόπους εκμάθησης, που θα ενεργοποιήσουν και θα παρακινήσουν τους μαθητές να ανακαλύψουν με έναν ευχάριστο τρόπο νέες γνώσεις, αποφασίσαμε

να αναπτύξουμε μια υπηρεσία επαυξημένης πραγματικότητας για μια ενότητα του αναλυτικού προγράμματος σπουδών που αφορά την πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Λαμβάνοντας υπόψη την προτίμηση των ηλεκτρονικών συσκευών από τα παιδιά σήμερα, σκεφτήκαμε να αξιοποιήσουμε αυτό το γεγονός προτείνοντας έναν εποικοδομητικό τρόπο χρήσης τους σε συνδυασμό με την εκπαίδευση. Στόχος μας είναι να μάθουν τα παιδιά να μελετούν με νέους τρόπους πέρα από το σχολικό βιβλίο, από διαφορετικές πηγές που συνεχώς ανανεώνονται και εμπλουτίζονται, να αξιοποιούν τον ψηφιακό κόσμο της πληροφορίας για την εκπαίδευσή τους χρησιμοποιώντας της έξυπνες ηλεκτρονικές συσκευές όπως tablet.

4.2 Περιγραφή του αντικειμένου της εργασίας

Όπως αναφέραμε στο Κεφάλαιο 2, μια εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας θα πρέπει να συνδυάζει πραγματικά και εικονικά αντικείμενα σε ένα πραγματικό περιβάλλον, να αλληλεπιδρά με το περιβάλλον σε πραγματικό χρόνο και να υπάρχει τρισδιάστατη ευθυγράμμιση/συντονισμός (registration/align) πραγματικών και εικονικών αντικειμένων μεταξύ τους. Επίσης, να ακολουθούνται τέσσερα διαδοχικά βήματα για την διαδικασία της επαύξησης τα οποία είναι:

- η σύλληψη (capture) του αντικειμένου του πραγματικού κόσμου που αποτελεί το σημείο αναφοράς για την επαύξηση,
- η αναγνώριση/εντοπισμός (identification/tracking) του αντικειμένου αυτού για την επιλογή της σωστής πληροφορίας που θα επαυξάνει την σκηνή,
- η επεξεργασία (processing) της σκηνής και η επαύξηση αυτής με την πρόσθετη πληροφορία
- η οπτικοποίηση (visualization) της επαυξημένης σκηνής

Το αντικείμενο του πραγματικού κόσμου για την επαύξηση, όπως αναφέραμε σε προηγούμενο κεφάλαιο, μπορεί να είναι ένας κωδικός QR, ένα Marker, ένα τρισδιάστατο αντικείμενο, μια εικόνα, ένα πρόσωπο, ένα βίντεο.

Στην υπηρεσία που αναπτύξαμε, σημείο αναφοράς της εφαρμογής είναι η αναγνώριση μιας εικόνας και η επαύξησης της στη συνέχεια με ψηφιακό περιεχόμενο. Το περιεχόμενο αυτό αποτελείται από κείμενο, βίντεο, εικόνες, διευθύνσεις URL. Ιδιαίτερη σημασία σε μια εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας έχει η δυναμικότητα του περιεχομένου επαύξησης. Και αυτό σημαίνει ότι δεν θα δημιουργείται από τον προγραμματιστή της εφαρμογής, παρά το γεγονός ότι υπάρχει και αυτή η δυνατότητα, αλλά να χρησιμοποιείται το ήδη υπάρχον σε διάφορες δυναμικές πλατφόρμες στο διαδίκτυο. Γνωρίζοντας ότι ο όγκος των δεδομένων που μεταφέρονται καθημερινά στο διαδίκτυο σε πολλές πλατφόρμες με δυναμικό περιεχόμενο αυξάνεται με πολύ γρήγορους ρυθμούς, η χρήση διεπαφών με τις πλατφόρμες αυτές σε μια εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας κρατά τον

χρήστη της εφαρμογής συνεχώς ενήμερο, παρέχοντάς του κάθε αλλαγή που πραγματοποιείται σε σχέση με το αντικείμενο που διαπραγματεύεται.

Η υπηρεσία που θα αναπτύξουμε θα χρησιμοποιεί τις διεπαφές από ορισμένες δυναμικές πλατφόρμες του διαδικτύου από όπου θα «τραβάει» τις πληροφορίες και θα τις παρουσιάζει στον τελικό χρήστη. Οι πλατφόρμες στις οποίες αναφερόμαστε είναι η Wikipedia, το Youtube, το SlideShare. Επίσης χρησιμοποιείται και η πλέον διαδεδομένη μηχανή αναζήτησης Google για την εύρεση πληροφοριών σχετικών με τα ερωτήματα του χρήστη από τις επιλογές που θα πραγματοποιήσει με τη χρήση της υπηρεσίας.

Το περιβάλλον που θα χρησιμοποιηθεί η εφαρμογή αποτελείται από μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευση και συγκεκριμένα μαθητές δημοτικού σχολείου. Το θέμα διαπραγμάτευσης έχει να κάνει με την εκμάθηση των μαθητών ορισμένων βασικών εννοιών ενός υπολογιστικού συστήματος και συγκεκριμένα το «Υλικό του υπολογιστή» στα πλαίσια της θεματικής ενότητας «Γνωρίζω τον υπολογιστή». Είναι ουσιαστικά μια πρόταση διδασκαλίας με την χρήση μιας διαφορετικής τεχνολογίας ή οποία αν και έχει ξεκινήσει να αναπτύσσεται εδώ και αρκετές δεκαετίες, δεν είναι ακόμη γνωστή στο ευρύ κοινό και μόλις που έχει αρχίσει να κάνει την εμφάνισή της στην χώρα μας.

Η διδακτική αυτή πρόταση θα υλοποιηθεί και θα αξιολογηθεί μέσα σε τάξη δημοτικού σχολείου, σε ομάδα μαθητών ηλικίας 11-12 ετών κατά την διάρκεια μιας διδακτικής ώρας. Το ίδιο αντικείμενο θα διδαχθεί σε άλλη ομάδα μαθητών ίδιας ηλικίας και ίδιας διάρκειας με τον παραδοσιακό τρόπο μάθησης. Στη συνέχεια θα γίνει η αξιολόγηση της διδακτικής μεθόδου και θα παρουσιαστούν τα σχετικά αποτελέσματα και τα συμπεράσματα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ομάδα μαθητών που θα χρησιμοποιήσει την προτεινόμενη μεθοδολογία εκμάθησης θα ενημερωθεί αρχικά για την τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας, τα χαρακτηριστικά, τις ιδιότητες που έχει και τους τομείς στους οποίους εφαρμόζεται.

5

Η υλοποίηση της υπηρεσίας

Για την υλοποίηση της υπηρεσίας ακολουθήσαμε μια σειρά βημάτων:

1. Αρχικά επιλέξαμε την θεματική ενότητα που θα διδαχθεί
2. Στη συνέχεια επιλέξαμε το εργαλείο ανάπτυξης της υπηρεσίας
3. Ακολούθησε η σχεδίαση της εφαρμογής και τέλος
4. Η ανάπτυξη.

5.1 Τα βήματα υλοποίησης

Η περιγραφή της θεματικής ενότητας έγινε στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Το επόμενο βήμα αφορά την επιλογή του εργαλείου με τη χρήση του οποίου θα γίνει η ανάπτυξη της υπηρεσίας. Για αυτό το σκοπό θα βασιστούμε στα κριτήρια που έχουμε θέσει στο Κεφάλαιο 3. Έτσι:

- Θα εστιάσουμε την προσοχή μας είτε σε open source εργαλείο, είτε σε free commercial με την ιδιότητα να παρέχει υπηρεσίες και δυνατότητες για εκπαιδευτική χρήση λόγω της φύσης της υπηρεσίας.
- Η υπηρεσία θα απευθύνεται σε χρήστες που χρησιμοποιούν Android ή iOS συσκευές.
- Σε ό, τι αφορά τα χαρακτηριστικά της εφαρμογής για τον τρόπο επαύξησης του πραγματικού κόσμου, μας ενδιαφέρει η ικανότητα αναγνώρισης μιας εικόνας ή marker από το πραγματικό περιβάλλον και όχι η γεωγραφική τοποθεσία.

- Οι ειδικές γνώσεις προγραμματισμού δεν είναι απαραίτητες έτσι ώστε κάποιος εκπαιδευτικός διαφορετικού κλάδου να μπορέσει να αναπτύξει μικροεφαρμογές για το διδακτικό του αντικείμενο.
- Η εφαρμογή θα είναι κατασκευασμένη για να λειτουργεί σε smartphone ή tablet.
- Υπάρχει πιθανότητα για μελλοντικές επεκτάσεις της εφαρμογής
- Θα προτιμήσουμε την χρήση browser που παρέχεται δωρεάν από το εργαλείο διότι σε περίπτωση ανάπτυξης ενός άλλου διδακτικού αντικειμένου της ίδιας ή διαφορετικής θεματικής ενότητας, ο χρήστης δεν θα χρειαστεί να εγκαταστήσει κάποια άλλη εφαρμογή στην συσκευή του. Το μόνο που θα χρειαστεί να γνωρίζει είναι το αντικείμενο που θα συλλάβει και θα αναγνωρίσει ο browser.

Εξετάζοντας όλες τις απαιτήσεις της εφαρμογής σε συνδυασμό με τα κριτήρια καταλήξαμε στην χρήση του εργαλείου DAQRI 4D Studio.

Προτού προχωρήσουμε στην διαδικασία της ανάπτυξης προηγήθηκε ο σχεδιασμός της εφαρμογής με μία σχηματική αναπαράσταση

- της λειτουργικότητας με τον καθορισμό των επιλογών,
- την πλοήγηση,
- του περιεχομένου επαύξησης.

Τέλος, προχωρήσαμε στην ανάπτυξη της εφαρμογής με την χρήση του εργαλείου της επιλογής μας.

5.2 Τεχνικές λεπτομέρειες

5.2.1 Λεπτομέρειες υλοποίησης

Τα στάδια που ακολουθήσαμε για την υλοποίηση της εφαρμογής είναι:

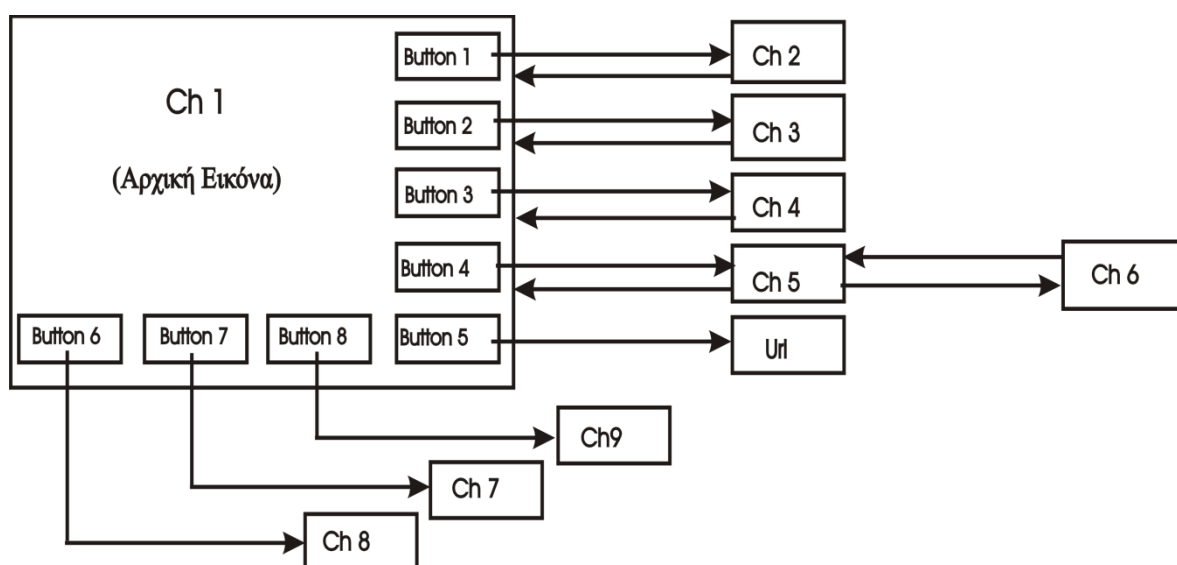
- Καθορισμός απαιτήσεων
- Επιλογή εργαλείου ανάπτυξης
- Σχεδιασμός και
- Ανάπτυξη εφαρμογής

Ο καθορισμός απαιτήσεων και η διαδικασία επιλογής του εργαλείου ανάπτυξης περιγράφονται αναλυτικά στα προηγούμενα. Στην ενότητα αυτή θα περιγράψουμε τα στάδια σχεδιασμού και ανάπτυξης της εφαρμογής εστιάζοντας την προσοχή μας στο πρακτικό κομμάτι της υλοποίησης με αντίστοιχες τεχνικές λεπτομέρειες .

5.2.1.1 Στάδιο σχεδιασμού

Προτού αναπτυχθεί μια οποιαδήποτε εφαρμογή είναι απαραίτητος ο αρχικός σχεδιασμός της. Με αυτό το σκεπτικό και λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις της εφαρμογής και τις δυνατότητες του εργαλείου που επιλέξαμε, αναπαραστήσαμε σχηματικά τον τρόπο λειτουργίας της εφαρμογής.

Στο παρακάτω σχήμα (Εικ. 49) βλέπουμε ότι η εκκίνηση της εφαρμογής θα γίνεται με σημείο αναφοράς μια αρχική εικόνα. Αφού γίνει η σύλληψη και η αναγνώριση της εικόνας θα εμφανίζεται ένα σύνολο από Buttons.



Εικόνα 49. Σχηματική παράσταση λειτουργικότητας της εφαρμογής

Αναλυτικά:

- Τα Buttons αυτά αποτελούν ένα μέρος του ψηφιακού περιεχομένου επαύξησης της εικόνας και το κάθε ένα από αυτά έχει μια συγκεκριμένη λειτουργία.
- Η συντομογραφία Ch προκύπτει από την λέξη Chapter, ένας όρος του εργαλείου που χρησιμοποιήσαμε και αναφέρεται σε διαφορετικές οθόνες που βλέπει ο χρήστης ανάλογα με την επιλογή Button που κάνει. Κάθε Chapter έχει «δικό του» ψηφιακό περιεχόμενο επαύξησης
- Το βέλος απεικονίζει την κατεύθυνση μεταφοράς του χρήστη από μια οθόνη σε μία άλλη ή αλλιώς από το ένα Chapter στο άλλο, ενώ
- το Url, στο οποίο δείχνει το βέλος από το Button 5 του Ch1, σημαίνει ότι πατώντας το συγκεκριμένο Button ο χρήστης θα μεταφερθεί σε μια τοποθεσία στο διαδίκτυο από την αρχική οθόνη με το επαυξημένο περιεχόμενο.

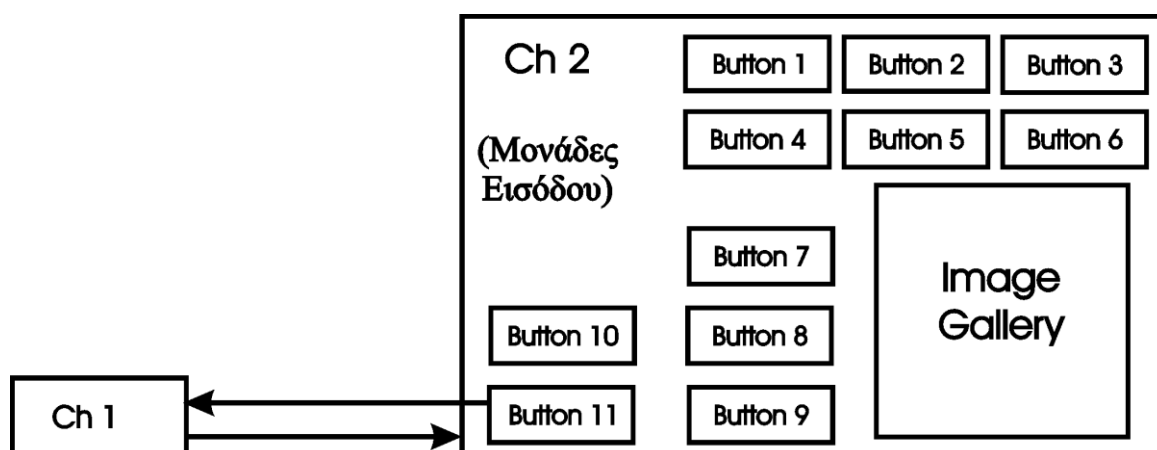
Κάθε Button θα έχει μια ονομασία που θα φαίνεται στον χρήστη και μια λειτουργία που θα πραγματοποιείται εάν ο χρήστης το επιλέξει. Η ονομασία και η λειτουργία του κάθε Button είναι:

Button	Ονομασία	Λειτουργία
Button 1	Μονάδες Εισόδου	Μεταφορά στο Chapter2
Button 2	Μονάδες Εξόδου	Μεταφορά στο Chapter3
Button 3	Μονάδες Αποθήκευσης	Μεταφορά στο Chapter4
Button 4	Κεντρική Μονάδα	Μεταφορά στο Chapter5
Button 5	Το Υλικό Η/Υ	Μεταφορά στην δυναμική πλατφόρμα Slide Share
Button 6	Λίστα video	Μεταφορά στο Chapter8
Button 7	Video	Μεταφορά στο Chapter7
Button 8	Wikipedia	Μεταφορά στο Chapter9

Πίνακας 6. Το ψηφιακό περιεχόμενο του Chapter1

Με αυτόν τον τρόπο στην εκκίνηση της εφαρμογής γίνεται ομαδοποίηση και παρουσίαση των πληροφοριών ανά κατηγορία για την καλύτερη κατανόηση του θέματος.

Το ψηφιακό περιεχόμενο του Chapter2 σχηματικά απεικονίζεται την Εικόνα 50 και αποτελείται από 6 Buttons, ένα για κάθε συσκευή εισόδου, 4 Buttons ως διεπαφές επικοινωνίας με τις δυναμικές πλατφόρμες του διαδικτύου, 1 Button με το οποίο γίνεται επιστροφή στην προηγούμενη οθόνη. Επίσης υπάρχει και μια περιοχή στην οποία θα γίνεται εναλλαγή εικόνων με συσκευές εισόδου. Η λειτουργία αυτή θα δώσει στον χρήστη το πλεονέκτημα της οπτικής απομνημόνευσης



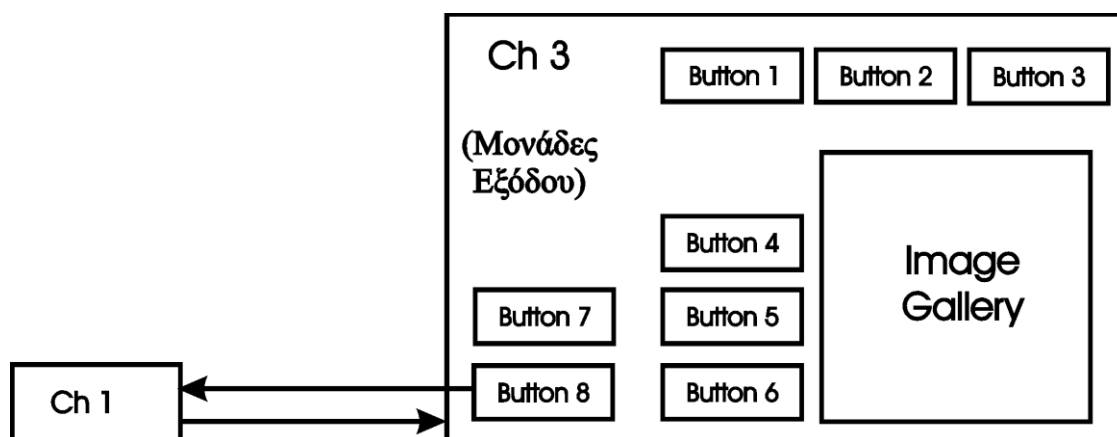
Εικόνα 50. Σχηματική απεικόνιση του Chapter2.

Στον Πίνακα 7 καταγράφουμε την λειτουργία της κάθε επιλογής:

Button	Ονομασία	Λειτουργία
Button 1	Εικόνα ενός πληκτρολογίου	Παραπέμπει στο αντίστοιχο λήμμα στην Wikipedia
Button 2	Εικόνα μιας web κάμερας	Παραπέμπει στο αντίστοιχο λήμμα στην Wikipedia
Button 3	Εικόνα ενός σαρωτή	Παραπέμπει στο αντίστοιχο λήμμα στην Wikipedia
Button 4	Εικόνα ενός ποντικού	Παραπέμπει στο αντίστοιχο λήμμα στην Wikipedia
Button 5	Εικόνα ενός μικροφώνου	Παραπέμπει στο αντίστοιχο λήμμα στην Wikipedia
Button 6	Εικόνα ενός χειριστηρίου παιχνιδιών	Παραπέμπει στο αντίστοιχο λήμμα στην Wikipedia
Button 7	Google it!	Εμφανίζει τα αποτελέσματα αναζήτησης σχετικά με τις μονάδες εισόδου στην μηχανή αναζήτησης Google.
Button 8	Slide Share	Εμφανίζει τις σχετικές παρουσιάσεις από το δυναμικό περιβάλλον της πλατφόρμας Slide Share.
Button 9	Wikipedia	Παραπέμπει στο αντίστοιχο λήμμα στην Wikipedia
Button 10	Video	Εμφανίζει μια λίστα με σχετικά video του δυναμικού περιβάλλοντος youtube.
Button 11	Πίσω	Μεταφορά στο Chapter1.
Image Gallery	Εικόνες συσκευών εισόδου	Εμφάνιση εικόνων συσκευών εισόδου με εναλλαγή.

