



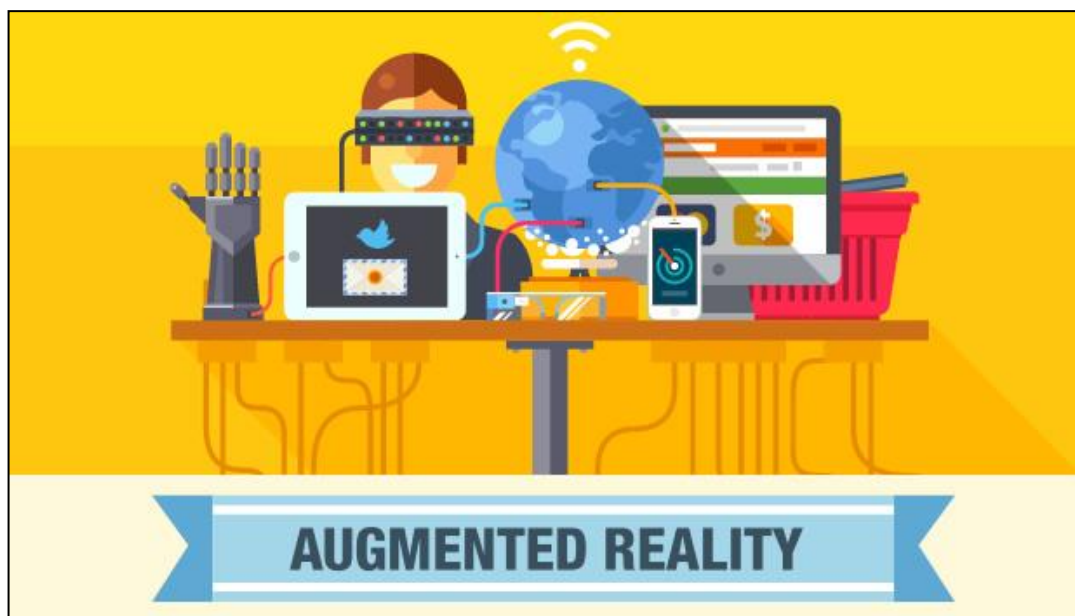
ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ Τ.Ε.Ι. ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ Τ.Ε.



Τμήμα Μηχανικών
Πληροφορικής ΑΤΕΙΘ

Πτυχιακή Εργασία

**«Επαυξημένη Πραγματικότητα και οι Εφαρμογές της στα Σύγχρονα
Τεχνολογικά Πεδία - Δημιουργία Πλατφόρμας Εκπαιδευτικού Υλικού»**



Του φοιτητή: Λαμπρόπουλου Γεώργιου
Αρ. Μητρώου: 134118

Επιβλέπων καθηγητής:
Κεραμόπουλος Ευκλείδης

Θεσσαλονίκη 2017

Ευχαριστίες

Στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής μου εργασίας, αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω θερμά όλους τους ιδιαιτέρως σημαντικούς ανθρώπους που στήριξαν την προσπάθειά μου και συνέβαλαν τα μέγιστα στην ολοκλήρωσή της.

Τις θερμότερες ευχαριστίες μου οφείλω, πρωτίστως, στον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Ευκλείδη Κεραμόπουλο, για την προθυμία με την οποία ανέλαβε την επίβλεψη και καθοδήγηση της εκπόνησης της εργασίας μου, για την ευκαιρία που μου έδωσε και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντάς μου το συγκεκριμένο θέμα, για την καθοριστική βοήθεια και τον πολύτιμο χρόνο που διέθεσε παρέχοντάς τις πολύτιμες συμβουλές του και τις εύστοχες παρατηρήσεις του σε κάθε στάδιο του προγραμματισμού και της υλοποίησής της, αλλά, κυρίως, για το άριστο κλίμα επικοινωνίας που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια της συνεργασίας μας.

Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω τα μέλη της οικογένειάς μου για τη συνεχή στήριξη και ενθάρρυνσή τους σε κάθε στάδιο των σπουδών μου, αλλά και την αμέριστη συμπαράστασή τους κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας μου, η οποία συνέβαλε σε μεγάλο βαθμό στην επιτυχή διεκπεραίωσή της.

Περίληψη

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality), αποτελεί μία σύγχρονη και ιδιαίτερα καινοτόμο τεχνολογία που τα τελευταία χρόνια αναπτύσσεται με ραγδαίους ρυθμούς και διευρύνει συνεχώς το πεδίο των πρακτικών εφαρμογών της. Εισχωρώντας σε όλο και πιο πολλούς και διαφορετικούς τομείς της καθημερινής ζωής και προσφέροντας ταυτόχρονα στους χρήστες πολλές νέες δυνατότητες και μοναδικές διαδραστικές εμπειρίες χρήσης, προσελκύει όλο και πιο έντονα το ενδιαφέρον πολλών ερευνητών, επιστημόνων, αλλά και μεγάλων εταιριών.

Στα πλαίσια της μελέτης του γρήγορα αναπτυσσόμενου ερευνητικού και γνωστικού πεδίου της τεχνολογίας Ε.Π., η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως σκοπό της να διερευνήσει και να παρουσιάσει την τεχνολογία αυτή και τα σύγχρονα πεδία εφαρμογών της, να αναλύσει την αρχιτεκτονική δομή των συστημάτων της και το λογισμικό εφαρμογών της, να μελετήσει και να συγκρίνει ορισμένες από τις διαθέσιμες πλατφόρμες ανάπτυξης λογισμικού Ε.Π. και να περιγράψει την τρέχουσα κατάσταση, τους περιορισμούς και τις μελλοντικές τάσεις της.

Επιπλέον, περιλαμβάνει την ανάπτυξη μίας διαδραστικής android εφαρμογής Ε.Π. εκπαιδευτικού υλικού χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα Vuforia σε συνδυασμό με το Unity Editor, καθώς και την ανάπτυξη πλατφόρμας εκπαιδευτικού υλικού με την χρήση του Virtualbox, όπου και θα περιλαμβάνονται: η υλοποίηση της εφαρμογής στο Unity Editor, η περιγραφή των παραδειγμάτων της και οδηγίες για την εκτέλεσή της, καθώς και οδηγίες για την ανάπτυξη εφαρμογών Ε.Π. βασισμένων στην χρήση δεικτών (marker based).

Abstract

Augmented Reality (A.R.) is a contemporary and especially innovative technology which, during the recent years, has been developing rapidly and expanding the field of its practical applications continuously. Having applications in many and various fields of everyday life and simultaneously offering a lot of new potentials and unique interactive experiences to the users, it attracts the interest of many researchers, scientists and important companies more and more intensely.

Within the study of the swiftly developing researching and cognitive field of A.R. technology, the purpose of the current thesis is to scrutinize and to present this technology and the contemporary fields of its applications, to analyze the architectural structure of its systems and the software of its applications, to study and compare some of the available Software Development Kits (SDKs) and to describe the current situation, the restrictions and the future trends of this specific technology.

Moreover, it includes the development of an interactive, educational android A.R. application using the platform Vuforia in combination with Unity Editor, as well as the development of an educational platform with the use of Virtualbox, which will involve the materialization of the application in Unity Editor, the description of its examples and instructions for its application and also instructions for the development of an marker based A.R. application.

Ευρετήριο Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1: Επαυξημένη Πραγματικότητα11

1.1 Εισαγωγή - Ορισμός της Επαυξημένης Πραγματικότητας	11
1.2 Ιστορική αναδρομή	14
1.3 Μεικτή πραγματικότητα	15

Κεφάλαιο 2: Αρχιτεκτονική δομή συστημάτων - Βασικές στρατηγικές και βήματα εφαρμογής Επαυξημένης Πραγματικότητας18

2.1 Βασικές στρατηγικές εφαρμογής	18
2.2 Βασικά βήματα εφαρμογής	19
2.3 Αρχιτεκτονική συστημάτων Επαυξημένης Πραγματικότητας	20
2.4 Δομικά Στοιχεία	22
2.4.1 Αισθητήρες	23
2.4.2 Επεξεργαστής	26
2.4.3 Προβολικές συσκευές	28
2.4.4 Σύγκριση των οπτικών συσκευών και των βιντεοσυσκευών απεικόνισης	32

Κεφάλαιο 3: Λογισμικό εφαρμογών Επαυξημένης Πραγματικότητας37

3.1 Στοιχεία λογισμικού ενός συστήματος Επαυξημένης Πραγματικότητας	37
3.2 Διεπαφές Επαυξημένης Πραγματικότητας	38
3.2.1 Χειρισμός	39
3.2.2 Πλοήγηση	40
3.2.3 Επικοινωνία	41
3.3 Συστατικά μιας εφαρμογής Επαυξημένης Πραγματικότητας	42
3.4 Αξιολόγηση εφαρμογών Επαυξημένης Πραγματικότητας	44
3.4.1 Ερωτήσεις αξιολόγησης	45

Κεφάλαιο 4: Πλατφόρμες ανάπτυξης λογισμικού – Σύγκριση47

4.1 Πλατφόρμες ανάπτυξης λογισμικού - Software Development Kit (SDK)	47
4.2 Κριτήρια επιλογής κατάλληλης πλατφόρμας ανάπτυξης λογισμικού	47
4.3 Ανάλυση πλατφόρμων ανάπτυξης λογισμικού	50
4.3.1 Vuforia	50
4.3.2 Apple ARKit	51
4.3.3 EasyAR	52
4.3.4 Wikitude	53
4.3.5 ARToolKit	54
4.3.6 NyARToolkit	55
4.3.7 Kudan	56
4.3.8 Maxst	57
4.3.9 Xzimg	58
4.3.10 ARmedia	58
4.3.11 Catchoom	59
4.3.12 Robocortex - Rox AR SDK	60
4.4 Σύγκριση πλατφόρμων ανάπτυξης λογισμικού	61