Πίνακας 7. Το ψηφιακό περιεχόμενο του Chapter2

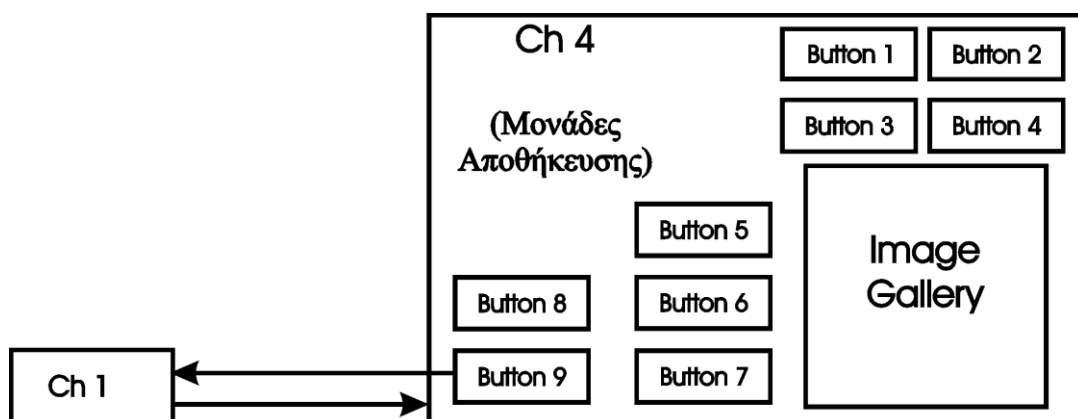
Αντίστοιχα με το Chapter2 λειτουργούν και οι επιλογές στα Chapter3, που αφορά τις συσκευές εξόδου και Chapter4 το ψηφιακό περιεχόμενο του οποίου έχει να κάνει με τις συσκευές αποθήκευσης (Εικ. 51 και 52, Πιν. 8 και 9).



Εικόνα 51. Σχηματική απεικόνιση του Chapter3.

Button	Ονομασία	Λειτουργία
Button 1	Εικόνα μιας οθόνης	Παραπέμπει στο αντίστοιχο λήμμα στην Wikipedia
Button 2	Εικόνα ενός εκτυπωτή	Παραπέμπει στο αντίστοιχο λήμμα στην Wikipedia
Button 3	Εικόνα από ηχεία	Παραπέμπει στο αντίστοιχο λήμμα στην Wikipedia
Button 4	Google it!	Εμφανίζει τα αποτελέσματα αναζήτησης σχετικά με τις μονάδες εξόδου στην μηχανή αναζήτησης Google.
Button 5	Slide Share	Εμφανίζει τις σχετικές παρουσιάσεις από το δυναμικό περιβάλλον της πλατφόρμας Slide Share.
Button 6	Wikipedia	Παραπέμπει στο αντίστοιχο λήμμα στην Wikipedia
Button 7	Video	Εμφανίζει μια λίστα με σχετικά video του δυναμικού περιβάλλοντος youtube.
Button 8	Πίσω	Μεταφορά στο Chapter1.
Image Gallery	Εικόνες συσκευών εξόδου	Εμφάνιση εικόνων συσκευών εξόδου με εναλλαγή.

Πίνακας 8. Το ψηφιακό περιεχόμενο του Chapter3

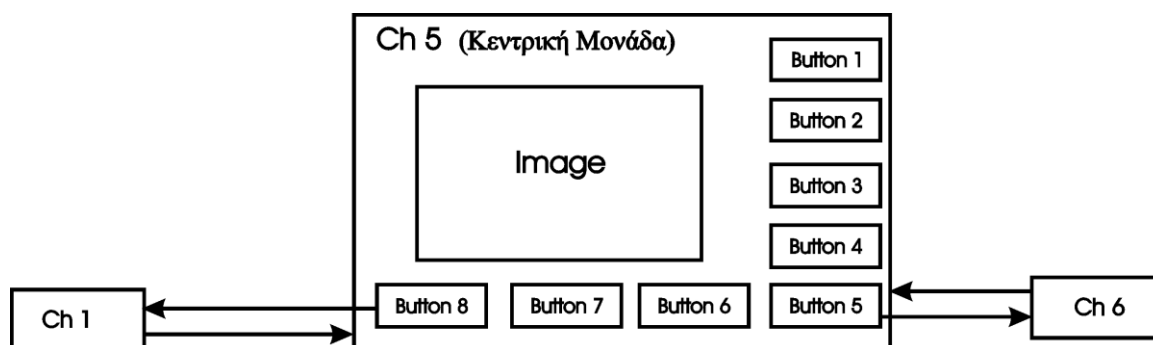


Εικόνα 52. Σχηματική απεικόνιση του Chapter4.

Button	Ονομασία	Λειτουργία
Button 1	Εικόνα ενός σκληρού δίσκου	Παραπέμπει στο αντίστοιχο λήμμα στην Wikipedia
Button 2	Εικόνα ενός CD/DVD	Παραπέμπει στο αντίστοιχο λήμμα στην Wikipedia
Button 3	Εικόνα ενός USB memory stick	Παραπέμπει στο αντίστοιχο λήμμα στην Wikipedia
Button 4	Εικόνα μιας δισκέτας	Παραπέμπει στο αντίστοιχο λήμμα στην Wikipedia
Button 5	Google it!	Εμφανίζει τα αποτελέσματα αναζήτησης σχετικά με τις μονάδες αποθήκευσης στην μηχανή αναζήτησης Google.
Button 6	Slide Share	Εμφανίζει τις σχετικές παρουσιάσεις από το δυναμικό περιβάλλον της πλατφόρμας Slide Share.
Button 7	Wikipedia	Παραπέμπει στο αντίστοιχο λήμμα στην Wikipedia
Button 8	Video	Εμφανίζει μια λίστα με σχετικά video του δυναμικού περιβάλλοντος youtube.
Button 9	Πίσω	Μεταφορά στο Chapter1.
Image Gallery	Εικόνες συσκευών αποθήκευσης	Εμφάνιση εικόνων συσκευών αποθήκευσης με εναλλαγή.

Πίνακας 9. Το ψηφιακό περιεχόμενο του Chapter4

Όταν ο χρήστης επιλέξει να δει το ψηφιακό περιεχόμενο του Button4 στην έναρξη της εφαρμογής (Chapter1), τότε θα μεταφερθεί στο Chapter5. Αν ο χρήστης αποφασίσει να ενημερωθεί για τις κάρτες επέκτασης τότε θα μεταφερθεί στο Chapter6 (Button 5). Η λειτουργία τις κάθε επιλογής περιγράφεται στον Πίνακα 10.

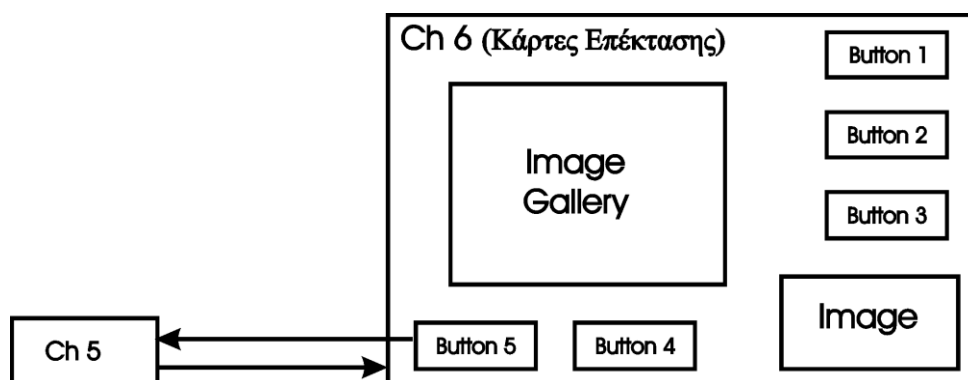


Εικόνα 53. Σχηματική απεικόνιση του Chapter5.

Button	Ονομασία	Λειτουργία
Button 1	Εικόνα μιας μητρικής πλακέτας	Παραπέμπει στο αντίστοιχο λήμμα στην Wikipedia
Button 2	Εικόνα ενός επεξεργαστή	Παραπέμπει στο αντίστοιχο λήμμα στην Wikipedia
Button 3	Εικόνα ενός τροφοδοτικού	Παραπέμπει στο αντίστοιχο λήμμα στην Wikipedia
Button 4	Εικόνα μνήμης RAM	Παραπέμπει στο αντίστοιχο λήμμα στην Wikipedia
Button 5	Εικόνα μιας κάρτας επέκτασης	Μεταφορά στο Chapter6
Button 6	Εικόνα που αναπαριστά τον κύκλο επεξεργασίας δεδομένων	Παραπέμπει στο αντίστοιχο λήμμα στην Wikipedia
Button 7	Wikipedia	Παραπέμπει στο αντίστοιχο λήμμα στην Wikipedia
Button 8	Πίσω	Μεταφορά στο Chapter1.
Image	Εικόνα με την εξωτερική και εσωτερική όψη της κεντρικής μονάδας	

Πίνακας 10. Το ψηφιακό περιεχόμενο του Chapter5

Το Chapter6 είναι η μοναδική περίπτωση όπου η επιλογή «Πίσω» δεν επιστρέφει στην αρχική επανξιμένη εικόνα αλλά στην προηγούμενη οθόνη (Chapter5).



Εικόνα 54. Σχηματική απεικόνιση του Chapter6.

Button	Ονομασία	Λειτουργία
Button 1	Κάρτα Γραφικών	Παραπέμπει στο αντίστοιχο λήμμα στην Wikipedia
Button 2	Κάρτα Ήχου	Παραπέμπει στο αντίστοιχο λήμμα στην Wikipedia
Button 3	Κάρτα Δικτύου	Παραπέμπει στο αντίστοιχο λήμμα στην Wikipedia
Button 4	Wikipedia	Παραπέμπει στο αντίστοιχο λήμμα στην Wikipedia
Button 5	Πίσω	Μεταφορά στο Chapter5
Image	Εικόνα με την εξωτερική και εσωτερική όψη της κεντρικής μονάδας	
Image Gallery	Εικόνες καρτών επέκτασης	Εμφάνιση εικόνων καρτών επέκτασης με εναλλαγή.

Πίνακας 11. Το ψηφιακό περιεχόμενο του Chapter6

Τρία ακόμη Chapter το 7, 8 και 9 στα οποία αντίστοιχα οδηγούν τα Buttons 7, 6 και 8 τις αρχικής επαυξημένης εικόνας έχουν το εξής ψηφιακό περιεχόμενο:

Chapter	Λειτουργία
Chapter 7	Δείχνει ένα συγκεκριμένο video από την πλατφόρμα Youtube
Chapter 8	Παραπέμπει στο αντίστοιχο λήμμα στην Wikipedia
Chapter 9	Παρουσιάζει μια λίστα με Video σχετικά με το Υλικό από την πλατφόρμα Youtube

Πίνακας 21. Το ψηφιακό περιεχόμενο των Chapter7, 8 και 9.

Σε αυτό το σημείο ολοκληρώνεται η διαδικασία σχεδίασης της εφαρμογής.

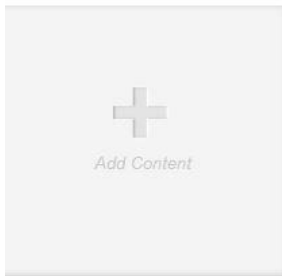
5.2.1.2 Στάδιο ανάπτυξης

Όπως έχει αναφερθεί, το εργαλείο που χρησιμοποιήσαμε για να αναπτύξουμε την εφαρμογή μας είναι το DAQRI 4D Studio. Είναι μια on line πλατφόρμα ανάπτυξης εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας και βρίσκεται στην ηλεκτρονική διεύθυνση <https://4dstudio.daqri.com>.

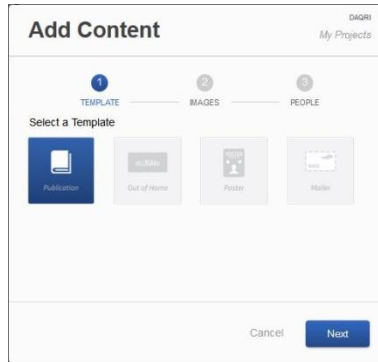
Το πρώτο βήμα είναι η εγγραφή στην πλατφόρμα. Έτσι δημιουργήσαμε έναν λογαριασμό χρήστη και επιλέξαμε την ιδιότητα χρήσης για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Στη συνέχεια με βάση το στάδιο σχεδιασμού αναπτύξαμε την εφαρμογή.

Αρχικά επιλέξαμε και προσθέσαμε την εικόνα που θα αναγνωρίζεται και θα επαυξάνεται (Εικ. 55, 56 και 57.)

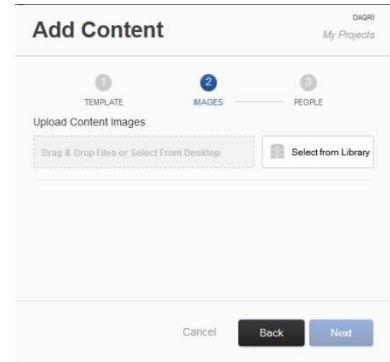
My Projects



Εικόνα 55 Επιλογή εικόνας α

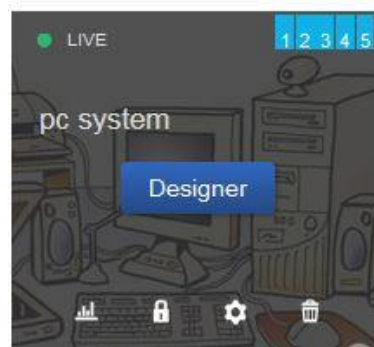


Εικόνα 56 Επιλογή εικόνας β

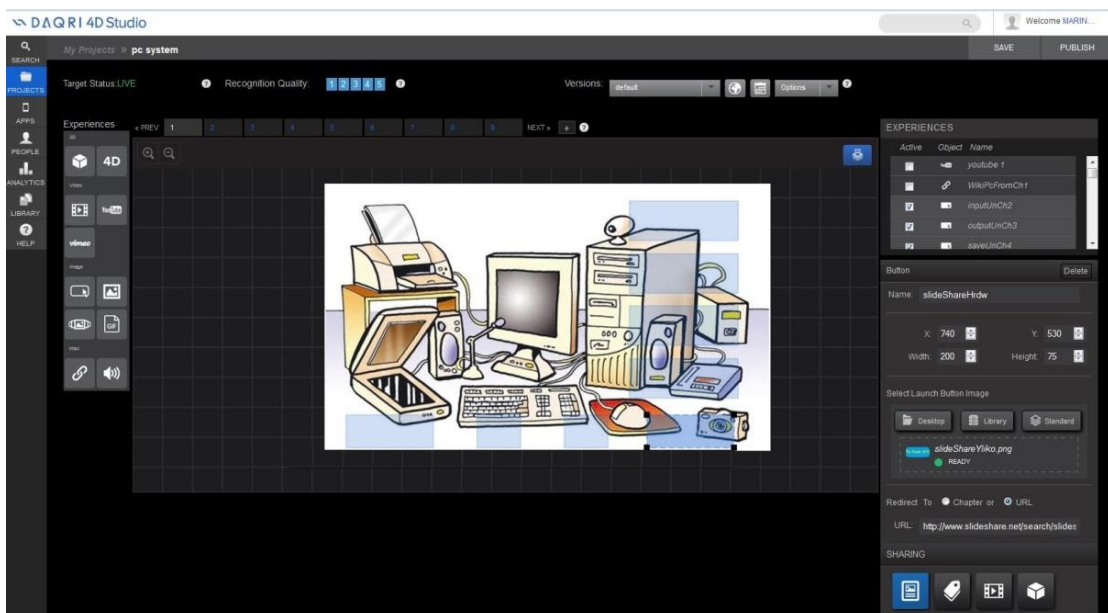


Εικόνα 57 Επιλογή εικόνας γ

Αποτέλεσμα αυτής της ενέργειας είναι να εμφανιστεί ένα νέο Project (Εικ 58) και η δυνατότητα μεταφοράς στην μορφή σχεδίασης (Εικ. 59) της εφαρμογής επιλέγοντας το “Designer”.



Εικόνα 58 Project



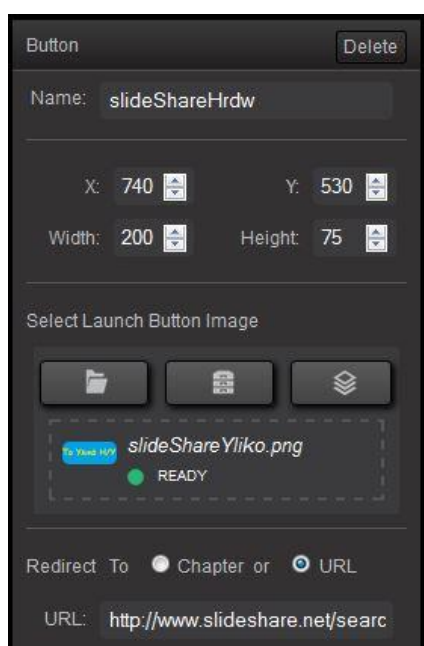
Εικόνα 59. Περιοχή σχεδίασης εφαρμογής

Το κάθε button από το αντίστοιχο εργαλείο στην εργαλειοθήκη στην αριστερή πλευρά του περιβάλλοντος σχεδίασης έχει ορισμένα χαρακτηριστικά τα οποία εμφανίζονται στην δεξιά πλευρά.

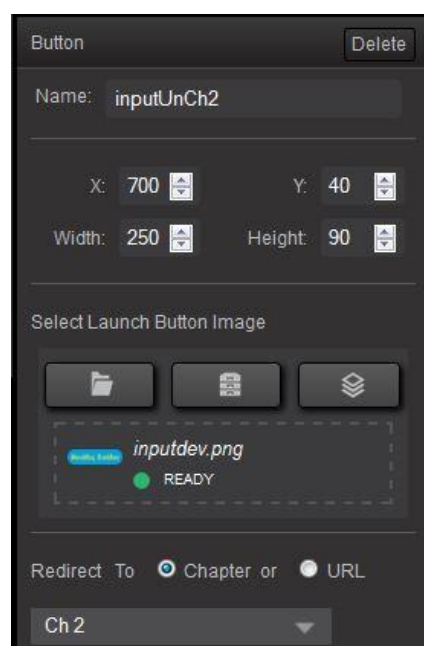
Για παράδειγμα, σύμφωνα με τον σχεδιασμό της εφαρμογής στο προηγούμενο στάδιο και συγκεκριμένα τον πίνακα 6 και το σημείο της εικόνας 49 που δείχνει ότι το Button 5 συνδέεται με ένα url, επιλέγοντάς το ο χρήστης θα πρέπει να μεταφερθεί στην δυναμική πλατφόρμα Slide Share για να επιλέξει κάποια σχετική παρουσίαση. Για να υλοποιηθεί αυτό θα πρέπει να ρυθμίσουμε τα χαρακτηριστικά του Button (Εικ.60). Έτσι, τσεκάρουμε το “URL” στο σημείο “Redirect to” και χρησιμοποιούμε ένα ερώτημα προς την δυναμική πλατφόρμα Slide Share τοποθετώντας το στο πεδίο “URL”. Το ερώτημα είναι:

<http://www.slideshare.net/search/slideshow?searchfrom=header&q=υλικό+υπολογιστή>

Άλλα χαρακτηριστικά αφορούν την θέση, το μέγεθος και την εικόνα που θα εμφανίζεται στον χρήστη.



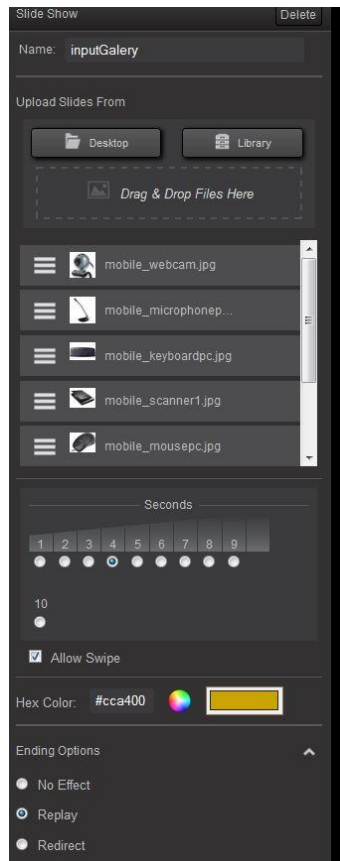
Εικόνα 60 Ρυθμίσεις Button5 του Chapter1



Εικόνα 61 Ρυθμίσεις Button1 του Chapter1

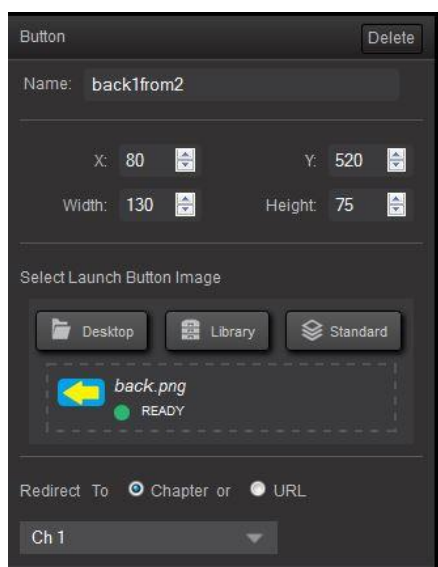
Αντίστοιχα, το Button1 του Chapter1 που μεταφέρει τον χρήστη στο Chapter2, στο χαρακτηριστικό “Redirect to” τσεκάρουμε την επιλογή “Chapter” για την ανακατεύθυνση στο Ch2 (Εικ. 61). Για κάθε Button του Chapter1 ακολουθείται παρόμοια διαδικασία σύμφωνα με το σχήμα της εικόνας 49.

Στο Chapter2, ένα από τα περιεχόμενα επαύξησης είναι το Image Gallery. Τεχνικά υλοποιείται με την επιλογή αντίστοιχου εργαλείου από την εργαλειοθήκη. Στην καρτέλα με τα χαρακτηριστικά του (Εικ. 62) περιλαμβάνονται οι εικόνες που θα εναλλάσσονται. Οι εικόνες αυτές είναι στατικές, δηλαδή μεταφορτώνονται στον χώρο που προσφέρεται από το DAQRI 4D Studio. Παρομοίως ρυθμίζεται το κάθε Image Gallery στα Chapter 3, 4 και 6.

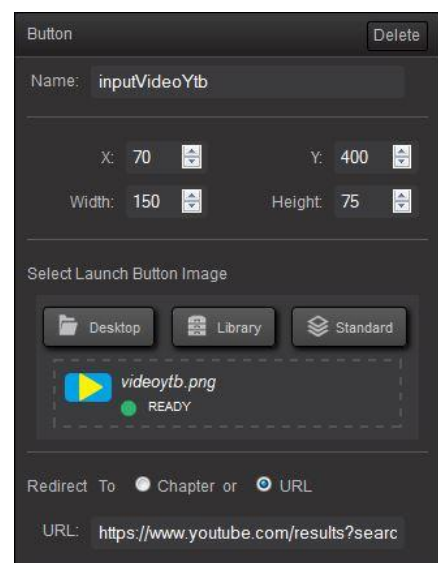


Εικόνα 62. Ρυθμίσεις Image Gallery του Chapter2

Για την επιστροφή από το Chapter2 στο Chapter1 τσεκάρουμε το “Chapter” με τη ρύθμιση “Ch1” στο “Redirect to” στο αντίστοιχο Button (Εικ. 63). Ενώ για την μεταφορά του χρήστη στην πλατφόρμα Youtube για την δυναμική αναζήτηση σχετικών με το θέμα video χρησιμοποιούμε το ερώτημα https://www.youtube.com/results?search_query=μονάδες+εισόδου+υπολογιστή (Εικ. 64)



Εικόνα 63. Button11 του Chapter2



Εικόνα 64. Button10 του Chapter2

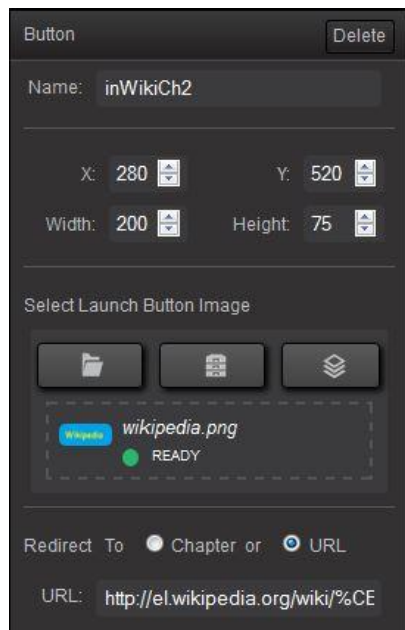
Παραμένοντας στο Chapter2, προγραμματίζουμε το Button9 να επικοινωνεί με την διεπαφή της Wikipedia χρησιμοποιώντας το url:

http://el.wikipedia.org/wiki/Συσκευή_εισόδου (Εικ. 65)

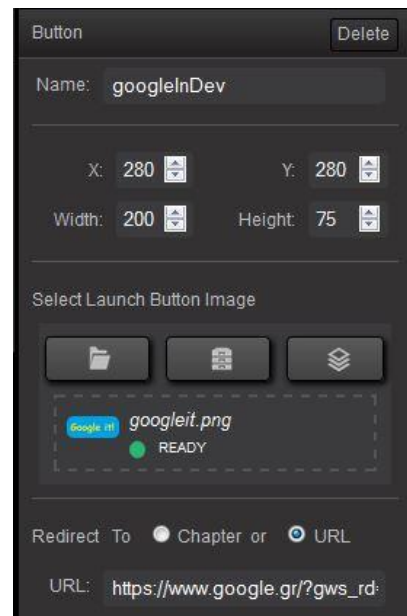
και για την αναζήτηση διαφορετικών αποτελεσμάτων για τις Μονάδες Εισόδου στο πεδίο “URL” του Button7 κάνουμε χρήση της μηχανής αναζήτησης Google με το ερώτημα:

https://www.google.gr/?gws_rd=ssl#q=μοναδες+εισοδου+η%2Fv (Εικ.66).

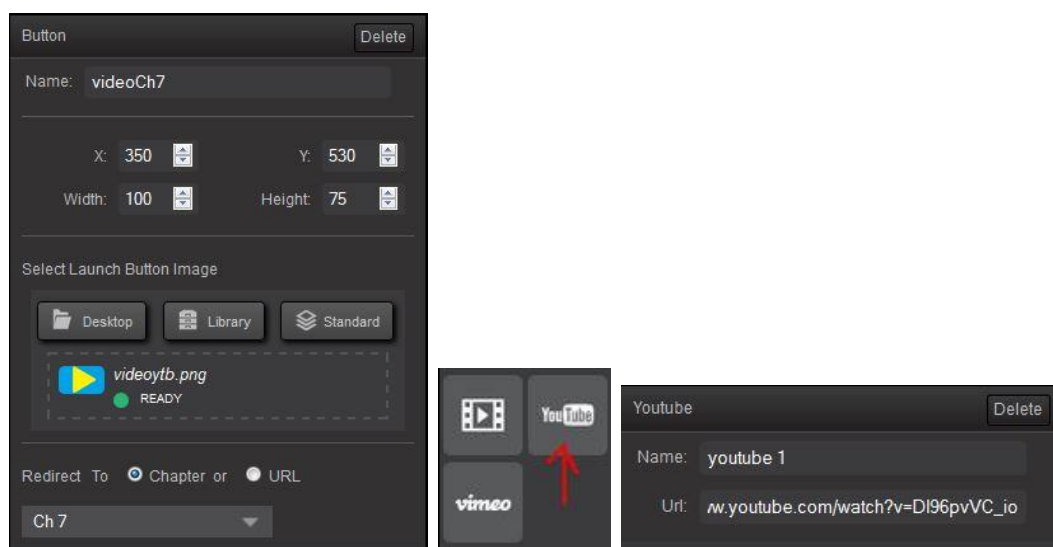
Αντίστοιχα url και ερωτήματα χρησιμοποιούμε σε κάθε Chapter όπου απαιτείται σύμφωνα με το στάδιο σχεδιασμού της εφαρμογής.



Εικόνα 65. Button9 του Chapter2



Εικόνα 66. Button7 του Chapter2



Εικόνα 67. Λειτουργία του Button7 του Chapter1.

Ένας άλλος τρόπος που χρησιμοποιούμε την διεπαφή της πλατφόρμας Youtube είναι να χρησιμοποιήσουμε ένα συγκεκριμένο video. Από το Chapter1 με το Button7 ο χρήστης μεταφέρεται στο Chapter7. Εκεί, στις ρυθμίσεις του εργαλείου “Youtube” που χρησιμοποιούμε από την εργαλειοθήκη, συμπληρώνουμε το link που οδηγεί στο video της επιλογής μας στο πεδίο “Url”:
https://www.youtube.com/watch?v=Dl96pvVC_io. (Εικ. 67)

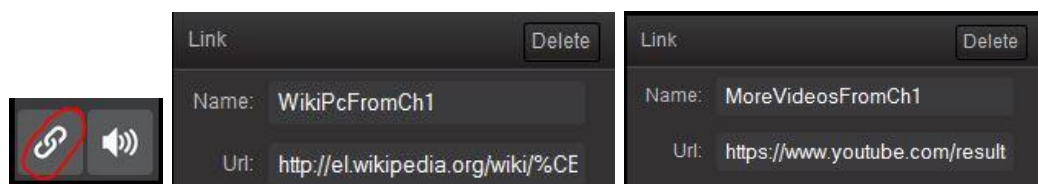
Με αντίστοιχο τρόπο λειτουργούν και τα Button6 και Button8. Με την διαφορά ότι και στις δύο περιπτώσεις χρησιμοποιούμε το εργαλείο “Link” στα Chapter8 και Chapter9 αντίστοιχα. Στην πρώτη περίπτωση στο πεδίο Url υπάρχει το link:

http://el.wikipedia.org/wiki/Ηλεκτρονικός_υπολογιστής

για την μεταφορά του χρήστη στην δυναμική πλατφόρμα της Wikipedia, ενώ στην δεύτερη περίπτωση το πεδίο Url περιέχει το ερώτημα:

https://www.youtube.com/results?search_query=το+υλικό+του+υπολογιστή,

επιτυγχάνοντας με αυτόν τον τρόπο την σύνδεση με την διεπαφή της δυναμικής πλατφόρμας Youtube (Εικ. 68).



Εικόνα 68. Λειτουργία των Button6 και Button8 του Chapter1.

5.2.2 Πλατφόρμες και προγραμματιστικά εργαλεία

Το DAQRI 4D Studio είναι μια online πλατφόρμα ανάπτυξης εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας που εμφανίστηκε πρόσφατα, μόλις τον Νοέμβριο 2014. Οι απαιτήσεις σε hardware με σκοπό να το χρησιμοποιήσει κανείς δεν είναι ιδιαίτερα υψηλές. Για την ανάπτυξη της υπηρεσίας μας χρησιμοποιήθηκε ένα laptop με τα εξής βασικά χαρακτηριστικά:

- CPU Intel Celeron B820 @ 1.70 GHz
- 2GB RAM
- Λειτουργικό σύστημα Windows 7 Ultimate 32-bit
- Σύνδεση στο διαδίκτυο (ενσύρματη ή ασύρματη)

Στο πείραμα που εκτελέσαμε, χρησιμοποιήθηκε ένα tablet μάρκας Samsung, και συγκεκριμένα το Galaxy Tab 3 8”, κωδικός μοντέλου SM-T311 με λειτουργικό σύστημα Android 4.4.2. Έχει διπύρνηνο επεξεργαστή με ταχύτητα 1500MHz και 1.5 GB RAM. Η βασική κάμερα την οποία και

χρησιμοποιήσαμε για την σύλληψη της εικόνας έχει ανάλυση 5 MP. Επίσης υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης με 3G εκτός από Wi-Fi.

Η διαδικασία εγκατάστασης είναι πολύ απλή. Το μόνο που χρειάζεται ο χρήστης είναι να κατεβάσει και να εγκαταστήσει δωρεάν το browser του DAQRI από το Play Store της Google στο tablet ή στο κινητό του.

6

Η εφαρμογή

6.1 Η λειτουργία της εφαρμογής - παράδειγμα

Η εφαρμογή έχει στόχο την εκμάθηση του αντικειμένου «Υλικό υπολογιστή» σε μαθητές δημοτικού σχολείου. Έτσι, χρησιμοποιήσαμε μια εικόνα (Εικ. 69) ενός σχολικού βιβλίου (Αράπογλου, et al., 2007) που απεικονίζει ένα υπολογιστικό σύστημα με σκοπό την επαύξηση αυτής με κατάλληλο περιεχόμενο.

Αυτό σημαίνει ότι, αν ένας μαθητής που έχει το βιβλίο «Πληροφορική Α', Β', Γ Γυμνασίου» (Αράπογλου, et al., 2007), ανοίξει την αντίστοιχη σελίδα και εντοπίσει την εν λόγω εικόνα, θα μπορεί να χρησιμοποιήσει την έξυπνη ηλεκτρονική του συσκευή για την μελέτη του θέματος που διαπραγματεύεται η εφαρμογή. Φυσικά θα πρέπει να υπάρχει σύνδεση στο διαδίκτυο.

Σε ότι αφορά την εφαρμογή, ακολουθώντας τα χαρακτηριστικά της τεχνολογίας της επαυξημένης πραγματικότητας, η εκκίνησή της πραγματοποιείται με την σύλληψη και την αναγνώριση της συγκεκριμένης εικόνας.



Εικόνα 69. Εικόνα εκκίνησης εφαρμογής (Αράπογλου, et al., 2007).

Μόλις ολοκληρωθούν αυτά τα βήματα, γίνεται η επεξεργασία και η οπτικοποίηση του περιεχομένου επαύξησης με αποτέλεσμα στην οθόνη να εμφανίζεται το ψηφιακό περιεχόμενο που επαυξάνει και εμπλουτίζει την αρχική εικόνα.

Αυτό αποτελείται από Buttons που το καθένα έχει μια λειτουργία. Με την επιλογή κάποιου Button το ψηφιακό περιεχόμενο αλλάζει και στην οθόνη εμφανίζονται πληροφορίες σχετικές με την επιλογή του χρηστή ή άλλα Buttons που το καθένα με τη σειρά του επίσης παραπέμπει σε άλλο ψηφιακό περιεχόμενο με τις αντίστοιχες πληροφορίες. Το ψηφιακό περιεχόμενο είναι σε μορφή εικόνων, βίντεο, διευθύνσεων URL, κειμένου. Υπάρχει επιλογή επιστροφής στην προηγούμενη οθόνη με ένα Button.

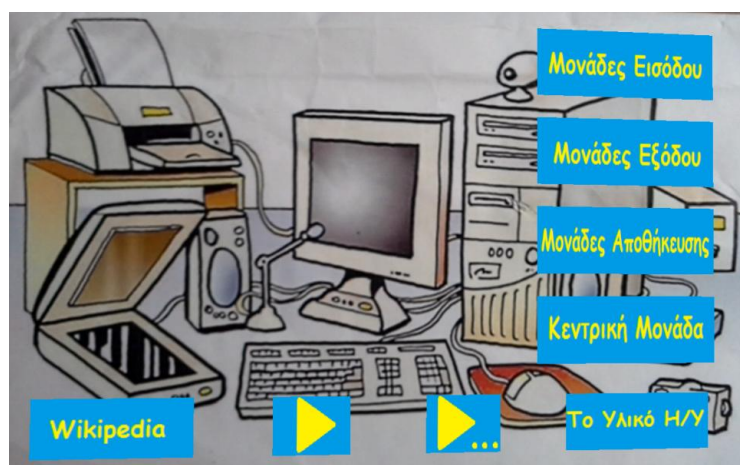
Το εργαλείο DAQRI 4D Studio, διαθέτει δικό browser το οποίο παρέχεται δωρεάν και μπορεί εύκολα να το εγκαταστήσει κανείς στο smartphone ή tablet αν το αναζητήσει στο Google Playstore.

Η εφαρμογή λειτουργεί ως εξής:

1. Εκκίνηση του browser DAQRI
2. Εστίαση της κάμερας της συσκευής στην εικόνα
3. Εντοπισμός της εικόνας
4. Σάρωση και αναγνώριση
5. Εμφάνιση του ψηφιακού περιεχομένου που επαυξάνει την εικόνα
6. Πλοήγηση ανάλογα με τις επιλογές.

Παράδειγμα:

Θεωρούμε ότι έχουν ολοκληρωθεί τα βήματα από 1 ως και 5 και στην οθόνη του tablet (ή smartphone) έχει εμφανιστεί η το ψηφιακό περιεχόμενο, όπως φαίνεται στην Εικ. 70. Βλέπουμε ότι το ψηφιακό περιεχόμενο είναι κάποια Buttons με την επιλογή των οποίων ο χρήστης μεταφέρεται στην αντίστοιχη οθόνη.



Εικόνα 70. Αρχική εικόνα εφαρμογής.

Πιο αναλυτικά, αν πατηθεί η επιλογή **Μονάδες Εισόδου**, τότε στην οθόνη του tablet εμφανίζονται τα αντίστοιχα στοιχεία (Εικ. 71).





Εικόνα 71. Επιλογές σχετικές με τις Μονάδες Εισόδου

Για κάθε μια από τις μονάδες, εάν πατηθεί, εμφανίζονται πληροφορίες από την παγκόσμια ηλεκτρονική εγκυκλοπαίδεια – την Wikipedia.

Επίσης υπάρχουν οι επιλογές:

- **Google it!** με την οποία επιστρέφεται το αποτέλεσμα αναζήτησης σχετικών με τις «Μονάδες Εισόδου» σελίδων από την μηχανή αναζήτησης Google σε πραγματικό χρόνο

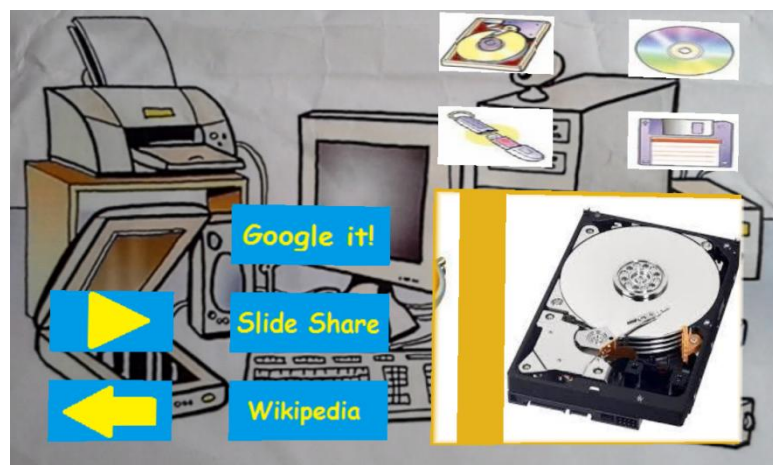
- **Slide Share** με αυτό τον τρόπο ο χρήστης μεταφέρεται στο δυναμικό περιβάλλον της πλατφόρμας Slide Share και βρίσκει παρουσιάσεις που έχουν σχέση με τις «Μονάδες Εισόδου»
- **Wikipedia** εδώ δίνονται γενικές πληροφορίες για τις «Μονάδες Εισόδου» και πάλι από την ηλεκτρονική εγκυκλοπαίδεια με δυναμικό περιεχόμενο.
-  με αυτή την επιλογή ο χρήστης μεταφέρεται στην πλατφόρμα του Youtube, ένα ακόμη δυναμικό περιβάλλον, όπου εμφανίζονται βίντεο σχετικά με τις «Μονάδες Εισόδου»
-  επιλέγοντας το Button αυτό ο χρήστης μεταφέρεται στην προηγούμενη οθόνη, που στην περίπτωση που περιγράφουμε είναι η αρχική οθόνη, δηλαδή η Εικ. 50

Ένα ακόμη στοιχείο ψηφιακού περιεχομένου είναι το Photo Gallery που εμφανίζεται κάτω δεξιά και περιέχει φωτογραφίες από διάφορες συσκευές της κατηγορίας «Μονάδες Εισόδου».

Αντίστοιχες επιλογές υπάρχουν και για τις «Μονάδες Εξόδου» (Εικ. 72) και «Μονάδες Αποθήκευσης» (Εικ. 73).