Κεφάλαιο 5: Κινητή Επαυξημένη Πραγματικότητα και εφαρμογές της62

5.1 Κινητή Επαυξημένη Πραγματικότητα	62
5.2 Εφαρμογές Επαυξημένης Πραγματικότητας σε κινητές συσκευές	62
5.3 Πλεονεκτήματα, μειονεκτήματα και περιορισμοί της Κινητής Επαυξημένης Πραγματικότητας	63
5.4 Αρχιτεκτονικές συστημάτων Κινητής Επαυξημένης Πραγματικότητας	65
5.5 Περιπτώσεις χρήσης εφαρμογών Κινητής Επαυξημένης Πραγματικότητας	66
5.6 Συμπεράσματα και μελλοντικές δυνατότητες της Κινητής Επαυξημένης Πραγματικότητας	68

Κεφάλαιο 6: Πεδία εφαρμογών Επαυξημένης Πραγματικότητας70

6.1 Εκπαίδευση	70
6.2 Ιατρική	73
6.3 Ψυχαγωγία – Παιχνίδια - Ταξίδια – Τουρισμός	74
6.4 Διαφήμιση – Μάρκετινγκ	76
6.5 Ηλεκτρονικό Εμπόριο	78
6.6 Αρχιτεκτονική - Βιομηχανικός σχεδιασμός - Διακόσμηση - Επισκευές – Κατασκευές	80
6.7 Ενημέρωση – Αθλητισμός	81
6.8 Επισήμανση – Οπτικοποίηση	82
6.9 Πλοήγηση	83
6.10 Δημόσια ασφάλεια - Άμυνα – Στρατός	84

**Κεφάλαιο 7: Ανάπτυξη πλατφόρμας Επαυξημένης Πραγματικότητας
εκπαιδευτικού υλικού86**

7.1 Οδηγός δημιουργίας εφαρμογών Επαυξημένης Πραγματικότητας	86
7.2 Περιγραφή εφαρμογής android Επαυξημένης Πραγματικότητας εκπαιδευτικού υλικού	102
7.3 Πλατφόρμα Επαυξημένης Πραγματικότητας εκπαιδευτικού υλικού	110

**Κεφάλαιο 8: Η τρέχουσα κατάσταση, οι περιορισμοί και οι μελλοντικές τάσεις
της Επαυξημένης Πραγματικότητας112**

8.1 Τρέχουσα κατάσταση	112
8.2 Περιορισμοί	114
8.3 Μελλοντικές τάσεις	117

Κεφάλαιο 9: Συμπεράσματα122

Αναφορές – Βιβλιογραφία	124
--------------------------------------	-----

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1.1: Παραδείγματα πιθανών τύπων επαύξησης για κάθε μία από τις πέντε (5) βασικές ανθρώπινες αισθήσεις	13
Πίνακας 1.2: Σχέση μεταξύ Ε.Π. και άλλων μέσων, τεχνολογιών και ιδεών	17
Πίνακας 1.3: Παραδείγματα εφαρμογής των βασικών στρατηγικών της Επαυξημένης Πραγματικότητας με τις σχετικές τεχνολογίες και προσεγγίσεις	19
Πίνακας 1.4: Διαθέσιμες δυνατότητες των διάφορων αρχιτεκτονικών συστημάτων επεξεργαστών Ε.Π.	28
Πίνακας 1.5: Σύγκριση χαρακτηριστικών των πλατφόρμων ανάπτυξης λογισμικού Ε.Π.	61

Ευρετήριο Εικόνων – Σχημάτων

Εικόνα 1.1: Ιστορική αναδρομή της εξέλιξης της Επαυξημένης Πραγματικότητας ..	15
Εικόνα 1.2: Συνεχές πραγματικότητας – εικονικότητας (reality - virtuality continuum)	16
Εικόνα 1.3: Σχηματική απεικόνιση της χωρικής τοποθέτησης και παρακολούθησης	22
Εικόνα 1.4: Εννοιολογική σχηματική παράσταση οπτικών συσκευών απεικόνισης ..	32
Εικόνα 1.5: Εννοιολογική σχηματική παράσταση βιντεοσυσκευών απεικόνισης ...	32
Εικόνα 1.6: Αρχιτεκτονική δομή υψηλού επιπέδου Μηχανής Εφαρμογών Ε.Π.	37
Εικόνα 1.7: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στην εκπαίδευση (α)	72
Εικόνα 1.8: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στην εκπαίδευση (β)	72
Εικόνα 1.9: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στην ιατρική (α)	74
Εικόνα 1.10: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στην ιατρική (β)	74
Εικόνα 1.11: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στην ψυχαγωγία	76
Εικόνα 1.12: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στον τουρισμό (α)	76

Εικόνα 1.13: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στον τουρισμό (β)	76
Εικόνα 1.14: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στην διαφήμιση (α)	78
Εικόνα 1.15: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στην διαφήμιση (β)	78
Εικόνα 1.16: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στο ηλεκτρονικό εμπόριο (α)	79
Εικόνα 1.17: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στο ηλεκτρονικό εμπόριο (β)	79
Εικόνα 1.18: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στην αρχιτεκτονική (α)	81
Εικόνα 1.19: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στην αρχιτεκτονική (β)	81
Εικόνα 1.20: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στον αθλητισμό (α)	82
Εικόνα 1.21: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στον αθλητισμό (β)	82
Εικόνα 1.22: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στην οπτικοποίηση (α)	83
Εικόνα 1.23: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στην οπτικοποίηση (β)	83
Εικόνα 1.24: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στην πλοήγηση (α)	84
Εικόνα 1.25: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στην πλοήγηση (β)	84
Εικόνα 1.26: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στον στρατό (α)	85
Εικόνα 1.27: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στον στρατό (β)	85

Εικόνες Υποκεφαλαίου 7.1: Οδηγός δημιουργίας εφαρμογών Επαυξημένης Πραγματικότητας

Εικόνα 2.1: Βήμα 2	87
Εικόνα 2.2: Βήμα 3(α)	88
Εικόνα 2.3: Βήμα 3(β)	88
Εικόνα 2.4: Βήμα 3(γ)	89
Εικόνα 2.5: Βήμα 4	89
Εικόνα 2.6: Βήμα 5	90
Εικόνα 2.7: Βήμα 6(α)	91
Εικόνα 2.8: Βήμα 6(β)	91
Εικόνα 2.9: Βήμα 7(α)	92
Εικόνα 2.10: Βήμα 7(β)	93
Εικόνα 2.11: Βήμα 7(γ)	93
Εικόνα 2.12: Βήμα 8	94

Εικόνα 2.13: Βήμα 9	95
Εικόνα 2.14: Βήμα 11	95
Εικόνα 2.15: Βήμα 12(α)	96
Εικόνα 2.16: Βήμα 12(β)	97
Εικόνα 2.17: Βήμα 12(γ)	97
Εικόνα 2.18: Βήμα 13	98
Εικόνα 2.19: Βήμα 14	98
Εικόνα 2.20: Βήμα 15	99
Εικόνα 2.21: Βήμα 16	100
Εικόνα 2.22: Βήμα 18	102

Εικόνες Υποκεφαλαίου 7.2: Περιγραφή εφαρμογής android Επαυξημένης Πραγματικότητας εκπαιδευτικού υλικού

Εικόνα 3.1: Κεντρικό μενού εφαρμογής Ε.Π.	103
Εικόνα 3.2: Διαπιστευτήρια εφαρμογής Ε.Π.	103
Εικόνα 3.3: Πρώτο παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π.	104
Εικόνα 3.4: Δεύτερο παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π.	105
Εικόνα 3.5: Τρίτο παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. (α)	106
Εικόνα 3.6: Τρίτο παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. (β)	106
Εικόνα 3.7: Τέταρτο παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π.	107
Εικόνα 3.8: Πέμπτο παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. (α)	108
Εικόνα 3.9: Πέμπτο παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. (β)	108
Εικόνα 3.10: Έκτο παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π.	109
Εικόνα 3.11: Έβδομο παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π.	110

Εικόνες Υποκεφαλαίου 7.3: Πλατφόρμα Επαυξημένης Πραγματικότητας εκπαιδευτικού υλικού

Εικόνα 4.1: Πλατφόρμα Ε.Π. εκπαιδευτικού υλικού (α)	111
Εικόνα 4.2: Πλατφόρμα Ε.Π. εκπαιδευτικού υλικού (β)	111

Κεφάλαιο 1: Επαυξημένη Πραγματικότητα

1.1 Εισαγωγή - Ορισμός της Επαυξημένης Πραγματικότητας

Η έλευση της εποχής της πληροφορίας και οι ψηφιακοί υπολογιστές επέτρεψαν την ψηφιακή αναπαράσταση πληροφοριών. Με τα υπολογιστικά συστήματα, μεγάλοι όγκοι δεδομένων μπορούν να αποθηκεύονται, να υπόκεινται σε επεξεργασία και να ανακτώνται με μεγάλη ταχύτητα, απαιτώντας ελάχιστο χώρο αποθήκευσης. Με αυτήν την ικανότητα άμεσης μεταβολής και ανάκτησης της πληροφορίας δημιουργείται παράλληλα και ένας πιο ισχυρός τρόπος τροποποίησης και επαύξησης του περιβάλλοντός μας.

Οι γοργοί ρυθμοί εξέλιξης των σημερινών κοινωνιών και η ραγδαία πρόοδος των τεχνολογιών έχει οδηγήσει στην ανάδειξη της ανάγκης για πρόσβαση στις ταχύτατα ρέουσες πληροφορίες, όχι απλώς γρήγορα, αλλά, κυρίως, κατά το σωστό χρόνο και στον ανάλογο χώρο. Το κενό αυτό έρχεται να καλύψει η τεχνολογία της Επαυξημένης Πραγματικότητας (Ε.Π.), μέσω της οποίας οι πληροφορίες “ζωντανεύουν” και νοηματοδοτούνται ενταγμένες ανάλογα στο κατάλληλο χωρικό και χρονικό πλαίσιο (Lee, 2012).