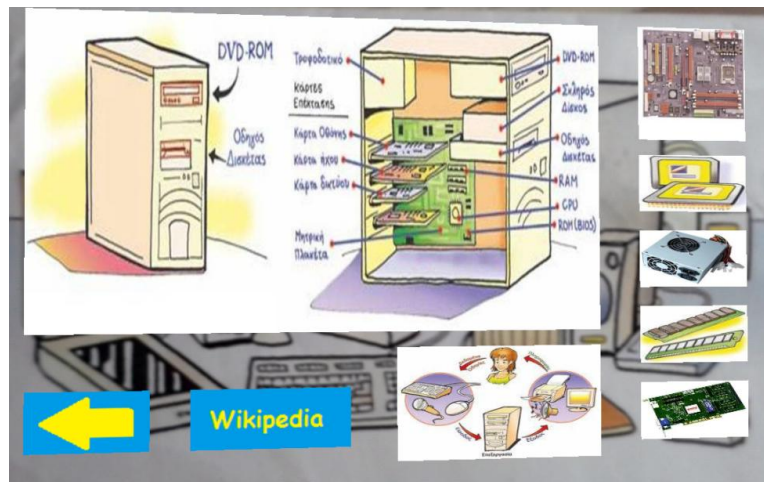


Εικόνα 72. Επιλογές σχετικές με τις Μονάδες Εξόδου




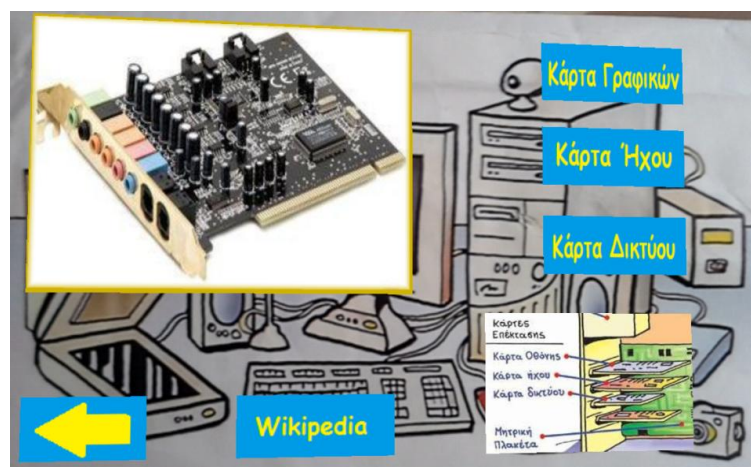
Εικόνα 73. Επιλογές σχετικές με τις Μονάδες Αποθήκευσης

Αν ο χρήστης στην 1^η εικόνα (Εικ. 70) επιλέξει το Button **Κεντρική Μονάδα** τότε θα εμφανιστεί στην οθόνη του η Εικ. 74 που έχει σχέση με τα εξαρτήματα της «Κεντρικής Μονάδας» του υπολογιστή.



Εικόνα 74. Επιλογές σχετικές με την Κεντρική Μονάδα

Και αν επιλέξει  τότε θα μεταφερθεί στην οθόνη της Εικόνας 75, όπου με δίνονται λεπτομερή πληροφορίες για τρεις βασικές κάρτες επέκτασης ενός υπολογιστή.



Εικόνα 75. Επιλογές σχετικές με τις Κάρτες Επέκτασης.

Οι πληροφορίες που παρέχονται σε κάθε περίπτωση στις Εικόνες 74 και 75 προέρχονται από την Wikipedia.

Δυο ακόμη επιλογές που υπάρχουν στην αρχική επαυξημένη εικόνα (Εικ. 70) είναι οι:



με την οποία ο χρήστης έχει την δυνατότητα να επιλέξει ένα από τα προτεινόμενα βίντεο σχετικά με το «Υλικό» του υπολογιστή από το δυναμικό περιβάλλον του Youtube και



η οποία μεταφέρει τον χρήστη στην πλατφόρμα Slide Share και εμφανίζει παρουσιάσεις σχετικές με το «Υλικό» του υπολογιστή.

7

Αξιολόγηση – Συζήτηση

Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της διδασκαλίας με την χρήση της τεχνολογίας επαυξημένης πραγματικότητας χρησιμοποιήσαμε την μέθοδο σύγκρισης. Ορίσαμε παραμέτρους αξιολόγησης που έχουν σχέση με την επιτυχία εμπέδωσης του αντικειμένου. Επίσης με την συμπλήρωση ενός σχετικού ερωτηματολογίου (Παράρτημα 4) ζητήσαμε την γνώμη των μαθητών για την εμπειρία που είχαν.

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε τα πειράματα που πραγματοποιήσαμε, τον τρόπο και τις παραμέτρους αξιολόγησης, τα αποτελέσματα που προέκυψαν και την αξιολόγηση της εφαρμογής από τους χρήστες της. Τέλος, θα επισημάνουμε τα συμπεράσματα που προέκυψαν από όλη την διαδικασία.

7.1 Οργάνωση πειραμάτων

Βάση αναλυτικού προγράμματος σπουδών για το ολόημερο δημοτικό σχολείο ΕΑΕΠ (Ενιαίο Αναμορφωμένο Εκπαιδευτικό Πρόγραμμα) και τις διδακτικής ενότητας «Γνωρίζω τον υπολογιστή», και συγκεκριμένα το αντικείμενο «Υλικό υπολογιστή», τηρώντας τους κανόνες (ανωνυμία μαθητών, διάρκεια πειράματος) και ακολουθώντας την προβλεπόμενη διαδικασία για την αξιολόγηση της μεθόδου στο σχολικό περιβάλλον, εφαρμόσαμε την διδασκαλία του θέματος με δυο τρόπους:

- (α) στο ένα τμήμα ακολουθήσαμε τον παραδοσιακό και συνηθισμένο από τους μαθητές τρόπο παράδοσης μαθήματος με τη χρήση διδακτικού σεναρίου (Παράρτημα 2) στο

οποίο γίνεται εισαγωγή στις βασικές έννοιες του υλικού ενός υπολογιστικού συστήματος, ο διαχωρισμός των συσκευών του σε κατηγορίες: μονάδες εισόδου, εξόδου, αποθήκευσης. Επίσης αναφέρονται τα βασικά εξαρτήματα της κεντρικής μονάδας και επισημαίνεται ο ρόλος της.

(β) στο άλλο τμήμα χρησιμοποιήθηκε ένα tablet με 3G πρόσβαση στο διαδίκτυο και η Εικόνα 69.

Έτσι προέκυψαν δύο ομάδες των 19 μαθητών η κάθε μία. Για την διδασκαλία του αντικειμένου χρειάστηκε μια διδακτική ώρα. Αναλυτικά:

- Στην πρώτη ομάδα (10 αγόρια και 9 κορίτσια): μέσα στην χρονική αυτή διάρκεια της μιας διδακτικής ώρας έγινε αρχικά η παράδοση του αντικειμένου σύμφωνα με το διδακτικό σενάριο και στη συνέχεια η συμπλήρωση των απαντήσεων στις ερωτήσεις του φύλλου εργασίας (Παράρτημα 3).
- Στη δεύτερη ομάδα (8 αγόρια και 11 κορίτσια): οι μαθητές χωρίστηκαν σε 3 υποομάδες. Ο λόγος για αυτό είναι η χρήση ενός μόνο tablet. Η κάθε υποομάδα χρησιμοποίησε την εφαρμογή για 15 λεπτά και στη συνέχεια τα μέλη της συμπλήρωσαν τις απαντήσεις στο φύλλο εργασίας (Παράρτημα 3). Για την αξιολόγηση της εφαρμογής και τις μεθόδου διδασκαλίας τα μέλη της δεύτερης ομάδας συμπλήρωσαν ένα ερωτηματολόγιο (Παράρτημα 4) μετά την ολοκλήρωση όλης της διαδικασίας.

Και στις δυο περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκε το ίδιο φύλλο εργασίας και οι ερωτήσεις του αφορούσαν την κατανόηση του θέματος. Οι μαθητές κλήθηκαν να αναγνωρίσουν κάποιες συσκευές και εξαρτήματα, να αναγνωρίσουν την χρήση που έχουν, την κατηγορία στην οποία ανήκουν και να τα ταξινομήσουν ανάλογα.

Και το φύλλο εργασίας και το ερωτηματολόγιο συμπληρώθηκε ανώνυμα από τους μαθητές.

7.2 Σύστημα αξιολόγησης

Για να μελετήσουμε τα αποτελέσματα των πειραμάτων κινηθήκαμε σε δυο άξονες:

- Ο πρώτος άξονας αφορά την συγκριτική αξιολόγηση των απαντήσεων σε ερωτήσεις μεταξύ των δυο ομάδων μαθητών. Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκε και μοιράστηκε στους μαθητές ένα φύλλο εργασίας με ερωτήσεις βασισμένες στο αντικείμενο που διδάχτηκαν (Παράρτημα 3).
- Ο δεύτερος άξονας έχει να κάνει με την αξιολόγηση χρηστικότητας και αποτελεσματικότητας της προτεινόμενης μεθόδου εκμάθησης με την χρήση της τεχνολογίας επαυξημένης πραγματικότητας. Εδώ γίνεται ανάπτυξη ενός ερωτηματολογίου με ερωτήματα προσανατολισμένα αρχικά στην εξοικείωση των μαθητών με ηλεκτρονικές συσκευές και τον βαθμό χρήσης αυτών. Στη συνέχεια ζητείται να αξιολογηθεί η

χρηστικότητα και το ψηφιακό περιεχόμενο της εφαρμογής. Τέλος ζητείται η γνώμη των μαθητών σε ότι αφορά την εφαρμοσιμότητα της υπηρεσίας επαυξημένης πραγματικότητας στο αντικείμενο που διδάχθηκαν αλλά και σε άλλα εκπαιδευτικά αντικείμενα (Παράρτημα 4).

Για την επεξεργασία των στοιχείων χρησιμοποιήθηκε πρόγραμμα επεξεργασίας λογιστικών φύλλων.

7.2.1 Συγκριτική αξιολόγηση των μεθόδων

Συγκρίνοντας τις απαντήσεις μας ενδιαφέρει να διαπιστώσουμε τον βαθμό κατανόησης του αντικειμένου εκμάθησης εντοπίζοντας το πλήθος ή το ποσοστό των σωστών απαντήσεων ανά μαθητή και το πλήθος ή το ποσοστό των σωστών απαντήσεων ανά ερώτηση.

Για να τις επεξεργαστούμε κωδικοποιήσαμε την κάθε ερώτηση αποδίδοντας έναν κωδικό αριθμό, π.χ. για την ερώτηση 4 με τέσσερα υποερωτήματα μετά την κωδικοποίηση δημιουργήθηκαν τα ερωτήματα 4.1, 4.2, 4.3 και 4.4. Έτσι, στο τέλος είχαμε το πλήθος των 39 ερωτημάτων τις απαντήσεις των οποίων και καταγράψαμε. Η επεξεργασία των απαντήσεων της κάθε ομάδας μαθητών έγινε ξεχωριστά.

7.2.2 Αξιολόγηση της προτεινόμενης μεθόδου

Όπως αναφέραμε παραπάνω, ζητήσαμε τους μαθητές της 2^{ης} ομάδας να εκφράσουν την εμπειρία τους συμπληρώνοντας ένα ερωτηματολόγιο. Το ερωτηματολόγιο αυτό χωρίστηκε σε δυο μέρη. Το πρώτο μέρος αποτελείται από 8 ερωτήσεις και το δεύτερο από 16. Το πρώτο μέρος αφορούσε την εμπειρία και την εξοικείωση των μαθητών στην χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή και tablet για δραστηριότητες που αφορούν την μελέτη των μαθημάτων τους ή κάποια άλλη χρήση. Στο δεύτερο μέρος ζητήθηκε η γνώμη των μαθητών σχετικά με χρήση της εφαρμογής, την λειτουργικότητα που παρέχει και την χρήση της μεθόδου και σε άλλα εκπαιδευτικά αντικείμενα. Επίσης ζητήθηκε να συμπληρωθεί το φύλο των συμμετεχόντων.

Οι ερωτήσεις του πρώτου μέρους είχαν 2 πιθανές απαντήσεις (Ναι ή Όχι). Στο δεύτερο μέρος υπήρχαν πέντε πιθανές απαντήσεις από 1 έως 5, όπου οι μαθητές σημείωσαν κατά πόσο συμφωνούν ή όχι με την πρόταση που διαβάζουν (1 – Διαφωνώ απόλυτα έως 5 – Συμφωνώ απόλυτα).

7.3 Παράμετροι αξιολόγησης

Για τον υπολογισμό του ποσοστού επιτυχίας ή όχι της προτεινόμενης μεθόδου ορίσαμε παραμέτρους αξιολόγησης. Οι τιμές των παραμέτρων προκύπτουν από τις απαντήσεις στα ερωτήματα και από την εμπειρία χρήσης της εφαρμογής.

Σε ότι αφορά την σύγκριση μεθόδων διδασκαλίας έχουμε:

1^η παράμετρος: *το πλήθος ή το ποσοστό των σωστών απαντήσεων ανά μαθητή σε κάθε ομάδα μαθητών.*

2^η παράμετρος: *το πλήθος ή το ποσοστό των σωστών απαντήσεων ανά ερώτημα σε κάθε ομάδα μαθητών.*

3^η παράμετρος: *η διαφορά του μέσου όρου σωστών απαντήσεων των δυο ομάδων. Με την παράμετρο αυτή θα μπορέσουμε να συγκρίνουμε την αποτελεσματικότητα της μεθόδου διδασκαλίας συνολικά.*

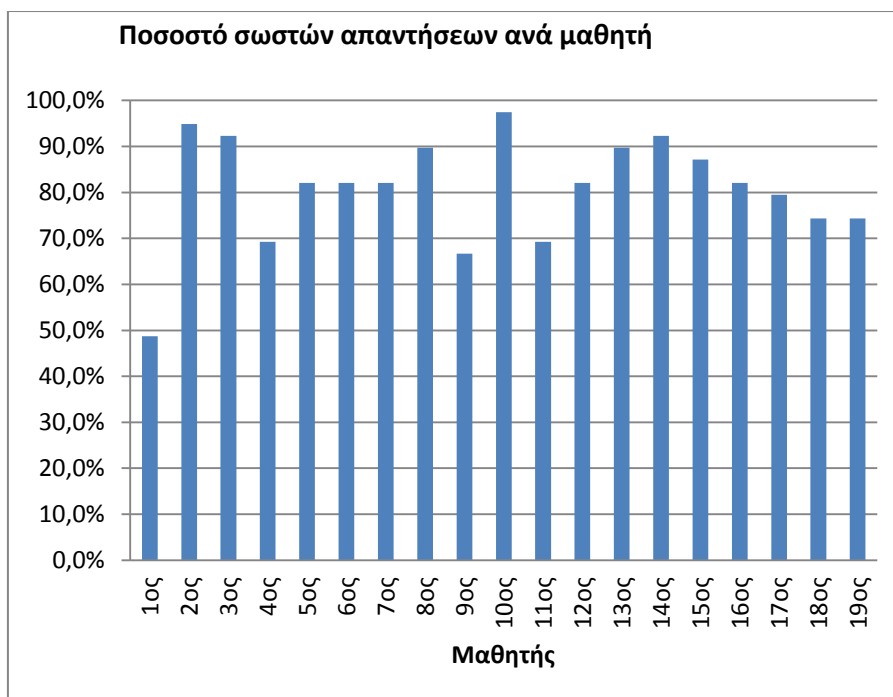
Σε σχέση με την αξιολόγηση της εφαρμογής και την εμπειρία χρήσης αυτής θα εστιάσουμε στην *ευχρηστία*, την *λειτουργία* και στην *αποτελεσματικότητα* της προτεινόμενης μεθόδου. Έτσι θα μπορέσουμε να εντοπίσουμε τα *πλεονεκτήματα* και τα *μειονεκτήματα* της εφαρμογής και να προτείνουμε λύσεις ή και μελλοντικές επεκτάσεις είτε για το αντικείμενο που διδάχτηκε είτε για άλλα αντικείμενα.

7.4 Αποτελέσματα

Στο πρώτο στάδιο της επεξεργασίας των στοιχείων που συγκεντρώσαμε από τις δύο ομάδες τα αποτελέσματα που προέκυψαν απεικονίζονται με την μορφή γραφικών παραστάσεων και ο διαχωρισμός γίνεται ως εξής: χρήση μπλε χρώματος για την 1^η ομάδα (παραδοσιακή μέθοδος διδασκαλίας), χρήση κόκκινου χρώματος για την 2^η ομάδα (διδασκαλία με την χρήση τεχνολογίας επαυξημένης πραγματικότητας):

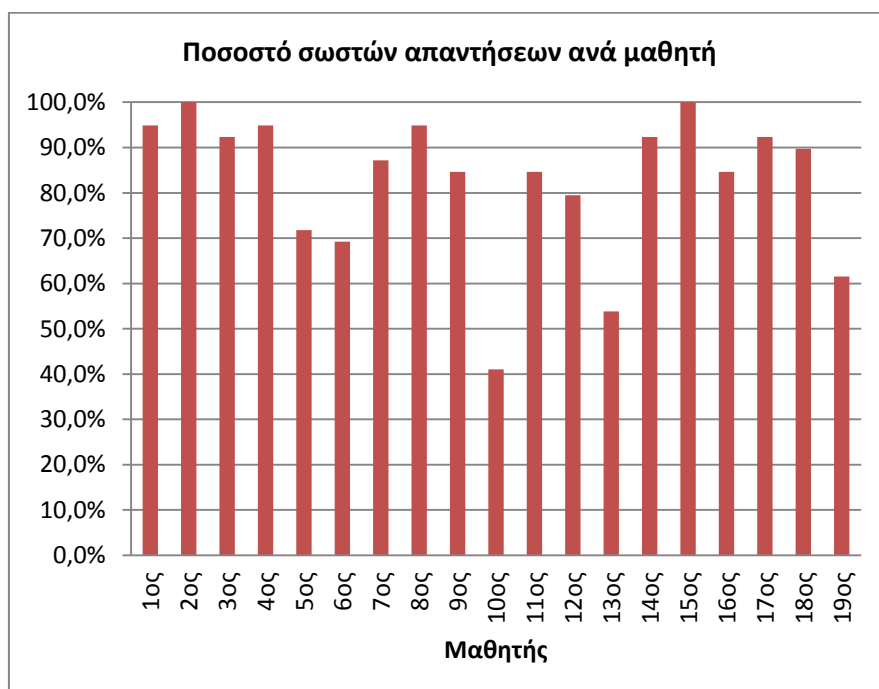
1^η παράμετρος: *σωστές απαντήσεις ανά μαθητή.*

Όπως φαίνεται από την παρακάτω γραφική παράσταση για την 1^η ομάδα η πλειοψηφία των μαθητών απάντησε σωστά στα περισσότερα ερωτήματα, ενώ δεν παρατηρήθηκε κάποια περίπτωση σωστών απαντήσεων σε όλα τα ερωτήματα.



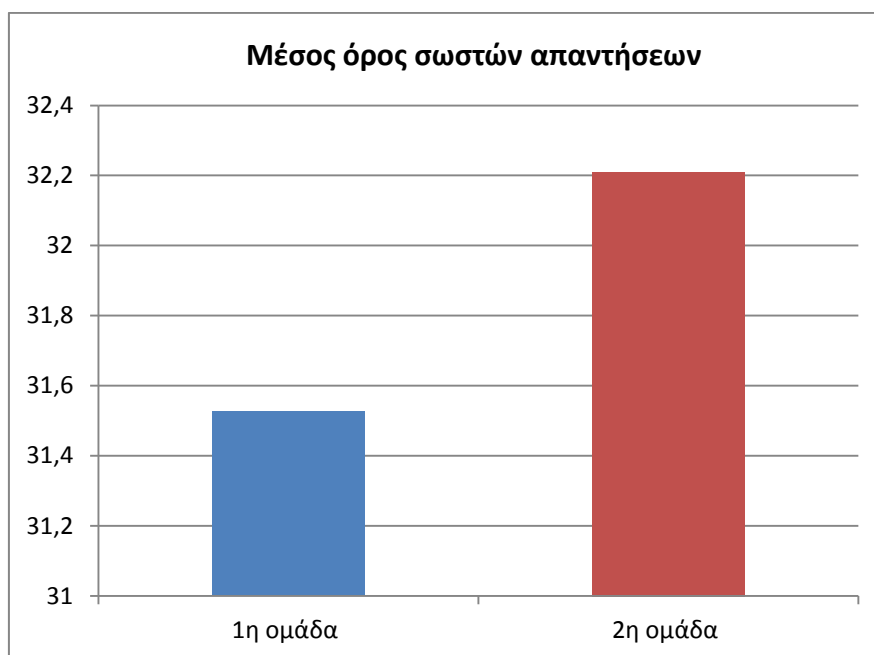
Εικόνα 76. Ποσοστό σωστών απαντήσεων ανά μαθητή 1^{ης} ομάδας

Στην 2^η ομάδα δυο ήταν οι μαθητές που απάντησαν σωστά σε όλα τα ερωτήματα. Σχεδόν οι μισοί μαθητές, 9 στους 19, κατάφεραν να φτάσουν σε αρκετά υψηλό ποσοστό σωστών απαντήσεων (πάνω από 90%). Στην 1^η ομάδα οι 6 από τους 19 συγκέντρωσαν το 90% και άνω των σωστών απαντήσεων.