Η Ε.Π. έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον των ερευνητών και οι ορισμοί που έχουν δοθεί κατά καιρούς ποικίλουν (Wu et al., 2013). Ορισμένοι ερευνητές επικεντρώνονται στα τεχνολογικά μέσα και εργαλεία που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία περιβαλλόντων Ε.Π. (Dunleavy, 2014; Enyedy et al., 2015), ενώ άλλοι στα χαρακτηριστικά των περιβαλλόντων αυτών (Wasko, 2013; Chen et al., 2017; Lee, 2012; Di Serio et al., 2013). Ο Η. Wu και οι συνεργάτες του (2013) τονίζουν ότι, δεδομένης της ταχύτατης εξέλιξης των τεχνολογιών γενικά, αλλά και των τεχνολογικών συστημάτων που εκμεταλλεύονται οι εφαρμογές Ε.Π., θα ήταν άτοπο να περιοριστεί ο ορισμός σε συγκεκριμένες τεχνολογίες.

Ο όρος Επαυξημένη Πραγματικότητα (Ε.Π.) (Augmented Reality - AR) επινοήθηκε αρχικά από τον T. Caudell (1990) και αναφέρεται σε τεχνολογικές εφαρμογές

υπολογιστικών μονάδων, οι οποίες εμπλουτίζουν – επαυξάνουν το υλικό περιβάλλον του χρήστη με επιπλέον εικονικά στοιχεία, ενσωματώνοντας στον πραγματικό κόσμο, όπως αυτός εκλαμβάνεται από το χρήστη μέσω των αισθήσεών του, ψηφιακά εικονικά υλικά και δεδομένα, όπως πληροφορίες, εικόνες, ήχους, βίντεο, αλληλεπιδραστικά αντικείμενα κ.ά. (Johnson et al., 2010), οδηγώντας στη δημιουργία μιας μεικτής πραγματικότητας στην οποία συνυπάρχουν φυσικά και εικονικά στοιχεία (Chen et al., 2017; Lee, 2012; Wasko, 2013).

Ο R. Azuma (1997) παρέχει έναν κοινά αποδεκτό ορισμό, σύμφωνα με τον οποίο η Ε.Π. περιγράφεται ως μία τεχνολογία, η οποία είναι διαδραστική σε πραγματικό χρόνο, συνδυάζει πραγματικά και εικονικά αντικείμενα και καταγράφει τα εικονικά αντικείμενα στον πραγματικό κόσμο, χωροθετώντας τα στις τρεις διαστάσεις (Azuma, 1997). Ένας άλλος ορισμός, ο οποίος δίνει έμφαση στα τεχνολογικά μέσα, ορίζει την Ε.Π. ως την τεχνολογία η οποία εκμεταλλεύομενη τις δυνατότητες, σταθερών και κινητών, υπολογιστικών συστημάτων, επιτρέπει στο χρήστη να δει και να αλληλεπιδράσει με ψηφιακά δημιουργημένα στοιχεία, τα οποία προβάλλονται μέσα στο υλικό περιβάλλον (Dunleavy, 2014). Σε κάθε περίπτωση τα βασικά χαρακτηριστικά της επαυξημένης πραγματικότητας, σύμφωνα με τον Azuma και τους συνεργάτες του (2001), είναι ο συνδυασμός εικονικών και υλικών στοιχείων μέσα στο υλικό περιβάλλον, η δυνατότητα αλληλεπίδρασης μεταξύ των εικονικών και των υλικών στοιχείων, αλλά και του χρήστη με αυτά και τέλος η εναρμόνιση των εικονικών και των υλικών στοιχείων, επιτρέποντας τη χωρική και χρονική συσχέτιση της πληροφορίας που παράγει ο υπολογιστής και εμφανίζοντάς την σε τρισδιάστατη υπέρθεση με το φυσικό κόσμο, σε πραγματικό χρόνο (Azuma et al., 2001).

Πρόκειται, λοιπόν, για μία σύγχρονη τεχνολογία που επιτρέπει τους χρήστες να αλληλεπιδρούν διαδραστικά με εικονικά αντικείμενα, τα οποία, όμως, συνυπάρχουν σε πραγματικό χρόνο με αντικείμενα του πραγματικού κόσμου (Zhou, et al., 2008). Στοχεύει στην ενίσχυση της αντίληψης και της αλληλεπίδρασης του χρήστη με τον πραγματικό κόσμο και στην διευκόλυνση και απλοποίηση των δραστηριοτήτων της καθημερινής του ζωής, παρέχοντας σε αυτόν εικονικές πληροφορίες για το άμεσο ή

έμμεσο περιβάλλον, τις οποίες δεν μπορεί ο ίδιος να ανιχνεύσει άμεσα με τις αισθήσεις του (Furht and Carmigniani, 2001).

Ο R. Azuma και οι συνεργάτες του (2001), θεωρούν ότι η Ε.Π. δεν περιορίζεται σε ένα συγκεκριμένο τύπο τεχνολογιών προβολής, όπως είναι η προβολική συσκευή κεφαλής (HMD), ούτε και στην αίσθηση της όρασης, αλλά αντιθέτως μπορεί δυνητικά να εφαρμοστεί με διάφορες τεχνολογίες προβολής και για όλες τις αισθήσεις, ενισχύοντας τη μυρωδιά, την αφή και την ακοή (Πίνακας 1.1). Επισημαίνουν, επίσης, ότι οι εφαρμογές της Ε.Π. πρέπει, εκτός από την προσθήκη εικονικών αντικειμένων, να έχουν την επιπρόσθετη δυνατότητα να αφαιρούν πραγματικά αντικείμενα από το περιβάλλον, που συνήθως ονομάζονται μεσολαβητικής (mediated) ή μειωμένης (diminished) πραγματικότητας (Azuma et al., 2001).

Πίνακας 1.1: Παραδείγματα πιθανών τύπων επαύξησης για κάθε μία από τις πέντε (5) βασικές ανθρώπινες αισθήσεις, Πηγή: (McGee, 1999)

Αίσθηση	Τύπος Επαύξησης	Παραδείγματα
Όραση	κείμενα, σχήματα, απλά και περίπλοκα γραφικά, εικόνες, βίντεο κ.ά.	Είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος επαύξησης και χρησιμοποιεί κείμενα, σχόλια, διαγράμματα και βέλη πλοήγησης.
Ακοή	σήματα, απλά ηχητικά μηνύματα, μουσική, λέξεις, διαλόγους κ.ά.	Η εκπαίδευση και καθοδήγηση ενός εργάτη σε έναν απομονωμένο χώρο εργασίας μέσω ηχητικών μηνυμάτων.
Αφή	απλά και σύνθετα αντικείμενα, εργαλεία κ.ά.	Ρύθμιση των θερμοκρασιών για την επίτευξη πραγματικών περιβαλλοντολογικών συνθηκών.
Όσφρηση	απλή, πολύπλοκη	Μία μυρωδιά-δείγμα μπορεί να βοηθήσει στην αναγνώριση συγκεκριμένων ουσιών-αντικειμένων.
Γεύση	γλυκιά, ξινή, πικρή	Παροχή τεχνητών γεύσεων σε αρχάριους μάγειρες για την δοκιμή φαγητών.

1.2 Ιστορική αναδρομή

Η πρώτη εμφάνιση της Ε.Π. χρονολογείται το 1962, όταν ο κινηματογραφιστής M. Heiling βασισμένος στο όραμά του, το οποίο περιέγραψε, το 1955, ως το Σινεμά του Μέλλοντος (The Cinema of the Future), δημιούργησε έναν πρότυπο προσομοιωτή ονόματι Sensorama, που περιείχε γραφικά, ήχο, δόνηση και οσμές (Carmigniani et al., 2011). Το 1966, ο I. Sutherland επινόησε τη προβολική συσκευή κεφαλής (head-mounted display) προτείνοντάς την ως παράθυρο σε έναν εικονικό κόσμο και ο ίδιος, το 1968, ανέπτυξε ένα λειτουργικό πρωτότυπο του πρώτου συστήματος Ε.Π. με τη χρήση της συγκεκριμένης προβολικής συσκευής (Carmigniani et al., 2011; Yuen et al., 2011). Αργότερα, το 1975, ο M. Krueger ίδρυσε ένα εργαστήριο τεχνητής πραγματικότητας (artificial reality), ονόματι Videoplase, το οποίο επέτρεπε, για πρώτη φορά, στους χρήστες να αλληλεπιδρούν με εικονικά αντικείμενα (Furht and Carmigniani, 2001; Carmigniani et al., 2011).

Στις αρχές της δεκαετίας του 1990, η τεχνολογική εξέλιξη ανέδειξε την Ε.Π. ως ένα αυτόνομο ερευνητικό πεδίο, ενώ, καθ' όλη τη διάρκεια του 1992, ο T. Caudell, προσδιόρισε για πρώτη φορά τον ορισμό της, οι S. Feiner, B. MacIntyre και D. Seligmann παρουσίασαν το πρωτότυπο σύστημα ονόματι K.A.R.M.A (Knowledge-based Augmented Reality for Maintenance Assistance) (Feiner et al., 1993a) και ο L. Rosenberg ανέπτυξε ένα από τα πρώτα λειτουργικά συστήματα Ε.Π., το οποίο ονόμασε Virtual Fixtures και παρουσίασε τα οφέλη του στην ανθρώπινη απόδοση (Furht and Carmigniani, 2001; Alkhamisi and Monowar, 2013).

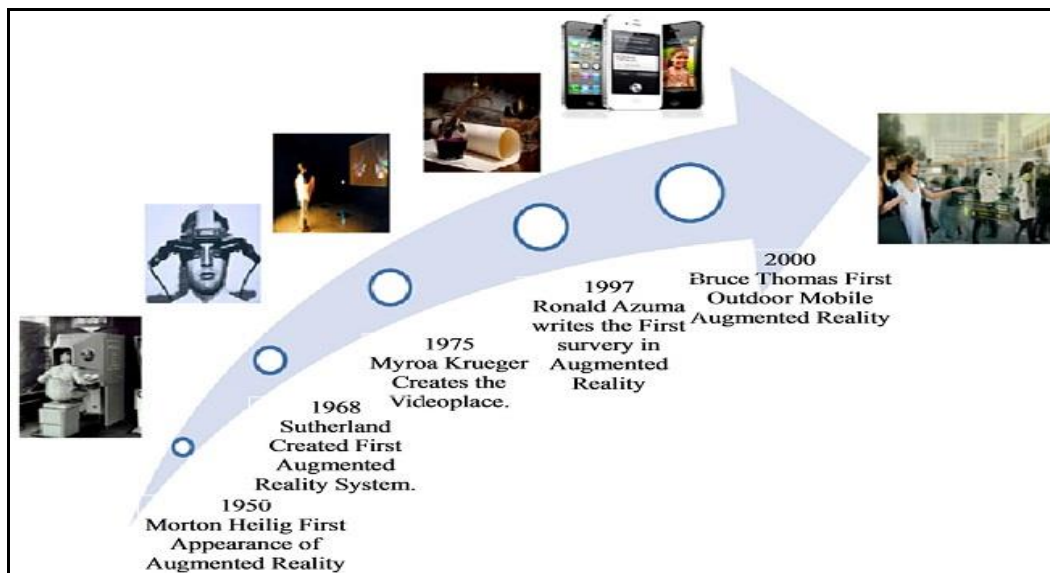
Το 1997, ο R. Azuma δημοσίευσε ένα άρθρο με τίτλο “A Survey of Augmented Reality” και εισήγαγε έναν ευρέως αποδεκτό ορισμό της Ε.Π. (Furht and Carmigniani, 2001). Ο B. Thomas, το 2000, ανέπτυξε το παιχνίδι ARQuake, το οποίο ήταν και η πρώτη εφαρμογή Ε.Π. εξωτερικού χώρου και παρουσιάστηκε για πρώτη φορά στο Διεθνές Συμπόσιο με θέμα “Wearable Computers” (Carmigniani et al., 2011).

Το 2005, η NMC Horizon Report, προέβλεψε ότι οι τεχνολογίες Ε.Π. θα αναπτυχθούν ραγδαία μέσα στα επόμενα 4-5 χρόνια. Το ίδιο έτος, επιβεβαιώνοντας την πρόβλεψη

αυτή, αναπτύχθηκαν συστήματα κάμερας που μπορούσαν να αναλύσουν το φυσικό περιβάλλον σε πραγματικό χρόνο και να συσχετίσουν την θέση των αντικειμένων με αυτό, τα οποία και αποτέλεσαν τη βάση για την ενσωμάτωση εικονικών αντικειμένων στον πραγματικό κόσμο μέσω των συστημάτων Ε.Π. (Johnson and Smith, 2005).

Με επίκεντρο τις νέες ιατρικές (2007), αλλά και κινητές εφαρμογές, όπως το Wikitude AR Travel Guide (2008), όλο και περισσότερα συστήματα Ε.Π. αναπτύχθηκαν τα επόμενα χρόνια (Alkhamisi and Monowar, 2013).

Σήμερα με τις νέες τεχνολογικές εξελίξεις, παράγονται όλο και περισσότερα συστήματα και εφαρμογές Ε.Π., κυρίως με το πρωτότυπο έκτης αίσθησης του MIT (2009), το οποίο υπόσχεται να επιφέρει επανάσταση στις κινητές εφαρμογές Ε.Π. (Furht and Carmigniani, 2001) (Εικόνα 1.1).



Εικόνα 1.1: Ιστορική αναδρομή της εξέλιξης της Επαυξημένης Πραγματικότητας, Πηγή: (Alkhamisi and Monowar, 2013)

1.3 Μεικτή πραγματικότητα

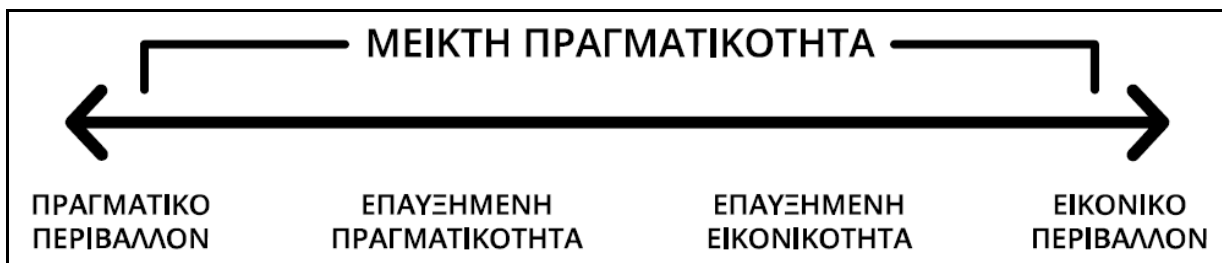
Το 1994, οι P. Milgram και F. Kishino παρουσίασαν την έννοια της “συνεχούς πραγματικότητας - εικονικότητας” (reality - virtuality continuum), όπου στο ένα άκρο βρίσκεται το πραγματικό περιβάλλον και στο άλλο ένα πλήρως εικονικό περιβάλλον. Σύμφωνα με τον P. Milgram, ανάμεσα στα δύο αυτά άκρα υπάρχει η Μεικτή Πραγματικότητα (Mixed Reality), η οποία αποτελείται από την Επαυξημένη

Πραγματικότητα (Augmented Reality) και την Επαυξημένη Εικονικότητα (Augmented Virtuality) (Milgram and Kishino, 1994).

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα βρίσκεται κοντά στο άκρο του πραγματικού περιβάλλοντος, καθώς η κυρίαρχη αντίληψη που μεταφέρεται προς τον χρήστη είναι αυτή του πραγματικού κόσμου επαυξημένου με εικονικά αντικείμενα (συνήθως με τη μορφή ήχου, εικόνας ή γραφικών υπολογιστή).

Η Επαυξημένη Εικονικότητα βρίσκεται πλησιέστερα στο άκρο του εικονικού περιβάλλοντος και αναφέρεται στην επαύξηση του εικονικού κόσμου με πραγματικά αντικείμενα, για μεγαλύτερη πιστότητα και ρεαλισμό. Η επαυξημένη εικονικότητα δεν έχει ουσιαστικές εφαρμογές και ενδέχεται να εκλείψει ως κατηγορία, όσο η τεχνολογία βελτιώνεται και οι εικονικές σκηνές δεν θα διακρίνονται από τις πραγματικές.

Συνεπώς το περιβάλλον της Μεικτής Πραγματικότητας είναι ένας χώρος, όπου τα αντικείμενα του πραγματικού και εικονικού κόσμου παρουσιάζονται μαζί σε μια ενιαία απεικόνιση, οπουδήποτε ανάμεσα στα δύο άκρα της συνεχούς πραγματικότητας - εικονικότητας (reality - virtuality continuum) και δεν αντιμετωπίζονται ως διακριτά σημεία. Αυτό σημαίνει ότι τα όρια δεν είναι απολύτως σαφή και ότι οι διακρίσεις γίνονται δυσδιάκριτες για το τι ακριβώς αντιλαμβανόμαστε ως πραγματικό και ως εικονικό (Schmalstieg et al., 2002; Lepetit, 2008; Λέπουρας κ.ά., 2015; Μουστάκας κ.ά., 2015) (Εικόνα 1.2).



Εικόνα 1.2: Συνεχές πραγματικότητας – εικονικότητας (reality - virtuality continuum),
Πηγή: (Milgram and Kishino, 1994)

Στον Πίνακα 1.2 συνοψίζονται οι σχέσεις μεταξύ της Ε.Π. και άλλων μέσων, τεχνολογιών και ιδεών.

Πίνακας 1.2: Σχέση μεταξύ Ε.Π. και άλλων μέσων, τεχνολογιών και ιδεών,
Πηγή: (Craig, 2013)

	Ταξινόμηση	Πλήρως συνθετικός εικονικός κόσμος	Πλήρως πραγματικός εικονικός κόσμος	Απόλυτη χωρική καταγραφή	Σχετική χωρική καταγραφή	Διαδραστικό σε πραγματικό χρόνο
Επαυξημένη Πραγματικότητα	Τεχνολογικό μέσο	Όχι	Όχι	Ενδεχομένως	Ναι	Ναι
Εικονική Πραγματικότητα	Τεχνολογικό μέσο	Ναι	Όχι	Όχι	Ναι	Ναι
Τηλεπικοινωνία	Τεχνολογικό μέσο	Όχι	Ναι	Ενδεχομένως	Ναι	Ναι
Global Positioning System (GPS)	Τεχνολογία	Δεν είναι διαθέσιμο	Δεν είναι διαθέσιμο	Ναι	Ναι	Όχι
Geographic Information Systems (GIS)	Τεχνολογία	Δεν είναι διαθέσιμο	Δεν είναι διαθέσιμο	Όχι	Ναι	Όχι
Cyberspace	Περιγραφική ιδέα	Όχι	Ενδεχομένως	Όχι	Όχι	Ενδεχομένως
Μεικτή Πραγματικότητα	Περιγραφική ιδέα	Ενδεχομένως	Ενδεχομένως	Ενδεχομένως	Ενδεχομένως	Ενδεχομένως
Metaverse	Περιγραφική ιδέα	Ενδεχομένως	Ενδεχομένως	Ενδεχομένως	Ενδεχομένως	Ενδεχομένως

Κεφάλαιο 2: Αρχιτεκτονική δομή συστημάτων - Βασικές στρατηγικές και βήματα εφαρμογής Επαυξημένης Πραγματικότητας

2.1 Βασικές στρατηγικές εφαρμογής

Μία από τις πρώτες παρουσιάσεις της Ε.Π. εμφανίζεται, τον Ιούλιο του 1993, στο επιστημονικό περιοδικό “Communications of the ACM”, όπου και παρουσιάζονται οι εξής τρεις (3) βασικές προσεγγίσεις στρατηγικών εφαρμογής της (Mackay, 1998; Wellner et al., 1993) (Πίνακας 1.3):

- Επαύξηση του χρήστη (Augment the user): Ο χρήστης λαμβάνει πληροφορίες σχετικά με τα φυσικά αντικείμενα γύρω του, μέσω συσκευών, τις οποίες είτε κρατάει, είτε φοράει.
- Επαύξηση του φυσικού αντικειμένου (Augment the physical object): Το φυσικό αντικείμενο μεταβάλλεται μέσω της σύνδεσης και της αλληλεπίδρασής του με επιπρόσθετες συσκευές εισόδου και εξόδου, όπως π.χ. αισθητήρες (Sensors), GPS κλπ.
- Επαύξηση του περιβάλλοντος που περικλείει το χρήστη και το αντικείμενο (Augment the environment surrounding the user and the object): Ούτε ο χρήστης, αλλά ούτε και το αντικείμενο επηρεάζονται άμεσα. Αντιθέτως, ανεξάρτητες συσκευές αφενός παρέχουν και συλλέγουν πληροφορίες από το περιβάλλον και τις εμφανίζουν πάνω σε αντικείμενα, αφετέρου καταγράφουν πληροφορίες σχετικά με την αλληλεπίδρασή τους με τον χρήστη.