Εικόνα 77. Ποσοστό σωστών απαντήσεων ανά μαθητή 2^{ης} ομάδας

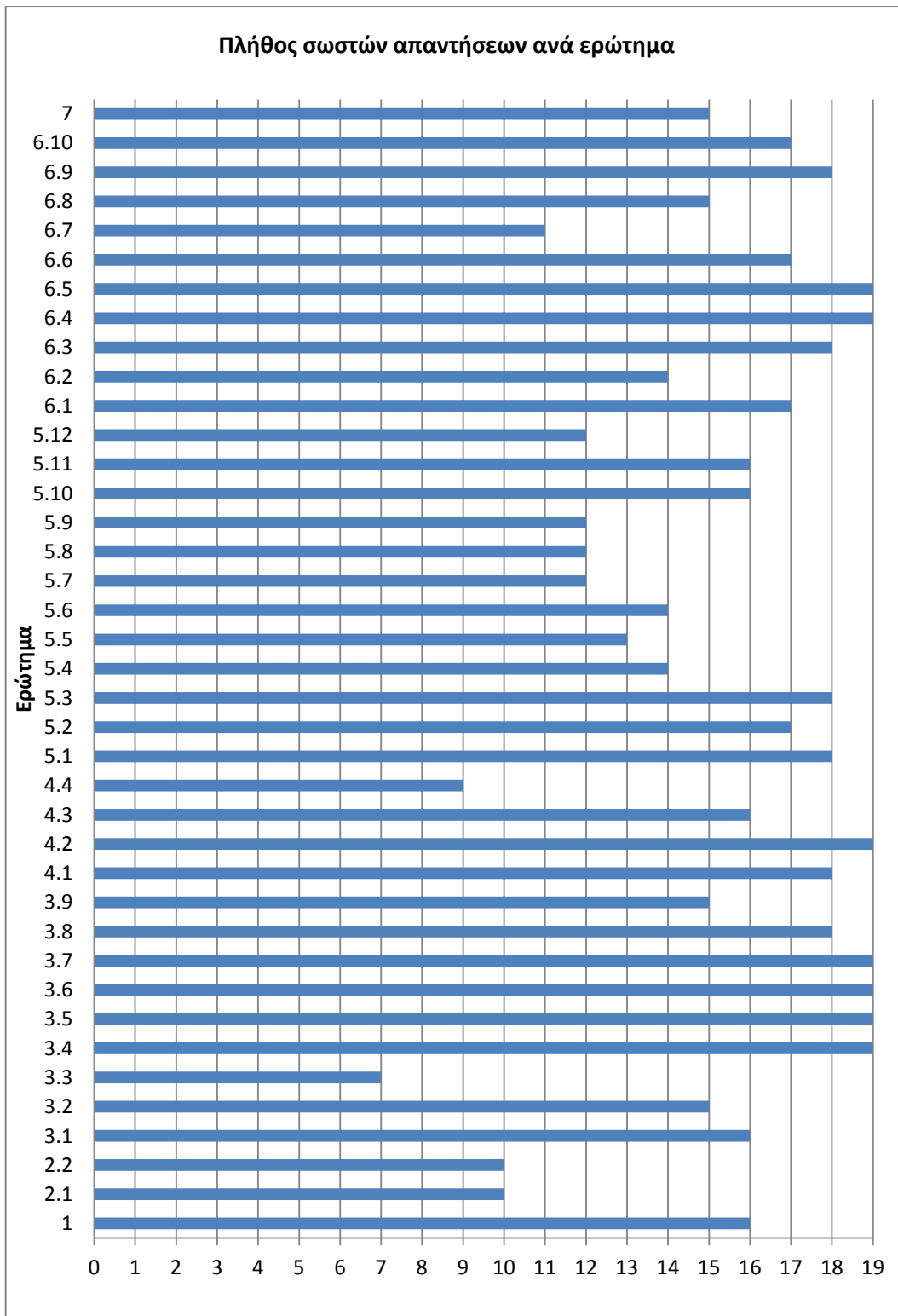
Συγκρίνοντας τις απαντήσεις των μαθητών κατά τον μέσο όρο, διαπιστώνουμε ότι η 2^η ομάδα έχει υψηλότερο μέσο όρο σωστών απαντήσεων σε όλα τα ερωτήματα συνολικά.



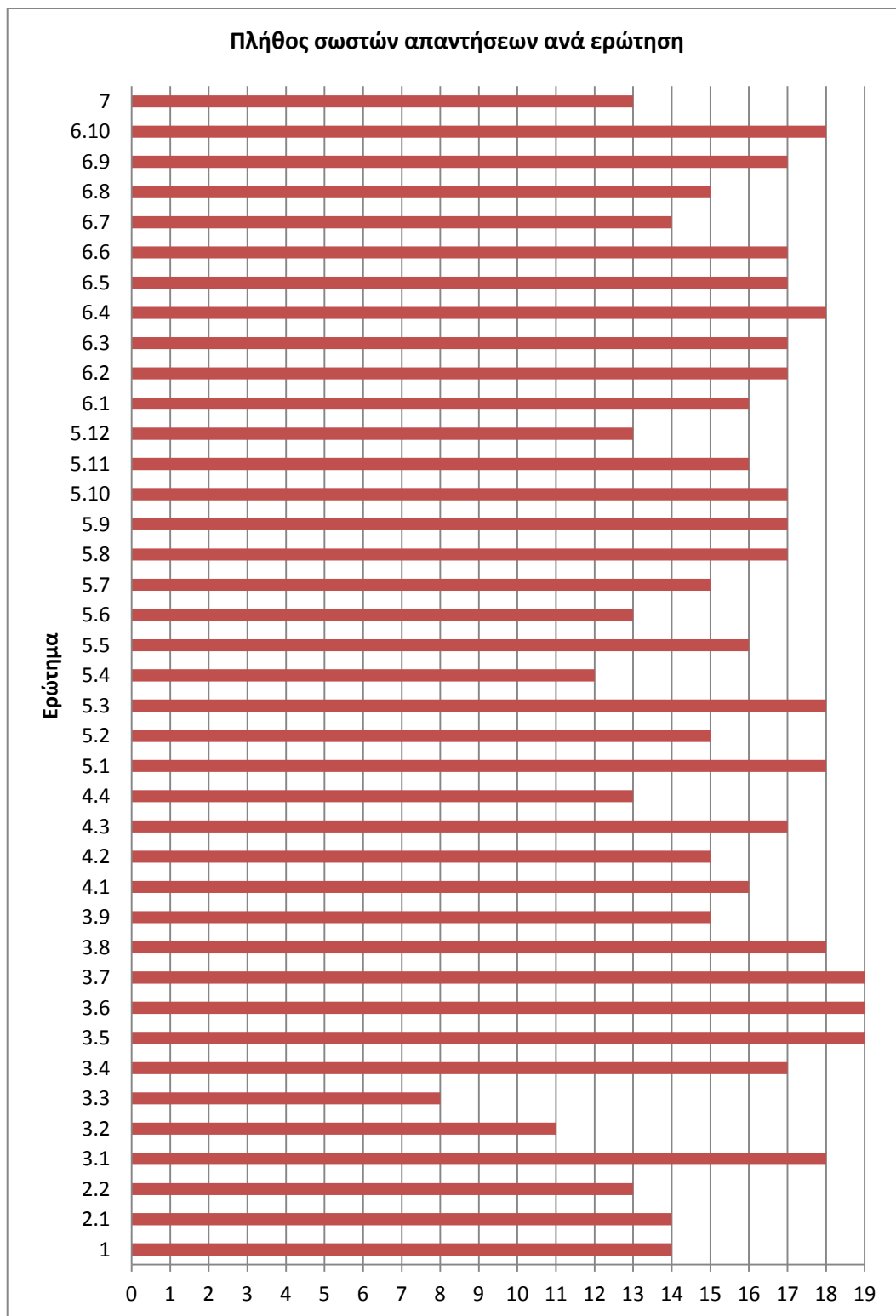
Εικόνα 78. Μέσος όρος σωστών απαντήσεων των ομάδων ανά μαθητή

2^η παράμετρος: σωστές απαντήσεις ανά ερώτημα.

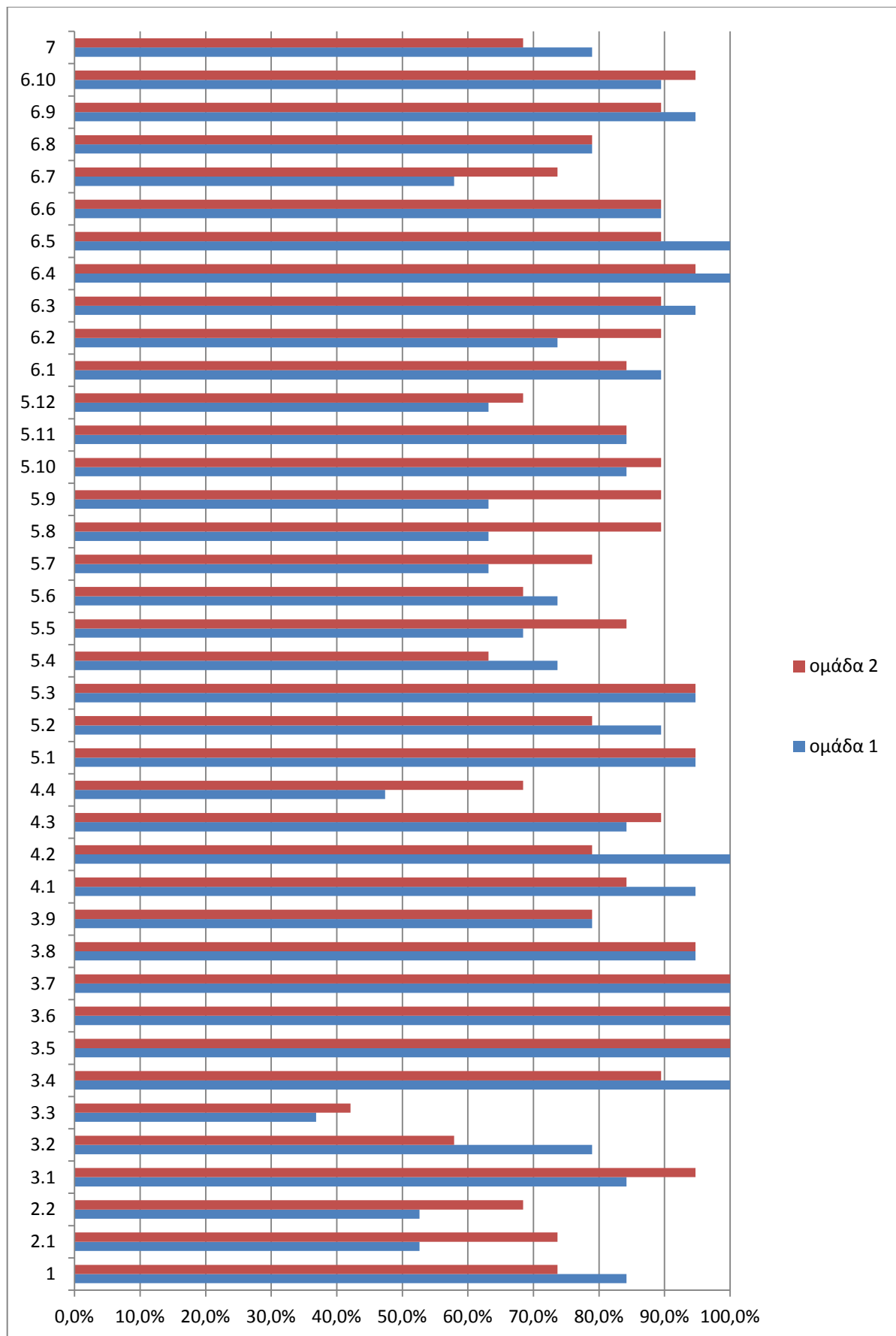
Ένας άλλος τρόπος να διαπιστώσουμε την επιτυχή ή όχι εφαρμογή της προτεινόμενης μεθόδου είναι να εντοπίσουμε το πλήθος των σωστών απαντήσεων ανά ερώτημα σε κάθε μία από τις δυο ομάδες. Έτσι, στην 1^η ομάδα έχουμε 8 ερωτήματα που απαντήθηκαν σωστά από όλους τους μαθητές, ενώ στην 2^η ομάδα τα ερωτήματα που απαντήθηκαν σωστά από όλους τους μαθητές ήταν 3. Αν παρατηρήσουμε τα γραφήματα στις εικόνες 79, 80 βλέπουμε ότι γενικά περισσότερες σωστές απαντήσεις ανά ερώτημα δόθηκαν από την 2^η ομάδα. Μια συγκριτική εικόνα ανάμεσα στις δυο ομάδες για κάθε σωστή απάντηση φαίνεται στην γραφική παράσταση της εικόνας 81.



Εικόνα 79. Πλήθος σωστών απαντήσεων ανά ερώτημα για την 1^η ομάδα μαθητών



Εικόνα 80. Πλήθος σωστών απαντήσεων ανά ερώτηση για την 2^η ομάδα μαθητών



Εικόνα 81. Σύγκριση μεταξύ δύο ομάδων για κάθε σωστή απάντηση

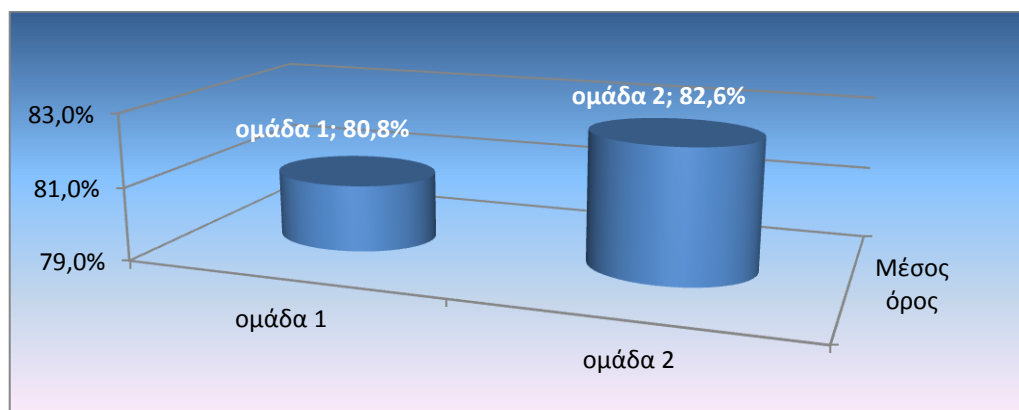
3^η παράμετρος: η διαφορά του μέσου όρου σωστών απαντήσεων

Οι ερωτήσεις με τις περισσότερες σωστές απαντήσεις που διακρίθηκαν στην 2^η ομάδα είναι οι:

- Ερώτηση 2 που αφορούσε τα δύο βασικά μέρη του υπολογιστικού συστήματος και είχε 2 υποερωτήματα (2.1 και 2.2) με την διαφορά μεταξύ των ομάδων υπέρ της 2^{ης} ομάδας σε αυτή την ερώτηση να φτάνει στο 18,4%.
- Ερώτηση 5 με τα υποερωτήματα 5.1 έως 5.12 και είχε ως ζητούμενο την κατάταξη των διαφόρων συσκευών σε μονάδες εισόδου, εξόδου και αποθήκευσης. Η διαφορά που σημειώθηκε στο σύνολο για όλα τα υποερωτήματα μεταξύ των ομάδων είναι 5,7% υπέρ της 2^{ης} ομάδας.
- Ερώτηση 6 που είχε 10 υποερωτήματα που αφορούσαν τα εξαρτήματα της κεντρικής μονάδας. Η διαφορά που σημειώθηκε υπέρ της ομάδας 2 δεν ήταν πολύ μεγάλη, μόλις 0,5%, αλλά θεωρούμε ότι έχει σημασία διότι αφορούσε αντικείμενα που οι μαθητές δεν γνώριζαν καθόλου παρά την καθημερινή τους επαφή με υπολογιστές.

Γενικά παρατηρήσαμε ότι στις ερωτήσεις «περισσότερο θεωρητικές» η 1^η ομάδα τα πήγε καλύτερα ενώ στις «περισσότερο πρακτικές» ερωτήσεις διακρίθηκε η ομάδα 2.

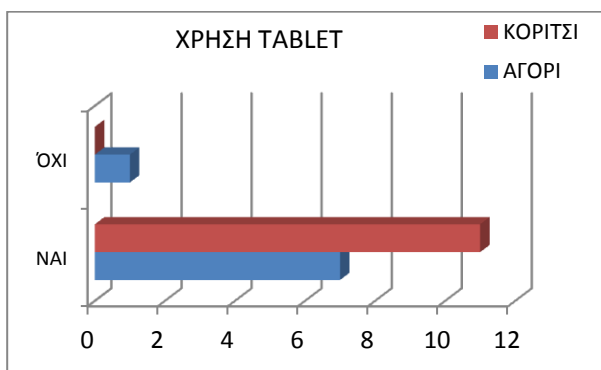
Έτσι, υπολογίζοντας τον συνολικό μέσο όρο των σωστών απαντήσεων της κάθε ομάδας, διαπιστώσαμε ότι το αποτέλεσμα της 2^{ης} ομάδας είναι καλύτερο σε σχέση με την 1^η. Αν και η διαφορά δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλη, αγγίζει μόλις το 1,8%, θεωρούμε ότι είναι σημαντική για το πλήθος συμμετεχόντων στο πείραμα και για τις συνθήκες εφαρμογής της προτεινόμενης μεθόδου (15^η χρήση tablet με 3G σύνδεση στο διαδίκτυο).



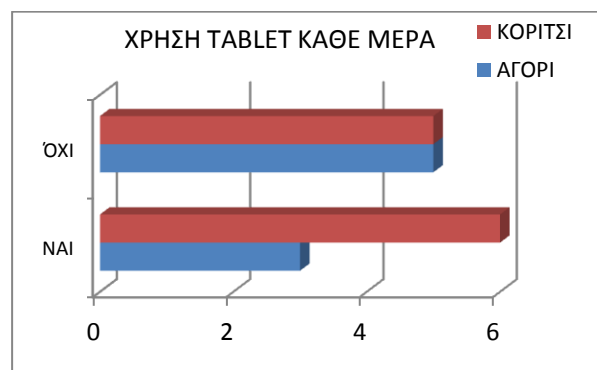
Εικόνα 82. Απεικόνιση της διαφοράς του μέσου όρου σωστών απαντήσεων

Στο δεύτερο στάδιο, αναλύοντας τα δεδομένα του 1^{ου} μέρους του ερωτηματολογίου παρατηρήσαμε ότι οι μαθητές είναι εξοικειωμένοι με την χρήση συσκευών tablet και ηλεκτρονικών υπολογιστών. Γενικά οι περισσότεροι προτιμούν να χρησιμοποιούν tablet από υπολογιστή, ενώ η προτίμηση της χρήσης τους σε ότι αφορά την μελέτη των μαθημάτων διαμοιράζεται. Παρατηρήσαμε επίσης ότι οι μισοί περίπου μαθητές χρησιμοποιούν τα ηλεκτρονικά μέσα για την μελέτη των μαθημάτων τους.

Αναλυτικά τα αποτελέσματα απεικονίζονται στις εικόνες που ακολουθούν (Εικ. 83 έως 90).

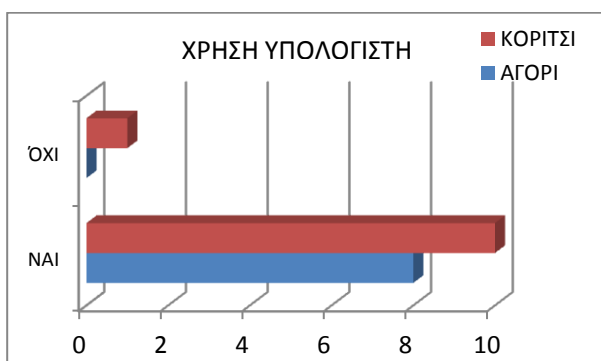


Εικόνα 83. Χρήση tablet

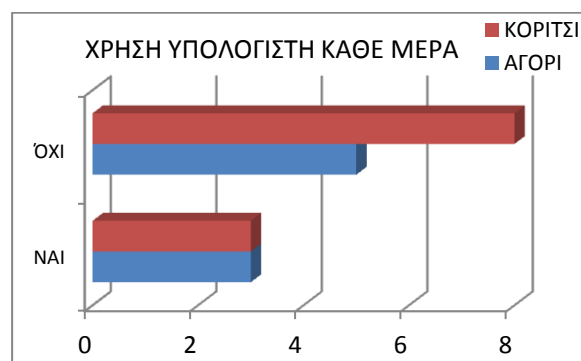


Εικόνα 84. Χρήση tablet κάθε μέρα

Βλέπουμε ότι σχεδόν όλοι οι συμμετέχοντες χρησιμοποιούν συσκευή tablet, ενώ οι μισοί περίπου σε καθημερινή βάση.

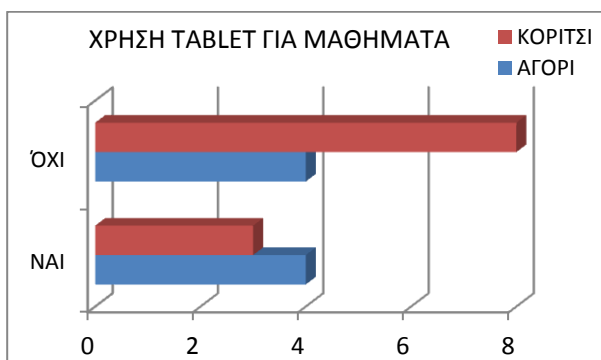


Εικόνα 85. Χρήση υπολογιστή

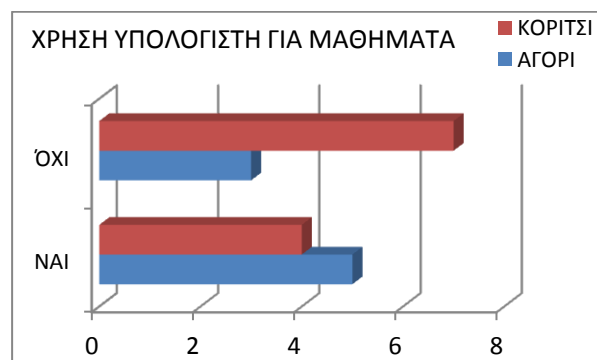


Εικόνα 86. Χρήση υπολογιστή κάθε μέρα

Σε ότι αφορά την χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή, όλοι σχεδόν οι μαθητές το χρησιμοποιούν γενικά αλλά όχι καθημερινά.