Πίνακας 1.3: Παραδείγματα εφαρμογής των βασικών στρατηγικών της Επαυξημένης Πραγματικότητας με τις σχετικές τεχνολογίες και προσεγγίσεις, Πηγή: (Mackay, 1998)

Είδος επαύξησης	Προσέγγιση	Τεχνολογία	Εφαρμογές
Χρήστες	Χρήση φορετών συσκευών	Οπτικές προβολικές συσκευές, Smart Glasses, Data gloves κ.ά.	Ιατρική, παρουσιάσεις, εκπαίδευση κ.ά.
Φυσικά αντικείμενα	Ενσωμάτωση συσκευών στα φυσικά αντικείμενα	Αισθητήρες, GPS, επιταχυνσιόμετρα, ηλεκτρονικές πυξίδες κ.ά.	Εκπαίδευση, προσδιορισμός τοποθεσιών, καθορισμός προσανατολισμού κ.ά.
Περιβάλλον γύρω από τους χρήστες και τα φυσικά αντικείμενα	Προβολή εικόνων και εξ' αποστάσεως καταγραφή	Βίντεο κάμερες, προβολικές συσκευές, σαρωτές, tablets, bar code readers κ.ά.	Αρχιτεκτονική, κατασκευές, επισκευές, βιομηχανικός σχεδιασμός κ.ά.

2.2 Βασικά βήματα εφαρμογής

Ο σκοπός της Ε.Π. δεν περιορίζεται μόνο στη προσθήκη αντικειμένων σε ένα πραγματικό χώρο, αλλά μερικές φορές περιλαμβάνει και την απόκρυψη αντικειμένων σε πραγματικό χρόνο δίνοντας στον χρήστη την δυνατότητα να αλληλεπιδρά με το περιβάλλον γύρω του.

Για να επιτευχθεί αυτό, κάθε σύστημα Ε.Π. θα πρέπει να εκτελεί τα ακόλουθα βήματα:

- Να καθορίζει και να παρουσιάζει την τρέχουσα κατάσταση του φυσικού και εικονικού κόσμου.
- Να δημιουργεί τα κατάλληλα εικονικά αντικείμενα και πληροφορίες.
- Να συντονίζει τη θέση των εικονικών αντικειμένων με το πραγματικό περιβάλλον.
- Να απεικονίζει την εικονική πληροφορία πάνω στην πραγματική.

- Να ανιχνεύει τις κινήσεις, τη θέση και τις επιλογές του χρήστη και ανάλογα να προσαρμόζει την απεικόνιση.
- Να εμφανίζει την εικονική πληροφορία με χωρική και χρονική συσχέτιση με τον πραγματικό κόσμο κατά τέτοιο τρόπο που θα επιτρέπει στο χρήστη να αντιληφθεί τα εικονικά στοιχεία ως μέρος του φυσικού κόσμου.

2.3 Αρχιτεκτονική συστημάτων Επαυξημένης Πραγματικότητας

Τα συστήματα Ε.Π. επιτελούν πολλές διεργασίες, οι βασικότερες των οποίων είναι οι εξής (López et al., 2010; Cai et al., 2012):

Λήψη σκηνών (Scene capture)

Γενικά, υπάρχουν δύο τύποι συσκευών, οι οποίες χρησιμοποιούνται για τη λήψη σκηνών και της αναγνώρισης της πραγματικότητας που πρέπει να ενισχυθεί:

Οπτικές συσκευές απεικόνισης (optical see-through displays), που έχουν διάφανη οθόνη και επιτρέπουν στον χρήστη να δει το πραγματικό περιβάλλον, καθώς και τα εικονικά αντικείμενα που προβάλλονται πάνω σε αυτό.

Βίντεοσυσκευές απεικόνισης (video see-through displays), που αποκόπτουν τελείως τον χρήστη από το περιβάλλον. Το πραγματικό περιβάλλον καταγράφεται από την κάμερα, που φοράει ο χρήστης, ψηφιοποιείται και υφίσταται επεξεργασία από την υπολογιστική μονάδα, με την προσθήκη και απόκρυψη αντικειμένων και παράγεται τελικά μια επαυξημένη εικόνα του περιβάλλοντος.

Τεχνικές ταυτοποίησης σκηνών (Scene identification techniques)

Η ταυτοποίηση της σκηνής θεωρείται μία από τις κυριότερες διεργασίες των συστημάτων Ε.Π. Υπάρχουν δύο (2) βασικοί τύποι τέτοιων τεχνικών, που χρησιμοποιούνται για διαφορετικούς σκοπούς και από διαφορετικά μέσα το καθένα.

Εφαρμογή βασιζόμενη στη χρήση ενός φυσικού δείκτη (Marker-based): η τεχνολογική αυτή μέθοδος αναγνώρισης σκηνών είναι η πιο συχνή και διαδομένη, καθώς είναι

πιο απλή και εύκολη στο να εφαρμοστεί. Χρησιμοποιεί, ως σημεία αναφοράς, φυσικά ή ειδικά τεχνητά ορόσημα, που ονομάζονται καθοδηγητικοί δείκτες (fiducial markers), στα οποία “επάνω” η εφαρμογή, αφού πρώτα τα ανιχνεύσει, εμφανίζει στη συνέχεια τα εικονικά αντικείμενα.

Εφαρμογή χωρίς την χρήση φυσικού δείκτη (markerless-based): όπως υποδηλώνει και το όνομά της, η τεχνολογική αυτή μέθοδος αναγνώρισης σκηνών χρησιμοποιεί ένα αντικείμενο του φυσικού περιβάλλοντος αντί ενός συγκεκριμένου σημείου αναφοράς. Η μέθοδος συνδυάζει το επιταχυνσιόμετρο (accelerometer), την πυξίδα και τα δεδομένα θέσης - τοποθεσίας των ηλεκτρονικών συσκευών (όπως π.χ. το Global Positioning System - GPS), για να προσδιορίσει την θέση του δέκτη στον φυσικό κόσμο και να συγκρίνει τα δεδομένα μίας βάσης δεδομένων σε σχέση με αυτά, προκειμένου να διευκρινίσει το τι “βλέπει” η μηχανή και με τον τρόπο αυτό, τελικά να καθορίσει σε ποιά σημεία η εφαρμογή θα εμφανίσει τα αντίστοιχα εικονικά αντικείμενα.

Επεξεργασία σκηνών (Scene processing)

Μετά τον υπολογισμό του σημείου ενός συγκεκριμένου δείκτη σε πραγματικό χώρο και χρόνο και σύμφωνα με τις εσωτερικές και εξωτερικές παραμέτρους της κάμερας, το σύστημα αναζητά το αντίστοιχο τρισδιάστατο εικονικό μοντέλο σε κάθε δείκτη.

Οπτική απεικόνιση (Visualization scene)

Το σύστημα αυτό παράγει την εικόνα του προβαλλόμενου τρισδιάστατου αντικειμένου στον πραγματικό χώρο και μεταβιβάζει την εικόνα της σκηνής που αναμιγνύει την εικονικότητα με την πραγματικότητα, παρουσιάζοντας ταυτόχρονα τις απαραίτητες ψηφιακές πληροφορίες.

2.4 Δομικά Στοιχεία

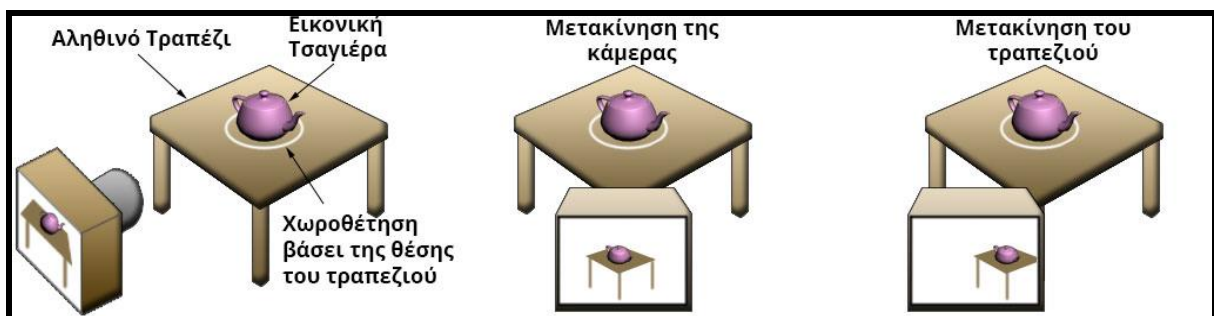
Το κάθε σύστημα Ε.Π., για την ορθή λειτουργία και υλοποίησή του, θα πρέπει να διαθέτει τα εξής τρία (3) δομικά στοιχεία:

- 1) **Αισθητήρες:** καθορίζουν την κατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος και του χρήστη.
- 2) **Επεξεργαστής:** αξιολογεί τα δεδομένα των αισθητήρων και παράγει τα απαραίτητα σήματα για την καθοδήγηση της οθόνης.
- 3) **Προβολικές συσκευές:** δημιουργούν την εντύπωση στον χρήστη ότι ο εικονικός και ο πραγματικός κόσμος συνυπάρχουν.