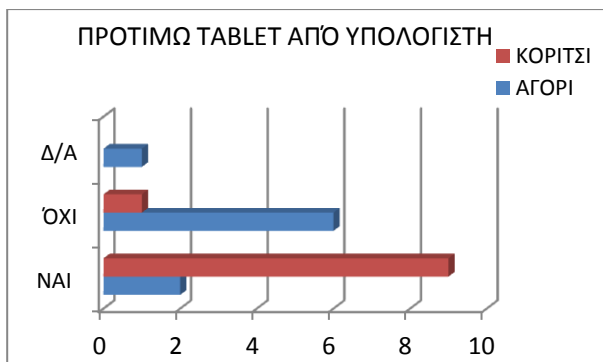


Εικόνα 87. Χρήση tablet για μαθήματα

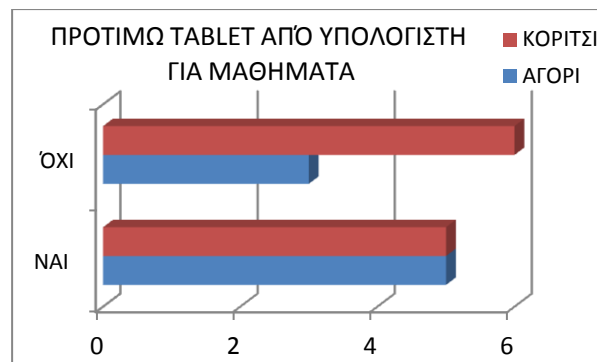


Εικόνα 88. Χρήση υπολογιστή για μαθήματα

Στην ερώτηση αν χρησιμοποιείται κάποια ηλεκτρονική συσκευή για την μελέτη των μαθημάτων, οι περισσότεροι απάντησαν αρνητικά, ενώ οι θετικές απαντήσεις συγκεντρώνονται πιο πολύ στην χρήση υπολογιστή.



Εικόνα 89. Προτίμηση tablet από υπολογιστή

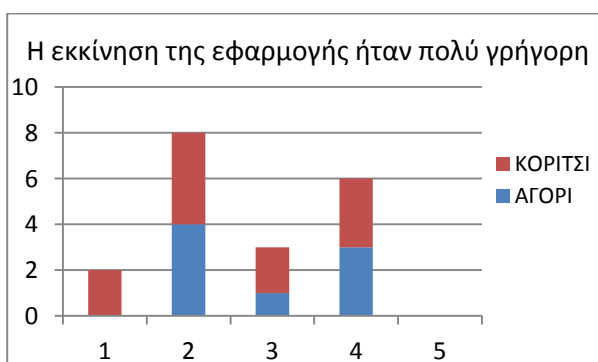


Εικόνα 90. Προτίμηση tablet από υπολογιστή για μαθήματα

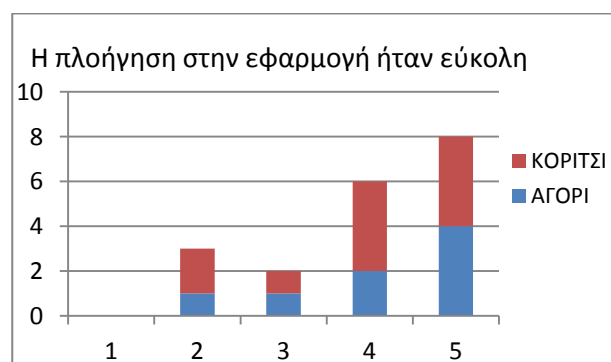
Σε γενικές γραμμές οι μαθητές προτιμούν να χρησιμοποιούν tablet σε σχέση με υπολογιστή, όμως για την μελέτη μαθημάτων οι απόψεις μοιράζονται.

Στο δεύτερο μέρος του ερωτηματολογίου, αν και υπάρχουν και αρνητικές εντυπώσεις, η εικόνα που σχηματίστηκε από τις απαντήσεις που αφορούσαν την *ευχρηστία* της εφαρμογής είναι θετική. Οι μαθητές αξιολόγησαν την χρήση της εφαρμογής με βαθμούς από 1 έως 5 με τις εξής αντιστοιχίες:

- 1 – Διαφωνώ απόλυτα,
- 2 – Διαφωνώ,
- 3 – Αδιαφορώ,
- 4 – Συμφωνώ,
- 5 – Συμφωνώ Απόλυτα.



Εικόνα 91. Εκκίνηση εφαρμογής

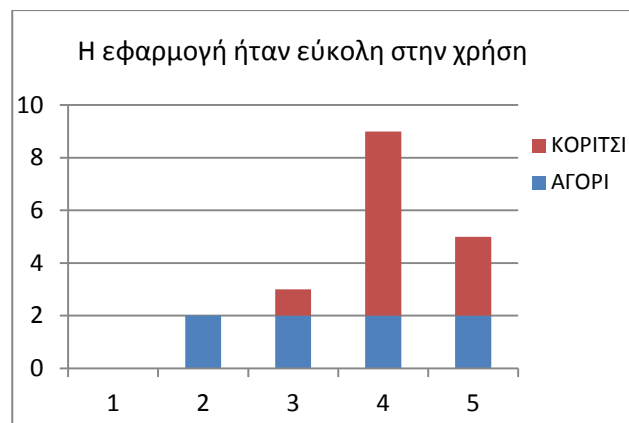


Εικόνα 92. Πλοήγηση στην εφαρμογή

Στην ερώτηση αν η εκκίνηση της εφαρμογής ήταν γρήγορη οι περισσότεροι απάντησαν αρνητικά. Η ταχύτητα εκκίνησης έχει να κάνει με την σύνδεση στο διαδίκτυο. Στο πείραμα χρησιμοποιήθηκε σύνδεση 3G, εάν γινόταν χρήση wi-fi οι περισσότερες απαντήσεις πιθανόν να ήταν θετικές. Σε ότι αφορά την πλοήγηση, οι μαθητές κατά πλειοψηφία δήλωσαν ότι ήταν εύκολη.

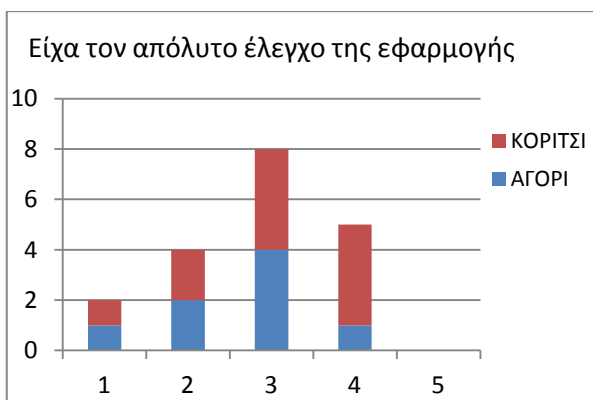


Εικόνα 93. Χρόνος εξοικείωσης

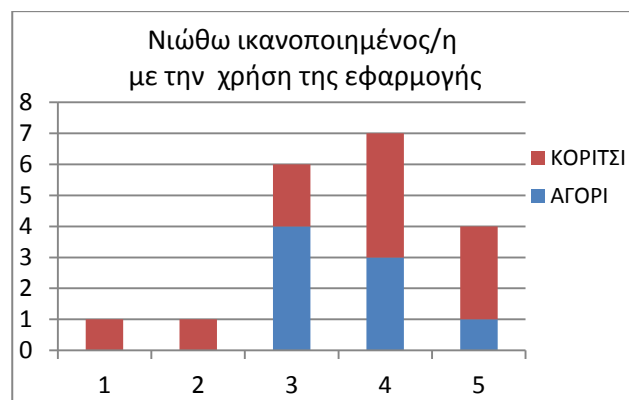


Εικόνα 94. Ευκολία χρήσης

Για τον χρόνο που χρειάστηκε να εξοικειωθούν με την χρήση της εφαρμογής οι απόψεις ποικίλουν, ενώ οι περισσότεροι συμφωνούν ότι ήταν εύκολη στην χρήση.



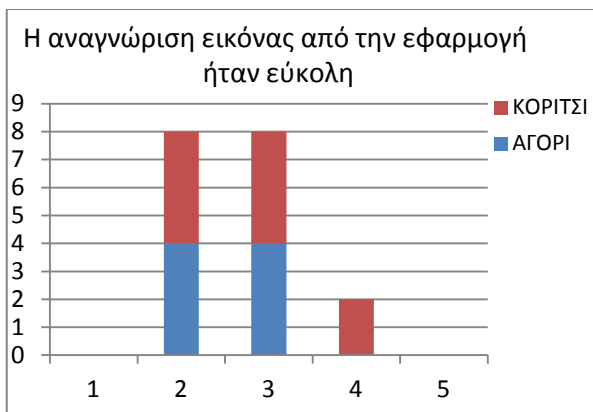
Εικόνα 95. Έλεγχος εφαρμογής



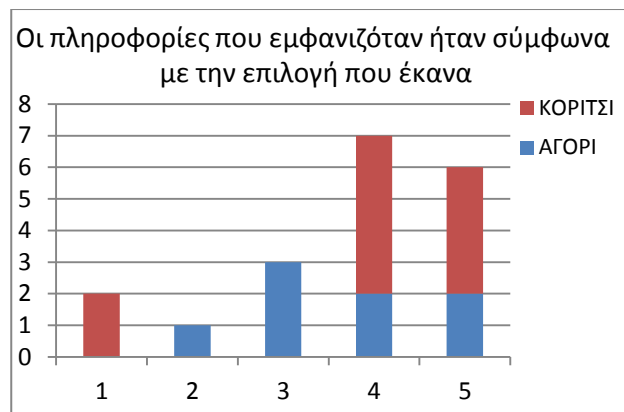
Εικόνα 96. Ικανοποίηση χρήσης της εφαρμογής

Οι περισσότεροι συμμετέχοντες συμφώνησαν ότι νιώθουν ικανοποιημένοι με την χρήση της εφαρμογής παρά το γεγονός ότι κάποιος αδιαφόρησαν ή έδωσαν αρνητική απάντηση στην ερώτηση αν είχαν τον απόλυτο έλεγχο της εφαρμογής.

Σε ότι αφορά την *λειτουργικότητα* και κατά συνέπεια την επίτευξη του στόχου, δηλαδή την καλύτερη εκμάθηση του αντικειμένου, οι περισσότεροι μαθητές εξέφρασαν την θετική τους άποψη.

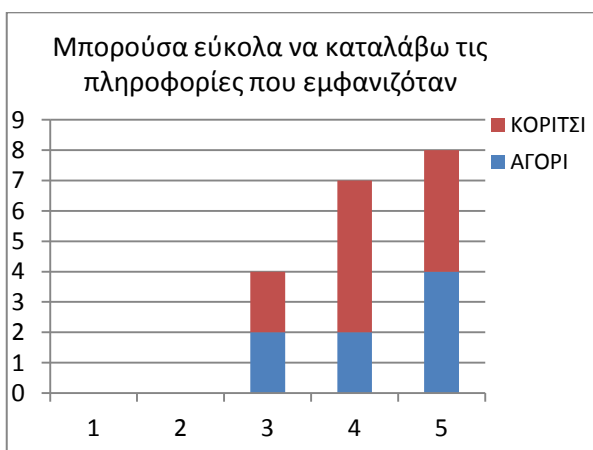


Εικόνα 97. Ευκολία αναγνώρισης εικόνας

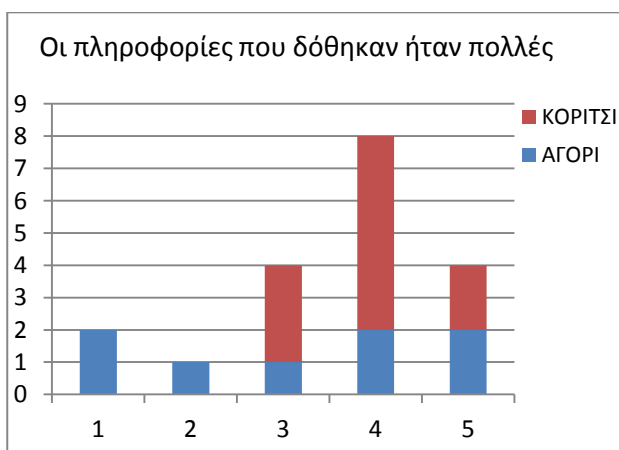


Εικόνα 98. Συνάφεια επιλογής - πληροφοριών

Η μόνη δυσκολία που συνάντησαν οι μαθητές ήταν η αρχική αναγνώριση εικόνας η οποία δυσκολία οφείλεται στην ποιότητα του σήματος για την σύνδεση στο διαδίκτυο. Οι πληροφορίες που εμφανιζόταν κάθε φορά ήταν σύμφωνα με την επιλογή του χρήστη όπως δήλωσαν οι περισσότεροι μαθητές.



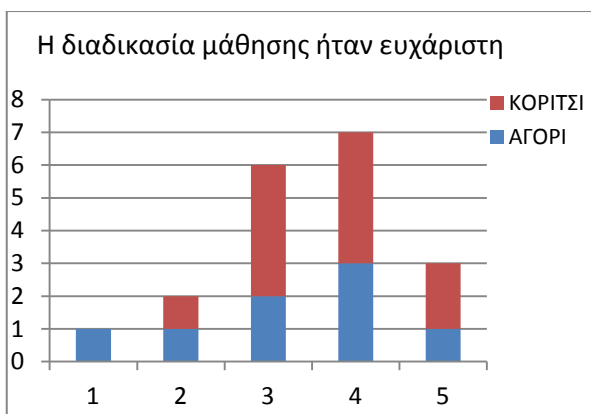
Εικόνα 99. Ευκολία κατανόησης πληροφοριών



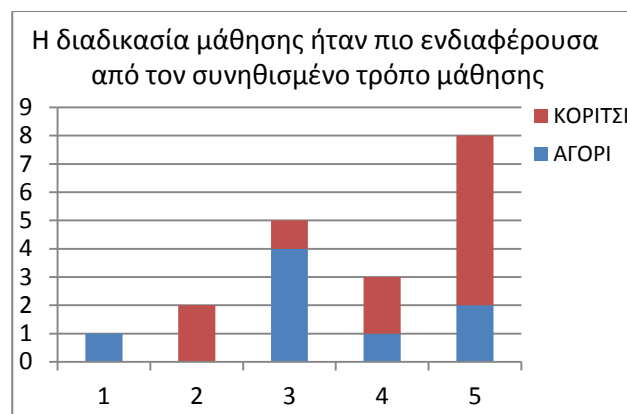
Εικόνα 100. Ποσότητα πληροφοριών

Οι πλειοψηφία των μαθητών συμφώνησε ότι οι πληροφορίες στις οποίες παρέπεμπε η κάθε επιλογή που έκαναν ήταν πολλές και εύκολα κατανοητές.

Στις ερωτήσεις που έκριναν την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής της προτεινόμενης μεθόδου, οι μαθητές απάντησαν θετικά και έδειξαν ικανοποίηση. Αναλυτικότερα, λίγοι ήταν εκείνοι που θεώρησαν ότι η διαδικασία μάθησης δεν ήταν ευχάριστη ή λιγότερο ενδιαφέρουσα από τον τρόπο που έχουν συνηθίσει. Ενώ υπήρχαν και εκείνοι που έδειξαν αδιαφορία για τις ερωτήσεις αυτές.

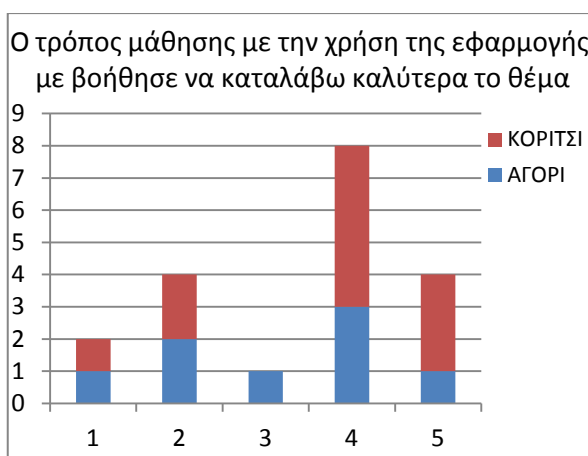


Εικόνα 101. Εμπειρία μάθησης

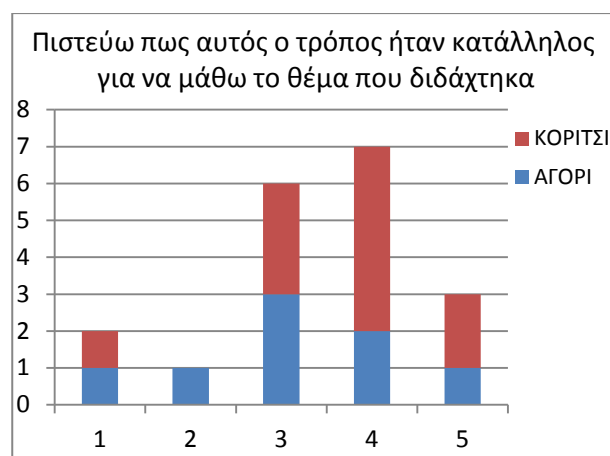


Εικόνα 102. Ενδιαφέρον μάθησης

Οι περισσότεροι μαθητές συμφώνησαν ότι αυτός ο τρόπος μάθησης ήταν κατάλληλος για το συγκεκριμένο θέμα και έτσι, χρησιμοποιώντας και την εφαρμογή κατάλαβαν καλύτερα το θέμα

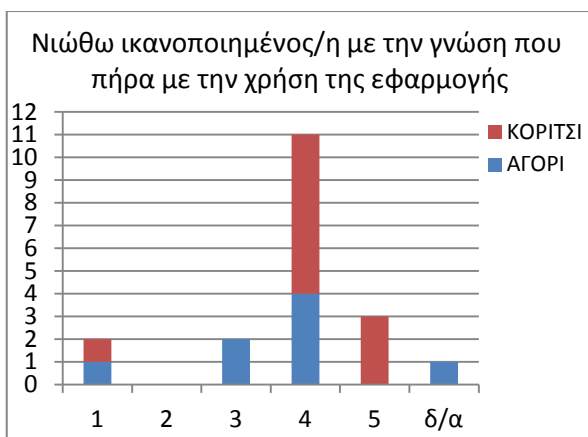


Εικόνα 103. Κατανόηση του θέματος

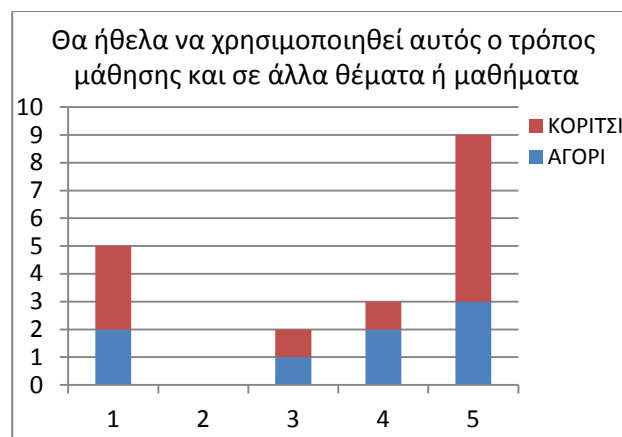


Εικόνα 104. Καταλληλότητα τρόπου μάθησης

Σε γενικές γραμμές οι 14 στους 19 θεωρούν ότι νιώθουν ικανοποιημένοι με την γνώση που πήραν από την χρήση της εφαρμογής ενώ οι 12 από τους 19 θα επιθυμούσαν να χρησιμοποιηθεί η προτεινόμενη μέθοδος και σε άλλα αντικείμενα ή μαθήματα.



Εικόνα 105. Ικανοποίηση εκμάθησης



Εικόνα 106. Επιθυμία χρήσης και σε άλλα μαθήματα

7.5 Σύνοψη συμπερασμάτων αξιολόγησης

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα των πειραμάτων και λαμβάνοντας υπόψη τις παραμέτρους που θέσαμε όπως επίσης και τις απόψεις των συμμετεχόντων για τον προτεινόμενο τρόπο διδασκαλίας συμπεράνουμε τα εξής:

- 1^η παράμετρος** - Πλήθος σωστών απαντήσεων ανά μαθητή: δεν υπήρχε κανένας μαθητής στην 1^η ομάδα που να απάντησε σε όλες τις ερωτήσεις σωστά, ενώ στην 2^η ομάδα υπήρχαν 2 μαθητές με όλες τις απαντήσεις σωστές
- 2^η παράμετρος** - Σωστές απαντήσεις ανά ερώτημα: αν και για την πρώτη ομάδα μαθητών έχουμε 8 ερωτήματα που απαντήθηκαν σωστά από όλους τους μαθητές, ενώ στην 2^η ομάδα τα ερωτήματα που απαντήθηκαν σωστά από όλους τους μαθητές ήταν 3, κατά μέσο όρο περισσότερες σωστές απαντήσεις ανά ερώτημα δόθηκαν από την 2^η ομάδα
- 3^η παράμετρος** - Η διαφορά του μέσου όρου σωστών απαντήσεων: ο μέσος όρος σωστών απαντήσεων της 1^{ης} ομάδας είναι μικρότερος από τον αντίστοιχο μέσο όρο της 2^{ης} ομάδας κατά 1,8%. Αυτό σημαίνει ότι παρά τις μικρές δυσκολίες στην εφαρμογή της μεθόδου (περιορισμένος χρόνος λόγω χρήσης μόνο μιας συσκευής tablet και ασθενές σήμα σύνδεσης στο διαδίκτυο) οι μαθητές της δεύτερης ομάδας έδειξαν να κατανοούν καλύτερα το θέμα που διδάχθηκαν.
- Σχετικά με την εμπειρία χρήσης της εφαρμογής, οι συμμετέχοντες εξέφρασαν θετική άποψη και ικανοποίηση στην κατανόηση του αντικειμένου που διδάχθηκαν κατά την πλειοψηφία τους.