2.4.1 Αισθητήρες

Για να είναι σε θέση να ανταποκριθεί σωστά στο φυσικό κόσμο μια εφαρμογή Ε.Π., πρέπει να παρέχει πληροφορίες σχετικά με τον κόσμο αυτό σε πραγματικό χρόνο.

Επειδή η Ε.Π. εξαρτάται από τη χωρικά εγγεγραμμένη πληροφορία, πρέπει να υπάρχει κάποιος μηχανισμός για τον προσδιορισμό πληροφοριών σχετικά με τη θέση του χρήστη, του πραγματικού κόσμου, και οποιονδήποτε άλλων συσκευών Ε.Π. Τη λειτουργία αυτή την αποκαλούμε χωρική τοποθέτηση και παρακολούθηση (registration and tracking) (Μουστάκας κ.ά., 2015) (Εικόνα 1.3).



Εικόνα 1.3: Σχηματική απεικόνιση της χωρικής τοποθέτησης και παρακολούθησης,
Πηγή: (Μουστάκας κ.ά., 2015)

Στα συστήματα Ε.Π. χρησιμοποιούνται τρεις κύριες κατηγορίες αισθητήρων (Μουστάκας κ.ά., 2015):

- 1) Αισθητήρες παρακολούθησης
- 2) Αισθητήρες συλλογής περιβαλλοντικών πληροφοριών
- 3) Αισθητήρες συγκέντρωσης εισόδου χρήστη

1) Αισθητήρες παρακολούθησης

Κάμερα (Υπολογιστική όραση)

Για την υλοποίηση της υπολογιστικής όρασης απαιτείται η χρήση μίας κάμερας ως αισθητήρα και κατάλληλο λογισμικό, το οποίο αναλύοντας τις εικόνες που αυτή συλλέγει, καθορίζει το τι "βλέπει" και το πώς είναι προσανατολισμένη σε σχέση με το αντικείμενο εστίασης. Για το σκοπό αυτό, πολλές εφαρμογές χρησιμοποιούν φυσικά ή ειδικά τεχνητά ορόσημα, που ονομάζονται καθοδηγητικοί δείκτες (fiducial markers) και τα οποία η κάμερα μπορεί εύκολα να ανιχνεύσει και στη συνέχεια να προσανατολιστεί (Hirokazu et al., 1999).

Κάμερες ορατού φωτός

Οι κάμερες ορατού φωτός ανιχνεύουν τα αντικείμενα μέσω επεξεργασίας της εικόνας στο επίπεδο του χρώματος RGB, ψάχνοντας για συγκεκριμένα μοτίβα που αντιστοιχούν σε γνωστά αντικείμενα. Οποιαδήποτε κάμερα (π.χ. ενσωματωμένη σε κινητή συσκευή, webcam, ψηφιακή βιντεοκάμερα κλπ.) μπορεί να επιτελέσει το ρόλο αυτό, με μοναδικό περιορισμό την ταχύτητα λήψης κάθε καρέ και της ανάλυσης της εικόνας, οι ρυθμίσεις των οποίων θα πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να επιτρέπουν στο υπολογιστικό σύστημα να μπορεί να επεξεργαστεί την εικόνα σε πραγματικό χρόνο.

Κάμερες υπέρυθρου φάσματος

Οι κάμερες υπέρυθρου φάσματος έχουν το πλεονέκτημα έναντι αυτών του ορατού φωτός, καθώς δεν επηρεάζονται από το φωτισμό του χώρου, δηλαδή λειτουργούν και στο σκοτάδι. Επίσης, χρησιμοποιούν ειδικούς, αλλά απλούς καθοδηγητικούς δείκτες, οι οποίοι είναι ανακλαστικοί ως προς το υπέρυθρο φως και παρέχουν ακριβή θέση και

περιστροφή πολλαπλών αντικειμένων ταυτόχρονα. Ως εκ τούτου επιλέγονται σε πολλές εφαρμογές που απαιτούν ακρίβεια (π.χ. παρακολούθηση κίνησης).

Κάμερες βάθους

Οι κάμερες βάθους, που αποκαλούνται και αισθητήρες βάθους, αποτελούν μια ειδική κατηγορία καμερών που χρησιμοποιείται τα τελευταία χρόνια για την παρακολούθηση εφαρμογών Ε.Π., παρέχοντας πληροφορίες σχετικά με την απόσταση ενός αντικειμένου από τον αισθητήρα. Αυτές οι πληροφορίες μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με άλλες τεχνολογίες παρακολούθησης για τον έλεγχο ως προς τη θέση και περιστροφή ενός αντικειμένου. Οι υποκείμενες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται σε κάμερες βάθους μπορούν να είναι οπτικές, ακουστικές (υπέρηχος), ραντάρ, κλπ.

2) Αισθητήρες συλλογής περιβαλλοντικών πληροφοριών

Global Positioning System (GPS)

Το GPS είναι ένα σύστημα πλοήγησης που χρησιμοποιεί ένα δίκτυο εικοσιτεσσάρων (24) δορυφόρων, μέσω του οποίου ο δέκτης μπορεί να καθορίσει τη θέση του στην επιφάνεια της Γης σε συντεταγμένες X και Y, την ταχύτητα με την οποία κινείται (εάν είναι διαθέσιμα τουλάχιστον 3 σήματα δορυφόρων) και το υψόμετρο στο οποίο βρίσκεται (εάν είναι διαθέσιμα 4 ή περισσότερα σήματα δορυφόρων).

Οι πληροφορίες του GPS αποτελούν μεγάλο πλεονέκτημα στα συστήματα Ε.Π., καθώς προσφέρουν πληροφορίες σχετικά με τη θέση του δέκτη στους τρεις άξονες (X,Y,Z). Ωστόσο, ο ρόλος του σε συστήματα Ε.Π. περιορίζεται, καθώς δεν είναι τόσο ακριβές στον προσδιορισμό του προσανατολισμού του δέκτη ως προς την περιστροφή γύρω από τους άξονες (Feiner et al., 1997).

Γυροσκόπια, επιταχυνσιόμετρα και άλλοι τύποι αισθητήρων

Μερικοί από τους πιο κοινούς αισθητήρες, όπως τα επιταχυνσιόμετρα, οι πυξίδες, και τα γυροσκόπια, που είναι ήδη εξοπλισμένοι σε αρκετές κινητές συσκευές, έχουν έως

στόχο και χρησιμοποιούνται για την λήψη πληροφοριών σχετικά με το φυσικό περιβάλλον.

Τα γυροσκόπια επιστρέφουν τιμές που σχετίζονται με τον προσανατολισμό, δηλαδή, μπορούν να παρέχουν πληροφορίες ως προς τις γωνίες περιστροφής γύρω από τους τρεις άξονες (X,Y,Z), αλλά δεν παρέχουν πληροφορίες τοποθεσίας. Ωστόσο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη μέτρηση του προσανατολισμού μιας φορητής συσκευής.

Οι ηλεκτρονικές, όπως ακριβώς και οι κλασικές, πυξίδες μπορούν να εντοπίσουν και να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τον προσανατολισμό της συσκευής.

Τα επιταχυνσιόμετρα κάνουν ακριβώς αυτό που υποδηλώνει το όνομά τους, αναφέρουν, δηλαδή, την επιτάχυνση της συσκευής. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προσδιοριστεί η κατεύθυνση ως προς την οποία κινείται κάποιος, καθώς και για την ανίχνευση αλλαγών στην ταχύτητα κίνησης του, χωρίς να εξαρτώνται από την παρουσία σήματος GPS. Ωστόσο, η χρήση των επιταχυνσιόμετρων σε σύστημα πλοήγησης είναι επισφαλής, επειδή οι εκάστοτε μετρήσεις που πραγματοποιούνται με αυτό εξαρτώνται από τις προηγούμενες μετρήσεις και ως εκ τούτου, τα τυχόν λάθη προσυμμετρώνονται με την πάροδο του χρόνου. Οπότε είναι σημαντικό να έχουν κάποιο τύπο διόρθωσης σφάλματος ή να συνδυάζονται με άλλο αισθητήρα που να μπορεί να παρέχει έναν ελεγκτικό μηχανισμό για τα επιταχυνσιόμετρα. Το πλεονέκτημα που έχουν είναι ότι αποτελούν μία φθηνή λύση, η οποία όμως μπορεί να παρέχει χρήσιμα δεδομένα σε συστήματα Ε.Π. (Μουστάκας κ.ά., 2015).

3) Αισθητήρες συγκέντρωσης πληροφοριών εισόδου χρήστη (User input)

Οι αισθητήρες των προαναφερόμενων κατηγοριών είναι κυρίως παθητικοί αισθητήρες, καθώς, αν και καταγράφουν τις μεταβολές της κίνησης και ενημερώνουν τα αντίστοιχα στοιχεία της εφαρμογής, εντούτοις επιτελούν τη λειτουργία τους χωρίς ουσιαστικά ο συμμετέχων να διαδράσει συνειδητά μαζί τους.

Αντίθετα, κάποιοι από τους πιο συνηθισμένους αισθητήρες που συγκεντρώνουν τα δεδομένα εισόδου του χρήστη, περιλαμβάνουν κουμπιά, οθόνες αφής, πληκτρολόγια (πραγματικά ή εικονικά) και άλλες συσκευές απτικής μορφής, τα οποία ο σχεδιαστής της εφαρμογής μπορεί να χρησιμοποιήσει για να προσφέρει στο χρήστη έναν τρόπο για να αλληλεπιδράσει άμεσα και να ελέγξει συνειδητά την εφαρμογή.

Οι προαναφερόμενες κάμερες μπορούν, επίσης, να χρησιμοποιηθούν ως αισθητήρες διεπαφής εισόδου του χρήστη, εάν παρέχεται ένα σύστημα αναγνώρισης κινήσεων και χειρονομιών. Στην περίπτωση αυτή, η κάμερα δέχεται ως άμεση εισαγωγή τις κινήσεις του χρήστη τις οποίες διαρκώς παρακολουθεί και ερμηνεύει (Μουστάκας κ.ά., 2015).

2.4.2 Επεξεργαστής

Κάθε σύστημα Ε.Π., ανεξάρτητα με την πολυπλοκότητά του, είναι σημαντικό να διαθέτει έναν, αρκετής υπολογιστικής ικανότητας, επεξεργαστή, ο οποίος και θα επιτελεί τα καθήκοντα του προγράμματος εφαρμογής σε πραγματικό χρόνο.

Με τον όρο “πραγματικό χρόνο” εννοούμε ότι κάθε φορά που εκτελείται μια ενέργεια, όπως το πάτημα ενός κουμπιού ή αλλαγή στον προσανατολισμό μιας φορητής συσκευής ή αλλαγή στην γωνία θέασης, το σύστημα πρέπει να ανταποκρίνεται με μια ενημερωμένη απεικόνιση του συνδυασμού του φυσικού και εικονικού κόσμου, χωρίς προφανείς χρονικές καθυστερήσεις. Με άλλα λόγια, η απεικόνιση θα πρέπει να ενημερώνεται ομαλά και με ένα ρυθμό ανανέωσης που ο συμμετέχων αντιλαμβάνεται ως μια σταθερή ροή πληροφοριών.

Οι εφαρμογές Ε.Π. απαιτούν ένα σταθερό ρυθμό ανανέωσης οθόνης, τουλάχιστον 15 καρέ ανά δευτερόλεπτο, ενώ ιδεατά το νούμερο αυτό πρέπει να ξεπερνάει τα 30 καρέ το δευτερόλεπτο προκειμένου ο χρήστης να αντιλαμβάνεται την ανανέωση της σκηνής ως συνεχόμενη. Για το λόγο αυτό, και προκειμένου να επιταχύνουμε αυτή τη διαδικασία, χρησιμοποιούμε πλέον τις δυνατότητες των επεξεργαστών γραφικών (Graphics processing Unit - GPU), καθώς και ειδικά κυκλώματα ενσωματωμένα σε

κάμερες που αναλαμβάνουν την υλοποίηση της παρακολούθησης απευθείας χωρίς να εμπλέκεται ο κεντρικός επεξεργαστής (Μουστάκας κ.ά., 2015).

Οι ενέργειες – λειτουργίες που εκτελεί ο επεξεργαστής είναι οι ακόλουθες (Μουστάκας κ.ά., 2015):

- Ο συντονισμός και η ανάλυση των εισόδων των αισθητήρων.
- Η αποθήκευση και η ανάκτηση των δεδομένων.
- Η παραγωγή των κατάλληλων σημάτων.
- Η εμφάνιση στην οθόνη της εφαρμογής, σε συσχέτιση με τον πραγματικό κόσμο.
- Η εξασφάλιση της ομαλής ενημέρωσης και ανανέωσης της σκηνής και η διατήρηση μιας σταθερής ροής πληροφοριών.

Αρχιτεκτονικές συστημάτων επεξεργαστών Ε.Π.

Ορισμένες από τις πιο διαδεδομένες αρχιτεκτονικές που χρησιμοποιούνται για τις λειτουργίες επεξεργασίας των εφαρμογών Ε.Π. είναι οι εξής (Craig, 2013):

- Οι εφαρμογές να “τρέχουν” σε συσκευές χειρός
- Οι εφαρμογές να “τρέχουν” σε συσκευές χειρός, οι οποίες είναι συνδεδεμένες σε απομακρυσμένο διακομιστή
- Οι εφαρμογές να “τρέχουν” σε σταθερούς υπολογιστές ή laptop
- Οι εφαρμογές να “τρέχουν” σε σταθερούς υπολογιστές ή laptop οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι σε απομακρυσμένο διακομιστή
- Οι εφαρμογές να “τρέχουν” διαδικτυακά
- Οι εφαρμογές να “τρέχουν” στο νέφος (cloud)
- Άλλοι συνδυασμοί τοπικών και απομακρυσμένων συστημάτων

Στον Πίνακα 1.4 συνοψίζονται ορισμένες από τις διαθέσιμες δυνατότητες των διάφορων αρχιτεκτονικών συστημάτων επεξεργαστών Ε.Π.

Πίνακας 1.4: Διαθέσιμες δυνατότητες των διάφορων αρχιτεκτονικών συστημάτων επεξεργαστών Ε.Π., Πηγή: (Craig, 2013)

	Συσκευή χειρός	Συσκευή χειρός με διακομιστή	Σταθερός υπολογιστής	Σταθερός υπολογιστής με διακομιστή	Συσκευή βασισμένη στο διαδίκτυο	Συσκευή βασισμένη στο νέφος (Cloud)	Συνδυασμός συσκευών
Φορητή	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Ενδεχομένως
Φορητή με δίκτυο	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Ναι	Ναι	Ενδεχομένως
Επαρκή υπολογιστική ικανότητα	Ενδεχομένως	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ενδεχομένως
Απαιτεί δίκτυο	Όχι	Ναι	Όχι	Ναι	Ναι	Ναι	Ενδεχομένως
Cross-platform	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Ενδεχομένως	Ενδεχομένως	Ενδεχομένως
Επίδραση καθυστέρησης	Ενδεχομένως	Ναι	Ενδεχομένως	Ναι	Ναι	Ναι	Ενδεχομένως

Μερικές από τις πιο σημαντικές προδιαγραφές επεξεργαστών περιλαμβάνουν:

- Το πλήθος επεξεργαστών
- Την ταχύτητα
- Τη διαθέσιμη μνήμη
- Το διαθέσιμο αποθηκευτικό χώρο
- Τον επιταχυντή γραφικών
- Το εύρος ζώνης δικτύου
- Την καθυστέρηση δικτύου

2.4.3 Προβολικές συσκευές

Το μέσο που επιτρέπει ένα κατάλληλο σήμα να γίνει αντιληπτό από τις αισθήσεις ενός χρήστη, ορίζεται ως προβολή. Για παράδειγμα, μια οπτική προβολή μέσω μίας ηλεκτρονικής οθόνης εμφανίζει οπτικές εικόνες στο χρήστη, ενώ μια ακουστική προβολή επιτρέπει οι ήχοι που δημιουργεί το σύστημα να ακούγονται από το χρήστη. Μια μεγάλη ποικιλία από συσκευές προβολής είναι διαθέσιμη για την παρουσίαση σημάτων στο χρήστη και πολλές διαφορετικές τεχνολογίες μπορούν να

χρησιμοποιηθούν για την εφαρμογή αυτών των παρουσιάσεων (Μουστάκας κ.ά., 2015).

Στην περίπτωση της Ε.Π., κυρίως, μάς απασχολούν οι οπτικές προβολές, ενώ οι ακουστικές, απτικές και οσφρητικές προβολές παίζουν δευτερεύοντα ρόλο. Οι κύριες κατηγορίες οθονών οπτικής προβολής που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές Ε.Π. είναι σταθερές, κινητές και εφαρμοζόμενες στο χρήστη.

Σταθερές

Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι κλασικές οθόνες υπολογιστών, οι τηλεοράσεις και τα συστήματα προβολής, που συνήθως συνδυάζονται και με μία ή περισσότερες κάμερες (οπτικές ή βάρους), οι οποίες παρακολουθούν το χρήστη και εισάγουν την ψηφιακή εικονική πληροφορία ή τα αντικείμενα είτε στη συσκευή, είτε στο περιβάλλον του χρήστη.

Κινητές - Φορητές

Από το 1997, ήδη, ο J. Rekimoto είχε αποδείξει πως μπορεί να χρησιμοποιηθεί μία συσκευή χειρός για την προβολή του πραγματικού κόσμου μέσω ενός φορητού επαυξημένου παραθύρου. Οραματίστηκε, επίσης, ότι η συσκευή αυτή θα χρησιμοποιείται ως ένας υπολογιστής χειρός, χωρίς την ανάγκη των δυσκίνητων φορητών συσκευών που χρησιμοποιούνταν έως τότε.

Στην κατηγορία αυτή συγκαταλέγονται όλες οι οθόνες προβολής που ο χρήστης μπορεί να κρατάει στα χέρια του και μετακινούνται μαζί του, οι οποίες ταυτόχρονα αποτελούν και το “παράθυρο θέασης” του πραγματικού κόσμου. Σήμερα, αυτό αποτελεί και το πιο διαδεδομένο είδος οθόνης για εφαρμογές Ε.Π. λόγω της ευρείας υιοθέτησης των νέων κινητών ηλεκτρονικών συσκευών, που διαθέτει, πλέον, το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού. Ως εκ τούτου, ακόμη και αν αυτές οι συσκευές είναι πιο περιορισμένες σε ορισμένα χαρακτηριστικά όπως (επεξεργαστής, μνήμη, μέγεθος της οθόνης, επιτάχυνση γραφικών κλπ.), η φορητότητα και η ευκολία χρήσης τους τα καθιστούν πρωταρχικό στόχο σε εφαρμογές Ε.Π.

Οι φορητές συσκευές μπορούν να διακριθούν σε τρεις (3) βασικές κατηγορίες: τα κινητά τηλέφωνα, τα PDAs (Personal Digital Assistant) και τα Tablet, η κάθε μία από τις οποίες έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της (Azuma et al., 2001).