Τα μειονεκτήματα που εντοπίσαμε κατά την διάρκεια της διαδικασίας είχαν σχέση με την ποιότητα του σήματος για την σύνδεση στο διαδίκτυο με συνέπεια την καθυστέρηση στην αναγνώριση της αρχικής εικόνας και η χρήση μιας μόνο συσκευής.

8

Επίλογος

Στόχος της διπλωματικής αποτέλεσε η ανάδειξη των δυνατοτήτων της επαυξημένης πραγματικότητας και η ανάπτυξη μιας εφαρμογής στον εκπαιδευτικό χώρο για εκμάθηση ενός διδακτικού αντικειμένου χρησιμοποιώντας δυναμικό περιεχόμενο. Αφού χρησιμοποιήσαμε την εφαρμογή πραγματοποιώντας μια πειραματική διαδικασία για να μελετήσουμε την επίδραση την επαυξημένης πραγματικότητας στην πράξη, θα θέλαμε να αναφέρουμε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που εντοπίσαμε και να περιγράψουμε τα συμπεράσματα που προέκυψαν. Τέλος, θα προτείνουμε ιδέες για μελλοντικές επεκτάσεις της εφαρμογής αλλά και ιδέες για την ανάπτυξη άλλων εφαρμογών βασισμένων στην τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητα με πεδίο εφαρμογής την εκπαίδευση.

8.1 Σύνοψη και συμπεράσματα

Η επαυξημένη πραγματικότητα είναι ένα τμήμα την εικονικής πραγματικότητας. Ερευνώντας και μελετώντας την επαυξημένη πραγματικότητα, ανακαλύψαμε ότι ξεκίνησε να αναπτύσσεται πριν από αρκετές δεκαετίες, ενώ εξελίχθηκε ραγδαία τα τελευταία χρόνια από την στιγμή της εμφάνισης φορητών και έξυπνων ηλεκτρονικών συσκευών. Παρά την ραγδαία εξέλιξη, η επαυξημένη πραγματικότητα βρίσκεται ακόμη στο νηπιακό της στάδιο και αποτελεί ένα πεδίο έρευνας με πολλά ενδιαφέροντα σημεία. Σκοπός της είναι να εμπλουτίζει αντικείμενα του αληθινού κόσμου με

ψηφιακό περιεχόμενο σε πραγματικό χρόνο. Εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας έχουν αναπτυχθεί σε πολλούς τομείς και προσφέρουν σημαντικές διευκολύνσεις όταν χρησιμοποιούνται.

Ένας από τους τομείς που εφαρμόζεται η επαυξημένη πραγματικότητα με επιτυχία είναι ο τομέας της εκπαίδευσης. Έτσι, στην διπλωματική εργασία, επιθυμώντας να διαπιστώσουμε στην πράξη την προσφορά της τεχνολογίας αυτής και στην προσπάθεια αναζήτησης νέων διδακτικών μεθόδων, αναπτύξαμε μια διδακτική πρόταση χρησιμοποιώντας την τεχνολογία επαυξημένης πραγματικότητας. Κύριο χαρακτηριστικό της εφαρμογής είναι η επικοινωνία με διάφορες δυναμικές πλατφόρμες του διαδικτύου μέσω των διεπαφών τους και η άντληση δυναμικού ψηφιακού περιεχομένου επαύξησης κατ' επιλογή του χρήστη σε πραγματικό χρόνο.

Για να αξιολογήσουμε την αποτελεσματικότητα της μεθόδου ακολουθήσαμε μια πειραματική διαδικασία σε δυο τμήματα ενός Δημοτικού σχολείου με την συμμετοχή 38 μαθητών συνολικά.

Έτσι, επιλέξαμε ένα αντικείμενο διδασκαλίας, «Το υλικό του υπολογιστή», από την διδακτική ύλη του μαθήματος «Τεχνολογίες Πληροφοριών και Επικοινωνίας (ΤΠΕ)», δημιουργήσαμε μια εφαρμογή που διαπραγματεύεται το θέμα με ένα από τα πολλά εργαλεία ανάπτυξης εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας και εφαρμόσαμε δυο μεθόδους διδασκαλίας:

- Την κλασική μέθοδο με προφορική παράδοση χρησιμοποιώντας ένα διδακτικό σενάριο
- Την προτεινόμενη μέθοδο με την εφαρμογή που αναπτύξαμε χρησιμοποιώντας ένα tablet και μια εικόνα.

Και στις δυο περιπτώσεις ζητήσαμε τους μαθητές να απαντήσουν ανώνυμα σε ορισμένες ερωτήσεις εμπέδωσης, ίδιες για όλους τους συμμετέχοντες. Επίσης, οι μαθητές που διδάχθηκαν με την προτεινόμενη μέθοδο κλήθηκαν να αξιολογήσουν την εμπειρία τους συμπληρώνοντας ένα ερωτηματολόγιο που αφορούσε την εφαρμογή, την προτεινόμενη μέθοδο διδασκαλίας και την επιθυμία εφαρμογής της μεθόδου και σε άλλα διδακτικά αντικείμενα.

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου που προτείνουμε έναντι της κλασικής συγκρίνοντας τις απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις εμπέδωσης εντοπίζονται στα εξής σημεία:

- μεγαλύτερος μέσος όρος σωστών απαντήσεων
- υπήρχαν μαθητές που απάντησαν σωστά σε όλες τις ερωτήσεις
- περισσότερες σωστές απαντήσεις σε ότι αφορά τα πιο πρακτικά ζητήματα (π.χ ταξινόμηση συσκευών σε μονάδες E/E).

Οι εντυπώσεις τις οποίες εξέφρασαν οι μαθητές που διδάχθηκαν με την μέθοδο που χρησιμοποιεί την επαυξημένη πραγματικότητα ήταν θετικές. Δήλωσαν ότι

- ήταν ικανοποιημένοι με την χρήση της εφαρμογής,
- δόθηκαν αρκετές σε πλήθος και εύκολα κατανοητές πληροφορίες,
- ο τρόπος παρουσίασης αυτών συνέβαλε στην καλύτερη εκμάθηση του αντικειμένου,
- η εκμάθηση με την χρήση της μεθόδου έχει μεγαλύτερο ενδιαφέρον,

- επιθυμούν την χρήση της μεθόδου και σε άλλα διδακτικά θέματα.

Τα μειονεκτήματα εντοπίζονται

- στην ανάγκη χρήσης περισσότερων συσκευών tablet κατά την εφαρμογή της μεθόδου μέσα σε μια σχολική τάξη,
- στην χαμηλή ταχύτητα μετάδοσης σήματος με αποτέλεσμα την καθυστέρηση στην λειτουργία της εφαρμογής λόγω έλλειψης σύνδεσης wi-fi και χρήσης 3G.

Έτσι, έχοντας κατά νου τα αποτελέσματα των πειραμάτων

- αξιοποιήσαμε τις τα βασικά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας επαυξημένης πραγματικότητας μέσω της υπηρεσίας που αναπτύξαμε
- χρησιμοποιήσαμε διεπαφές επικοινωνίας με τις δυναμικές πλατφόρμες του διαδικτύου, πράγμα που σημαίνει ότι οι μαθητές θα βλέπουν πάντα νέες πληροφορίες διότι οι δυναμικές πλατφόρμες συνεχώς ανανεώνονται και εμπλουτίζονται με καινούριο ψηφιακό περιεχόμενο
- προτείναμε έναν τρόπο χρήσης των συσκευών tablet για εκπαιδευτικό σκοπό πάνω στο αντικείμενο διδασκαλίας μέσα στην τάξη
- καταφέραμε να ενεργοποιήσουμε το ενδιαφέρον των μαθητών και να τους παρακινήσουμε στην ανακάλυψη νέων γνώσεων
- διαπιστώσαμε ότι οι μαθητές μπορούν να ανταποκριθούν θετικά στην εκμάθηση ενός αντικειμένου, ακόμη και μέσα σε πολύ μικρή χρονική διάρκεια, όταν η μέθοδος διδασκαλίας τους ξυπνάει το ενδιαφέρον. Επιπλέον, το γεγονός ότι θα μπορούν να χρησιμοποιούν έξυπνες κινητές συσκευές, τους δίνει ένα ακόμη κίνητρο να την προτιμήσουν σε σχέση με τον κλασσικό τρόπο διδασκαλίας.

8.2 Μελλοντικές επεκτάσεις

Η τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας, παρά το γεγονός ότι χρησιμοποιείται σήμερα στην εκπαίδευση ωστόσο, δεν είναι ευρέως διαδεδομένη στην χώρα μας και ειδικά στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Η υπηρεσία που προτείναμε αποτελεί ένα από τα πρώτα βήματα της ένταξης της επαυξημένης πραγματικότητας στην εκπαιδευτική διαδικασία. Από εκεί και έπειτα υπάρχουν πολλές ιδέες ή σκέψεις αξιοποίησης της τεχνολογίας για την επέκταση της εφαρμογής μας αλλά και προτάσεις για την ανάπτυξη νέων εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας που θα ωφελούν τους μαθητές στην εκπαιδευτική διαδικασία παρέχοντας το πιο πρόσφατο ψηφιακό περιεχόμενο την χρονική στιγμή που το απαιτεί ο χρήστης.

Πιθανές ιδέες επέκτασης της εφαρμογής μας:

- Δυναμική αναγνώριση θέσης – ανάλογα με την γεωγραφική τοποθεσία του χρήστη, το ψηφιακό περιεχόμενο να εμφανίζεται και σε άλλη γλώσσα
- Σύνθετη αναζήτηση ψηφιακού περιεχομένου – να γίνεται με χρήση web services ή sparql σε όλες τις δυναμικές πλατφόρμες ταυτόχρονα
- Περαιτέρω ανάπτυξη της κατ' απαίτηση δυνατότητας εύρεσης ψηφιακού περιεχομένου και ταξινόμηση αυτού με διάφορα κριτήρια, π.χ. λίστα με URLs ανά δυναμική πλατφόρμα με ημερολογιακή σειρά μεταφόρτωσης
- 3D – εμφάνιση τρισδιάστατου περιεχομένου για ορισμένες επιλογές του χρήστη.
- Προσαρμοστική μάθηση – να λαμβάνεται υπόψη στοιχεία που χαρακτηρίζουν το προφίλ του μαθητή έτσι ώστε να το περιεχόμενο που θα εμφανίζεται να είναι εύκολα κατανοητό σε κάθε περίπτωση. Τα στοιχεία αυτά θα μπορούσαν να είναι η ηλικία του μαθητή, το γνωστικό επίπεδο που έχει πάνω στο θέμα, ύπαρξη ή μη μαθησιακών δυσκολιών.
- Αναζήτηση όρων – να επιτρέπει στον μαθητή να αναζητά επιπλέον πληροφορίες ανάλογα με τον όρο που επιθυμεί την στιγμή που εκτελείται η εφαρμογή σε μια από τις δυναμικές πλατφόρμες με τις οποίες επικοινωνεί η εφαρμογή

Μερικές προτάσεις αξιοποίησης της τεχνολογίας στην εκπαιδευτική διαδικασία γενικότερα:

- Ανάπτυξη εφαρμογών που θα βρίσκουν εκπαιδευτικά συγγράμματα σχετικά με κάποιο λήμμα που θα ζητάει ο χρήστης σε πραγματικό χρόνο
- Ανάπτυξη εφαρμογών για πλήθος διδακτικών θεμάτων για όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης
- Προσομοίωση πειραμάτων που περιγράφονται στα σχολικά βιβλία σε μαθήματα όπως Φυσική ή Χημεία έτσι ώστε ο μαθητής να έχει την ευκαιρία να «εκτελέσει» το πείραμα στο σπίτι χωρίς να έχει όλα τα απαραίτητα συστατικά
- Διδασκαλία της τεχνολογίας με χρήση κάποιων εργαλείων ανάπτυξης εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση
- Προτροπή εκπαιδευτικών διαφόρων ειδικοτήτων στην δημιουργία και χρήση εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας για τα αντικείμενα διδασκαλίας τους

Η τεχνολογία επαυξημένης πραγματικότητας αποτελεί ένα αναπτυσσόμενο αντικείμενο της επιστήμης της πληροφορικής που μπορεί να συμβάλει στην καλύτερη μετάδοση γνώσης σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης. Οι εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας, χρησιμοποιώντας τις τεχνολογίες cloud computing, semantic web, την τεχνητή νοημοσύνη και τις δυναμικές πλατφόρμες του διαδικτύου, αναμένεται να αποτελέσουν έναν συνδυαστικό κρίκο του πραγματικού κόσμου με τον ψηφιακό κόσμο του διαδικτύου προσφέροντας στον χρήστη την προστιθέμενη αξία της πανταχού παρούσας υπολογιστικής και την αξιοποίηση αυτής στον τομέα της παιδείας και όχι μόνο.

9

Βιβλιογραφία

ARToolworks, n.d. <http://www.artoolworks.com>. [Online]

Available at: <http://www.artoolworks.com/products/open-source-software/flartoolkit-2/>
[Accessed Νοέμβριος 2014].

Azuma, R. et al., 2001. Recent Advances in Augmented Reality. *Computers & Graphics*, November.

Azuma, R. T., 1997. A Survey of Augmented Reality. *Teleoperators and Virtual Environments*, August, 6(4), pp. 355-385.

Benford, S. et al., 1998. Understanding and Constructing Shared. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, Septembe, 5(3), pp. 185-223.

Compare, S., n.d. *Augmented Reality SDK comparison*. [Online]

Available at: <http://socialcompare.com/en/comparison/augmented-reality-sdks>
[Accessed Δεκέμβριος 2014].

Dähne, P. & Karigiannis, J. N., 2002. *Archeoguide: System Architecture of a Mobile Outdoor Augmented Reality System*. s.l., IEEE.

DAQRI, n.d. *DAQRI*. [Online]

Available at: www.daqri.com
[Accessed Ιανουάριος 2015].

Documentation, A., n.d. *ARToolKit*. [Online]

Available at: <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>
[Accessed Νοέμβριος 2014].

Doswell, J. T., Blake, M. B. & Butcher-Green, J., 2006. *Mobile Augmented Reality System Architecture for Ubiquitous e-Learning*. s.l., IEEE Computer Society.

DroidAR, n.d. *DroidAR*. [Online]
Available at: <http://bitstars.github.io/droidar/>
[Accessed Ιανουάριος 2015].

EyeWriter, n.d. *The EyeWriter*. [Online]
Available at: <http://www.eyewriter.org/>
[Accessed Νοέμβριος 2014].

Fabri, D. et al., 2008. Virtual and Augmented Reality. In: *Handbook on Information Technologies for Education and Training*. s.l.:Springer Berlin Heidelberg, pp. 113-132.

Foundation, F. S., n.d. *GNU General Public License*. [Online]
Available at: <http://www.gnu.org/licenses/gpl.html>
[Accessed Ιανουάριος 2015].

Foundation, W., n.d. <http://en.wikipedia.org/wiki/ARQuake>. [Online]
Available at: <http://en.wikipedia.org/wiki/ARQuake>
[Accessed Νοέμβριος 2014].

GitHub, n.d. *GitHub*. [Online]
Available at: <https://github.com/>
[Accessed Ιανουάριος 2015].

Google, H. P., n.d. *DroidAR Augmented Reality Framework*. [Online]
Available at: <https://code.google.com/p/droidar/>
[Accessed Ιανουάριος 2015].

Heilig, M. L. & Beach, L., 1962. SENSORAMA SIMULATOR. *United State Patent Office*, 28 August.

Kaufmann, H., 2002. *Construct3D: An Augmented Reality Application for Mathematics and Geometry Education*. Juan-les-Pins, France, ACM Press..

Kaufmann, H. & Dünser, A., 2007. Summary of Usability Evaluations of an Educational Augmented Reality Application. In: *Virtual Reality*. s.l.:Springer Berlin Heidelberg, pp. 660-669.

Krevelen, D. v. & Poelman, R., 2010. A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations. *The International Journal of Virtual Reality*, 9(2), pp. 1-20.

Layar, n.d. <https://www.layar.com/>. [Online]
Available at: <https://www.layar.com/about/>
[Accessed Σεπτέμβριος 2014].

Layar, n.d. *Layar Development Documentation*. [Online]
Available at: <https://www.layar.com/documentation/browser/layar-platform-overview/>
[Accessed Δεκέμβριος 2014].

- LM3LABS, n.d. *LM3LABS*. [Online]
Available at: <http://2.lm3labs.com/>
[Accessed Ιανουάριος 2015].
- López, H., Navarro, A. & Relaño, J., 2010. *An Analysis of Augmented Reality Systems*. s.l., IEEE.
- Madden, L., 2011. *Professional Augmented Reality Browsers for Smartphones: Programming for junaio, Layar, and Wikitude*. s.l.:John Wiley & Sons.
- Milgram, P. & Kishino, F., 1994. A TAXONOMY OF MIXED REALITY VISUAL DISPLAYS. *IEICE Transactions on Information Systems*, December, E77-D(12).
- Miyashita, T. et al., 15 -18 September 2008. *An Augmented Reality Museum Guide*. Cambridge, UK, IEEE.
- OpenGL, n.d. *Open GL*. [Online]
Available at: <https://www.opengl.org/>
[Accessed Δεκέμβριος 2014].
- Rouillard, J., 2008. *Contextual QR Codes*. Athens, IEEE.
- Schmalstieg, D. et al., 2007. Managing Complex Augmented Reality Models. *IEEE Computer Graphics and Applications*, July/August, pp. 48-57.
- Studio, D. 4., n.d. *DAQRI 4D Studio*. [Online]
Available at: <http://4dstudio.daqri.com>
[Accessed Ιανουάριος 2015].
- Studio, W., n.d. *Wikitude Studio*. [Online]
Available at: <http://studio.wikitude.com/>
[Accessed Δεκέμβριος 2014].
- TeachThought, n.d. <http://www.teachthought.com/>. [Online]
Available at: <http://www.teachthought.com/technology/32-augmented-reality-apps-for-the-classroom-from-edshelf/>
[Accessed October 2014].
- Team, O. D., n.d. *OpenCV*. [Online]
Available at: <http://opencv.org/>
[Accessed 2015].
- Thomas, B. et al., 2002. First Person Indoor/Outdoor Augmented Reality Application: ARQuake. *Personal and Ubiquitous Computing*, Issue 6, pp. 75-86.
- Web, T. N., n.d. <http://thenextweb.com>. [Online]
Available at: <http://thenextweb.com/insider/2012/05/16/wikitude-takes-its-augmented-reality-beyond-apps-and-direct-to-the-mobile-web/>
[Accessed Νοέμβριος 2014].
- Wikipedia, T. F. E., n.d. *BSD licenses*. [Online]
Available at: http://en.wikipedia.org/wiki/BSD_licenses
[Accessed 2015].

Wikipedia, T. F. E., n.d. *Wikipedia OpenGL*. [Online]
Available at: <http://en.wikipedia.org/wiki/OpenGL>
[Accessed Δεκέμβριος 2014].

Wikitude, n.d. *Wikitude*. [Online]
Available at: <http://www.wikitude.com/>
[Accessed Δεκέμβριος 2014].

Woldegiorgis, E., 2014. *3D Model Data Source for Wikitude*, Helsinki: Thesis.

Xloudia, n.d. *Xloudia*. [Online]
Available at: <http://www.xloudia.com/>
[Accessed Ιανουάριος 2015].

Yoon, H. et al., 2011. *QR Code Data Representation for Mobile Augmented Reality*. s.l., s.n.

Yuen, S. C.-Y., Yaotuneyong, G. & Johnson, E., 2011. Augmented Reality: An Overview and Five Directions for AR in Education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 4(1), pp. 119-140.

Αράπογλου, Α., Μαβόγλου, Χ., Οικονομάκος, Η. & Φύτρος, Κ., 2007. *Πληροφορική Α', Β', Γ' Γυμνασίου*. Α' ed. Αθήνα: ΟΕΔΒ.

Νικολαΐδης, Δ., 2003. Επαυξημένη Πραγματικότητα Πολλαπλασιάζοντας τις δυνατότητες των αισθήσεων. "*ΠΕΡΙΣΚΟΠΙΟ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ*", Μάρτιος, Issue 270.

10

Παραρτήματα

10.1 Παράρτημα 1

name	type	IO	Android	Windows, Mac	Web	PC/Mac/Linux	3D Object Trac	Natural Fee	GI	IMU Sens	Mis	VisualSe	FaceTra	Content	Unity	Website
ALVAR	Free + Commercial SDK option		Yes		Yes Flash, Silverlight			Yes			Yes Tracks multiple					virtual.itt.f/...
ARLab	Free + Commercial SDK option	Yes	Yes						Yes	Yes	Yes QR code	Yes Support for thousands of images in	Yes			arlab.com
ARmedia	Free + Commercial SDK option	Yes	Yes		Yes	ARmedia supports PC/Mac and Linux	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes		No		Yes	inlooptechnologies.com
ARPA	Free + Commercial SDK option	Yes	Yes			via Unity plugin		Yes	Yes				Yes Soon		Yes	arpa-solutions.net/en
ARToolkit	Free + Commercial SDK option	Yes	Yes					Yes			Yes					artoolworks.com
Augmented Pixels	Free + Commercial SDK option	Yes	Yes								Yes					augmentedpixels.com
Aurasma	Free + Commercial SDK option	Yes	Yes					Yes				Yes				aurasma.com
Awrite	Free + Commercial SDK option	- Under dev	Yes						Yes						Yes	
Beyond Reality Face	Free + Commercial SDK option	Yes via Adobe AIR (ANE)	Yes via Adobe AIR		Yes Flash-based and HTML5/JS	PC/Mac via Adobe							Yes			beyond-reality-face.com
Catchoom	Free + Commercial SDK option	Yes	Yes		Yes	PC/Mac/Linux		Yes				Yes		Yes	Yes	catchoom.com
D'Fusion	Free + Commercial SDK option	Yes	Yes		Yes Flash			Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes		Yes	dimmersion.com
flare*	Free + Commercial SDK option							Yes			Yes					imagination.st/...
IN2AR	Free + Commercial SDK option	Yes via Adobe ANE	Yes via Adobe ANE		Yes Flash-based, Unity3D	PC/Mac via Adobe		Yes							Yes	in2ar.com
InstantReality	Free + Commercial SDK option												Yes			instantreality.org
Ivlar	Free + Commercial SDK option	Yes	Yes					Yes	Yes	Yes				Yes		ivlar.com/...
Metalio SDK	Free + Commercial SDK option	Yes	Yes		Yes	PC/Mac	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes Client-based +100 unique	Yes	Yes OpenGL support, in-house 3-D	Yes	metalio.com
OpenAR	Free + Commercial SDK option	Yes							Yes	Yes						dlopenic.com/...
PointCloud	Free + Commercial SDK option	Yes	- (Under dev)									Yes		Yes	Yes	pointcloud.io
Robocortex	Free + Commercial SDK option	Yes	Yes			PC/Mac/Linux		Yes			Yes					robocortex.com
Strine	Free + Commercial SDK option	Yes									Yes				Yes	poweredbystrine.com
Qualcomm Vuforia	Free + Commercial SDK option	Yes	Yes		No		Yes Only on box and	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes With Vuforia Cloud	Yes	qualcomm.com/...
Wikitude	Free + Commercial SDK option	Yes	Yes					Yes	Yes	Yes	Yes			Yes		wikitude.com
Win AR	Free + Commercial SDK option							Yes						Yes		nus.edu.sg/...
vvision	Free + Commercial SDK option	Yes	Yes	Yes							Yes			Yes		vvision.com

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά free + commercial SDK option εργαλείων (Compare, n.d.).

name	type	platforms						Features							Plugin Compatibility		
		iOS	Android	Windows Mobi	Web	PC/Mac/ Linu	3D Object Track	Natural Feat	GPS	IMU Sens	Marker	VisualSearch	FaceTracking	ContentAPI	Unity (3D)	Website	
ArUco	Open Source															Yes	www.uco.es/...
ATOMIC Authoring Tool	Open Source															Yes	sologicolibre.org/...
BazAR	Open Source																epfl.ch/...
BeyondAR	Open Source		Yes														beyondar.com/...
DroidAR	Open Source		Yes				Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	- can be added via opencv	- can be added via opencv	Yes OpenGL or jMonkey Engine		github.io/...
FLARToolkit	Open Source				Yes											Yes	libspark.org/...
Goblin XNA	Open Source															Yes	codeplex.com
LibreGeoSocial	Open Source		Yes							Yes	Yes						libregeosocial.org
Minerva	Open Source															Yes	sourceforge.net/...
mixare	Open Source	Yes	Yes							Yes							mixare.org
MXR Toolkit	Open Source					PC										Yes	sourceforge.net
NvARToolkit	Open Source		Yes			PC										Yes	nvatla.io/...
OpenSpace3D	Open Source				Yes Flash	PC										Yes	openspace3d.com
osgART	Open Source							Yes								Yes	osgart.org
SLARToolkit	Open Source			Yes												Yes	codeplex.com
Studierstube	Open Source															Yes	tugraz.at
UART	Open Source	Yes														Yes	gatech.edu/...

Πίνακας 2. Χαρακτηριστικά Open Source εργαλείων (Compare, n.d.).

name	type	platforms						Features								Plugin Compatibility		
		iOS	Android	Windows Mobi	Web	PC/Mac/ Linu	3D Object Track	Natural Feat	GPS	IMU Sens	Marker	VisualSearch	FaceTracking	ContentAPI	Unity (3)	Website		
ARMES	Commercial SDK only					PC		Yes										armes-tech.com
Koozyt	Commercial SDK only	Yes	Yes															
LinceoVR	Commercial SDK only									Yes					Yes			seac02.it
Luxand FaceSDK	Commercial SDK only												Yes Facial recognition					luxand.com
Obvious Engine	Commercial SDK only	Yes	Yes					Yes									Yes	obviousengine.com
omniar.com	Commercial SDK only												Yes					omniar.com
popcode	Commercial SDK only	Yes	Yes					Yes										popcode.info
Viewdle	Commercial SDK only	Yes											Yes					viewdle.com
Xloudia	Commercial SDK only	Yes	Yes	Yes	Yes	PC/Mac/ Linux via Unity3D	Yes	Yes	Yes Optionn ally	Yes Optionn ally	- Markerl ess	Yes	Yes but not for mobile	Yes REST Yes via website or API	Yes		Yes	xloudia.com
xpose visual search	Commercial SDK only	Yes	Yes	Yes									Yes					buzzer.net/...
Zenitum Feature Tracker	Commercial SDK only	Yes	Yes					Yes	Yes				Yes					zenitum.com/...

Πίνακας 3. Χαρακτηριστικά Only Commercial SDK εργαλείων (Compare, n.d.).

name	type	platforms						Features								Plugin Compatibility		
		iOS	Android	Windows Mobi	Web	PC/Mac/ Linu	3D Object Track	Natural Feat	GPS	IMU Sens	Marker	VisualSearch	FaceTracking	ContentAPI	Unity (3)	Website		
AndAR	Free		Yes															google.com/...
Designers ARToolkit (DART)	Free														Yes			gatech.edu/...
HOPPALA	Free															Yes		hoppala-agency.com

Πίνακας 4. Χαρακτηριστικά ελεύθερων AR εργαλείων (Compare, n.d.).

name	type	platforms						Features							Plugin Compatibility	
		iOS	Android	Windows Mobi	Web	PC/Mac/ Linu	3D Object Track	Natural Feat	GPS	IMU Sensc	Marker	VisualSearch	FaceTracking	ContentAPI	Unity (3D)	Website
Cortexia		Yes	Yes	Yes										Yes		cortexica.com
Google Goggles		Yes	Yes											Yes		google.com/...
idee														Yes		ideeinc.com
Kooaba														Yes		kooaba.com
linkme																linkmemobile.com
Microsoft Read/Write World														Yes		cloudapp.net
Morgan																fraunhofer.de/...
PRAugmented Reality		Yes	No	No	No											github.com/...
FTAM	Other					PC										ox.ac.uk/...
Qoncept AR	Other	Yes	Yes					Yes		Yes	Yes					kudan.eu
snaptell		Yes	Yes											Yes		snaptell.com
SSTI	Other	Yes	Yes	Yes				Yes			Yes					technotecture.com/...
Studierstube Tracker		Yes	Yes	Yes				Yes			Yes					tu-graz.ac.at/...
windase	Other							Yes			Yes					google.com/...

Πίνακας 5. Άλλα εργαλεία ανάπτυξης AR εφαρμογών (Compare, n.d.)

10.2 Παράρτημα 2

Διδακτικό σενάριο

Θεματική ενότητα : «Γνωρίζω τον Υπολογιστή»

Στόχοι :

- Κατανόηση βασικών λειτουργιών του υπολογιστή (είσοδος δεδομένων, επεξεργασία, έξοδος αποτελεσμάτων, αποθήκευση)
- Αναφορά παραδειγμάτων βασικών λειτουργιών

Ο Ηλεκτρονικός Υπολογιστής – Το Υλικό του Υπολογιστή

Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής ή αλλιώς ένα υπολογιστικό σύστημα αποτελείται από δύο μέρη. Το Υλικό και το Λογισμικό.

Το **Λογισμικό** είναι όλα τα προγράμματα που δεν μπορώ να δω ή να αγγίξω.

Το **Υλικό** είναι όλα τα εξαρτήματα και οι συσκευές που μπορώ να δω, να αγγίξω, να περιγράψω το σχήμα τους, το χρώμα τους, το βάρος τους.



Οι συσκευές αυτές χωρίζονται σε **Μονάδες Εισόδου**, **Μονάδες Εξόδου**, **Μονάδες Αποθήκευσης** και την **Κεντρική Μονάδα**.

Οι **Μονάδες Εισόδου** βοηθούν στο να βάζουμε δεδομένα στον υπολογιστή μας και είναι :

- Το πληκτρολόγιο,
- Το ποντίκι,
- Ο σαρωτής (scanner),
- Το μικρόφωνο,
- Η κάμερα,
- Το χειριστήριο παιχνιδιών (joystick)

Οι **Μονάδες Εξόδου** μας δίνουν το αποτέλεσμα της επεξεργασίας των δεδομένων που δώσαμε στον υπολογιστή και είναι:

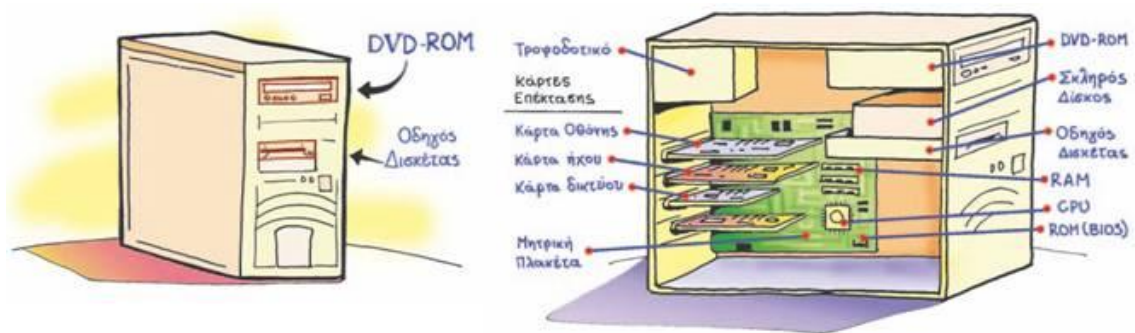
- Η οθόνη,
- Ο εκτυπωτής,
- Τα ηχεία,
- Τα ακουστικά,

Οι **Μονάδες Αποθήκευσης** κρατάνε όλα τα δεδομένα και τις πληροφορίες μας στον υπολογιστή και είναι :

- Ο Σκληρός Δίσκος (Εσωτερικός ή Εξωτερικός),
- Το CD/DVD,
- Το USB stick.
- Δισκέτες

Η **Κεντρική Μονάδα** είναι αυτή που κάνει όλη την επεξεργασία των δεδομένων για να πάρουμε τις πληροφορίες. Τα εξαρτήματα που περιέχει είναι:

- Μητρική κάρτα,
- Επεξεργαστής (Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας ή ΚΜΕ),
- Εσωτερικός Σκληρός Δίσκος (μονάδα αποθήκευσης),
- Κύρια Μνήμη (RAM),
- Κάρτες Επέκτασης (γραφικών, ήχου, δικτύου),
- Τροφοδοτικό



Η **Κεντρική Μονάδα** δέχεται τα δεδομένα από τις Μονάδες Εισόδου ή και από τις Μονάδες Αποθήκευσης, τα **επεξεργάζεται** με τα εξαρτήματα που έχει και **βγάζει** τα αποτελέσματα στις Μονάδες Εξόδου. Όταν χρειάζεται οι πληροφορίες αποθηκεύονται στις Μονάδες Αποθήκευσης. Έτσι λέμε ότι ο Ηλεκτρονικός Υπολογιστής είναι μια **μηχανή επεξεργασίας δεδομένων**.



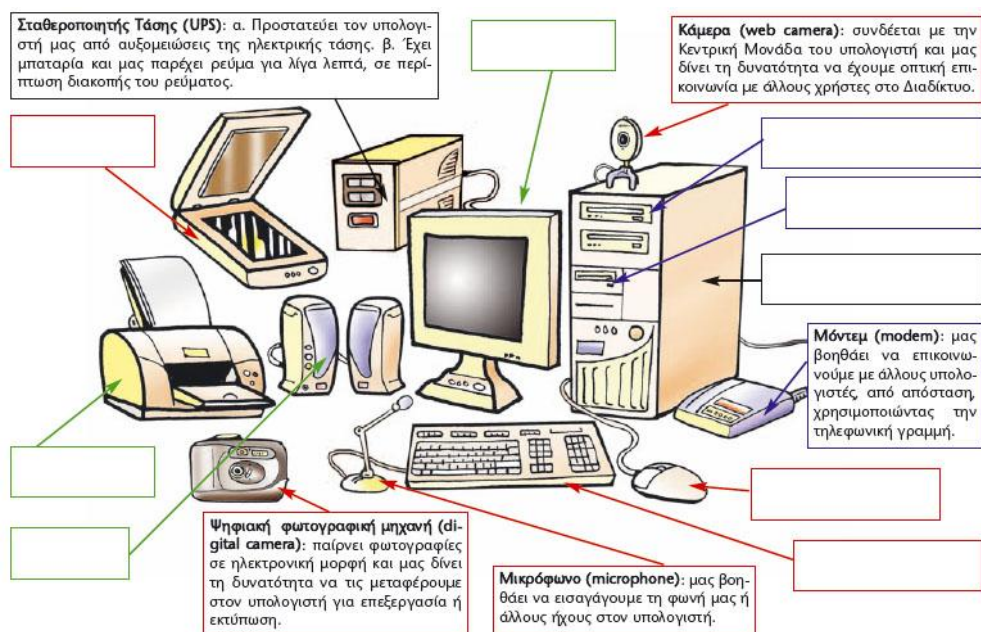
10.3 Παράρτημα 3

Φύλλο Εργασίας

Θεματική ενότητα : «Γνωρίζω τον Υπολογιστή»

Ερωτήσεις ελέγχου/εμπέδωσης γνώσης

1. Ποια πρόταση είναι η σωστή;
α) Το Υλικό του υπολογιστή είναι όλα τα προγράμματα που δεν μπορώ να δω ή να αγγίξω
β) Το Υλικό του υπολογιστή είναι όλα τα εξαρτήματα και οι συσκευές που μπορώ να δω ή να αγγίξω
Γράψτε **α** ή **β** στο κουτάκι
2. Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής αποτελείται από δύο μέρη το _____ και το _____
3. Συμπληρώστε την ονομασία της κάθε συσκευής στο αντίστοιχο κουτάκι.



4. Απαντήστε **Σ** αν η πρόταση είναι **Σωστή** ή **Λ** αν η πρόταση είναι **Λάθος**. Σημειώστε την απάντησή στο κουτάκι μπροστά από κάθε πρόταση:
 α) Οι Μονάδες Εισόδου χρησιμοποιούνται για να δίνουμε δεδομένα στον υπολογιστή
 β) Οι Μονάδες Εξόδου χρησιμοποιούνται για να δίνουμε πληροφορίες στον υπολογιστή
 γ) Οι Μονάδες Αποθήκευσης χρησιμοποιούνται για να κρατάμε τα αρχεία μας στον υπολογιστή για όσο καιρό μας χρειάζονται
 δ) Η Κεντρική Μονάδα είναι αυτή που μας δείχνει όλες τις πληροφορίες που θέλουμε

5. Σημειώστε με ✓ τις συσκευές αν είναι Μονάδες Εισόδου, Εξόδου ή Αποθήκευσης

Όνομασία Συσκευής	Μονάδα Εισόδου	Μονάδα Εξόδου	Μονάδα Αποθήκευσης
Ηχεία			
USB stick.			
Ακουστικά			
Σκληρός Δίσκος			
Σαρωτής			
Ποντίκι			
Κάμερα			
Οθόνη			
CD/DVD			
Εκτυπωτής			
Πληκτρολόγιο			
Μικρόφωνο			

6. Σημειώστε με ✓ τα εξαρτήματα που περιέχει η Κεντρική Μονάδα

Εξάρτημα	Περιέχει;
USB stick	
Επεξεργαστής	
Μητρική Κάρτα	
Κάμερα	
Τροφοδοτικό	
Κύρια Μνήμη	
Κάρτες Επέκτασης	
Εξωτερικός σκληρός δίσκος	
Ακουστικά	
Εσωτερικός σκληρός δίσκος	

7. Διαλέξτε την σωστή απάντηση για να συμπληρώσετε την πρόταση:

Ο Ηλεκτρονικός Υπολογιστής λέμε ότι είναι

α) μια μηχανή επεξεργασίας δεδομένων

β) ένα μηχάνημα για να αποθηκεύουμε τα αρχεία μας

γ) μια παιχνιδομηχανή

δ) ένα μηχάνημα για αναζήτηση πληροφοριών στο internet.

Γράψτε **α**, **β**, **γ** ή **δ** στο κουτάκι.

10.4 Παράρτημα 4

Ερωτηματολόγιο Χρηστικότητας και Αποτελεσματικότητας της εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας.

Μέρος 1ο.

Σημειώστε X στο αντίστοιχο κουτάκι

Είμαι: Αγόρι Κορίτσι

		ΝΑΙ	ΟΧΙ
1	Χρησιμοποιώ tablet για διάφορους λόγους		
2	Χρησιμοποιώ tablet για διάφορους λόγους κάθε μέρα		
3	Χρησιμοποιώ tablet για να μελετάω τα μαθήματά μου		
4	Χρησιμοποιώ ηλεκτρονικό υπολογιστή για διάφορους λόγους		
5	Χρησιμοποιώ ηλεκτρονικό υπολογιστή για διάφορους λόγους κάθε μέρα		
6	Χρησιμοποιώ ηλεκτρονικό υπολογιστή για να μελετάω τα μαθήματά μου		
7	Περισσότερο προτιμώ να χρησιμοποιώ tablet και όχι υπολογιστή για διάφορους λόγους		
8	Περισσότερο προτιμώ να χρησιμοποιώ tablet και όχι υπολογιστή για να μελετάω τα μαθήματά μου		

Μέρος 2ο.

Σημειώστε **X** στο αντίστοιχο κουτάκι

1 = Διαφωνώ απόλυτα, 2 = Διαφωνώ, 3 = Αδιαφορώ, 4 = Συμφωνώ, 5 = Συμφωνώ απόλυτα

		1	2	3	4	5
1	Η εκκίνηση της εφαρμογής ήταν πολύ γρήγορη					
2	Η πλοήγηση στην εφαρμογή ήταν εύκολη					
3	Χρειάστηκε χρόνος για να εξοικειωθώ με την εφαρμογή πριν την χρησιμοποιήσω					
4	Η εφαρμογή ήταν εύκολη στην χρήση					
5	Είχα τον απόλυτο έλεγχο της εφαρμογής					
6	Νιώθω ικανοποιημένος/η με την χρήση της εφαρμογής					
7	Η αναγνώριση εικόνας από την εφαρμογή ήταν εύκολη					
8	Οι πληροφορίες που εμφανιζόταν ήταν σύμφωνα με την επιλογή που έκανα					
9	Μπορούσα εύκολα να καταλάβω τις πληροφορίες που εμφανιζόταν					
10	Οι πληροφορίες που δόθηκαν ήταν πολλές					
11	Η διαδικασία μάθησης ήταν ευχάριστη					
12	Η διαδικασία μάθησης ήταν πιο ενδιαφέρουσα από τον συνηθισμένο τρόπο μάθησης					
13	Ο τρόπος μάθησης με την χρήση της εφαρμογής με βοήθησε να καταλάβω καλύτερα το θέμα					
14	Πιστεύω πως αυτός ο τρόπος ήταν κατάλληλος για να μάθω το θέμα που διδάχτηκα					
15	Νιώθω ικανοποιημένος/η με την γνώση που πήρα με την χρήση της εφαρμογής					
16	Θα ήθελα να χρησιμοποιηθεί αυτός ο τρόπος μάθησης και σε άλλα θέματα ή μαθήματα					