Τα κινητά είναι πιο πρακτικά, γιατί είναι φορητά και ευρέως διαδεδομένα, μειονεκτούν όμως όσον αφορά την επαρκή ενέργεια επεξεργασίας και τη συνδεσιμότητα τοπικού δικτύου, ενώ το μικρό μέγεθος οθόνης που διαθέτουν και οι περιορισμένες ικανότητες του σχετικά με τα δεδομένα εισόδου, τα καθιστούν όχι και τόσο κατάλληλα για τρισδιάστατες και περίπλοκες εφαρμογές χρήστη.

Τα Tablets δεν διαθέτουν τα μειονεκτήματα των κινητών τηλεφώνων, αλλά είναι αρκετά ακριβότερα και πολύ βαριά για να μπορούν να κρατηθούν στα χέρια για μεγάλη χρονική διάρκεια.

Τα PDAs παρέχουν ένα καλό συνδυασμό ενέργειας, επεξεργασίας, μεγέθους και βάρους και είναι αρκετά διαδεδομένα.

Εφαρμοζόμενες στο χρήστη

Τα πιο κοινά είδη των εφαρμοζόμενων στο χρήστη οθονών φοριούνται στο κεφάλι (head-mounted display - HMD) με τη μορφή ενός κράνους ή γυαλιών, ενώ υπάρχουν και διάφορες παραλλαγές αυτών. Οι προβολικές οθόνες για εφαρμογές Ε.Π. διαφέρουν από αυτές που προορίζονται για συστήματα εικονικής πραγματικότητας, λόγω του ότι σε συστήματα εικονικής πραγματικότητας, ο συμμετέχων δε βλέπει τον πραγματικό κόσμο (τουλάχιστον κατά τρόπο που να μη διαταράσσεται η οπτική ψευδαίσθηση) σε αντίθεση με την Ε.Π., όπου είναι απαραίτητο ο συμμετέχων να είναι σε θέση να τον δει.

Ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο ο χρήστης βλέπει τον πραγματικό κόσμο, υπάρχουν δύο βασικές μέθοδοι απεικόνισης. Η μία μέθοδος χρησιμοποιεί διαφανείς οθόνες προβολής, ώστε ο χρήστης να μπορεί απευθείας να δει τον πραγματικό κόσμο και η άλλη χρησιμοποιεί την τεχνολογία βίντεο για να συλλάβει μέσα από μια

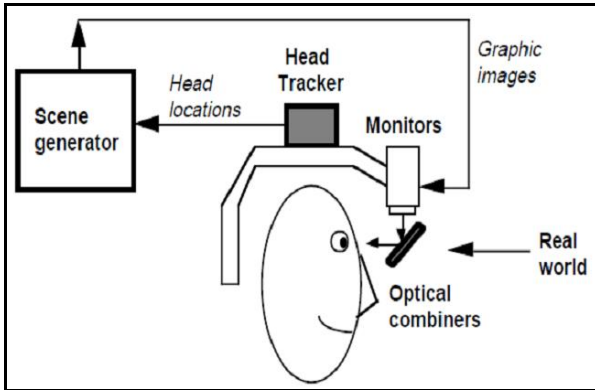
κάμερα τον πραγματικό κόσμο και αφού ενσωματώσει τα εικονικά στοιχεία στην εικόνα, να τα προβάλλει στο χρήστη. Αυτές οι δύο μέθοδοι που αναφέρονται ως Οπτικές συσκευές απεικόνισης και ως Βιντεοσυσκευές απεικόνισης, φαίνονται αντίστοιχα στις Εικόνες 1.4 & 1.5.

Οπτικές συσκευές απεικόνισης (Optical see-through HMD systems)

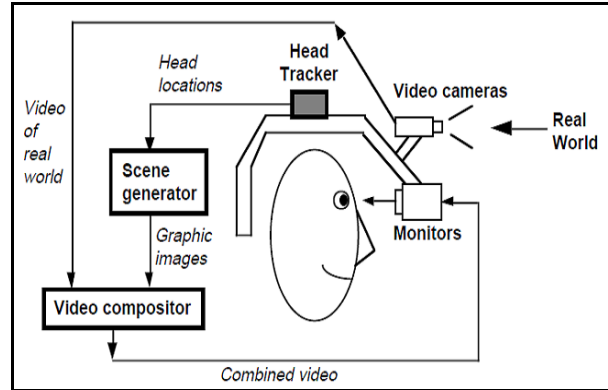
Οι οπτικές συσκευές απεικόνισης χρησιμοποιούν ημιδιαφανούς καθρέφτες, στους οποίους απεικονίζεται το πραγματικό αντικείμενο και είναι τοποθετημένοι σε τέτοια γωνία, ώστε μέσω διάθλασης η εικόνα να φτάνει στην οθόνη του χρήστη. Στο σύστημα αυτό πρέπει να είναι ενσωματωμένοι αισθητήρες μέσω των οποίων γίνεται ο υπολογισμός των έξι βαθμών ελευθερίας (π.χ. GPS, επιταχυνσιόμετρο κ.ά.). Με τον τρόπο αυτό προσδιορίζεται ο προσανατολισμός της εικόνας που έρχεται κάθε στιγμή στο χρήστη και υλοποιείται σε πραγματικό χρόνο η απεικόνιση των τρισδιάστατων γραφικών στο πραγματικό χώρο. Ο χρήστης μέσω των οπτικών συσκευών παρακολουθεί, καθώς κινείται, το αποτέλεσμα της εφαρμογής (Azuma et al., 2001) (Εικόνα 1.4).

Βιντεοσυσκευές απεικόνισης (Video see-through HMD systems)

Οι βιντεοσυσκευές απεικόνισης λειτουργούν συνδυάζοντας ένα κλειστό σύστημα προβολής με μία ή περισσότερες βιντεοκάμερες τοποθετημένες σε αυτό. Το γεγονός ότι το σύστημα είναι κλειστό συνεπάγεται ότι ο χρήστης δεν μπορεί να δει τον πραγματικό κόσμο απευθείας, καθώς η θέασή του στο οπτικό πεδίο του χρήστη γίνεται μόνο μέσω των απεικονίσεων που καταγράφονται από τις βιντεοκάμερες. Οι απεικονίσεις από τις κάμερες αυτές σε συνδυασμό με τις ψηφιακές εικόνες που δημιουργούνται στην υπολογιστική μονάδα συνδυάζονται μεταξύ τους, με αποτέλεσμα η μίξη εικονικής και πραγματικής εικόνας να αποστέλλεται στις οθόνες του κλειστού συστήματος απεικόνισης των χρηστών (Azuma et al., 2001) (Εικόνα 1.5).



Εικόνα 1.4: Εννοιολογική σχηματική παράσταση οπτικών συσκευών απεικόνισης, Πηγή: (Azuma, 1997)



Εικόνα 1.5: Εννοιολογική σχηματική παράσταση βιντεοσυσκευών απεικόνισης, Πηγή: (Azuma, 1997)

2.4.4 Σύγκριση των οπτικών συσκευών και των βιντεοσυσκευών απεικόνισης

Η οπτική προσέγγιση παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα σε σχέση με αυτή των βιντεοσυσκευών (Rolland et al., 1994; Rolland and Fuchs, 2000):

- **Απλότητα (Simplicity)**

Αρχικά, οι οπτικές συσκευές υπερτερούν όσον αφορά την απλότητά τους, καθώς η οπτική μίξη που πραγματοποιούν είναι απλούστερη και φθηνότερη από τη μίξη των δύο σημάτων βίντεο, η οποία πραγματοποιείται στις βιντεοσυσκευές. Στις συσκευές αυτές, οι χρήστες βλέπουν απευθείας, με καθυστέρηση μερικών νανοδευτερολέπτων (ns), τον πραγματικό κόσμο χωρίς καμία παραμόρφωση.

- **Ανάλυση (Resolution)**

Στις βιντεοσυσκευές το επίπεδο λεπτομέρειας της εικόνας περιορίζεται από την ανάλυση των συσκευών απεικόνισης, η οποία είναι μικρότερη από την αναλυτική ικανότητα του αμφιβληστροειδούς χιτώνα του ματιού. Έτσι, η τελική εικόνα δε φαίνεται τόσο φυσική, σε αντίθεση με τις οπτικές συσκευές, όπου το πραγματικό περιβάλλον δεν αλλοιώνεται.

- **Ασφάλεια (Safety)**

Σε μία οπτική συσκευή απεικόνισης, ο χρήστης βλέπει τον πραγματικό κόσμο κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες, καθώς ακόμη και αν διακοπεί η λειτουργία τους, επιτρέπουν στον χρήστη να βλέπει τον πραγματικό κόσμο, έστω και χωρίς την επαυξημένη πληροφορία. Αντίθετα αν υπάρξει κάποια βλάβη σε μία βιντεοσυσκευή και παύσει να λειτουργεί, τότε ο χρήστης αποκόπτεται εντελώς από το περιβάλλον και παραμένει κατ' ουσία "τυφλός", δημιουργώντας μεγάλα προβλήματα ασφάλειας.

- **Χωρίς οφθαλμική μετατόπιση (No eye offset)**

Στις οπτικές συσκευές δεν υπάρχει μετατόπιση του οπτικού πεδίου, καθώς ο χρήστης βλέπει τον πραγματικό κόσμο απλά με τα μάτια του. Στις βιντεοσυσκευές, η οπτική του χρήστη είναι αυτή που του παρέχει η κάμερα, η οποία συνήθως δε βρίσκεται ακριβώς στη θέση του ματιού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργείται μια μετατόπιση ανάμεσα σε αυτό που βλέπει ο χρήστης και σε αυτό που είχε συνηθίσει να βλέπει. Χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή προκειμένου να ευθυγραμμιστεί το οπτικό μονοπάτι της κάμερας με αυτό του ματιού του παρατηρητή. Μπορούμε να βρούμε λύση χρησιμοποιώντας κατάλληλα οπτικά μέσα, τα οποία επιτρέπουν στις κάμερες να "δουν" όπως θα έβλεπε και ο χρήστης, αυξάνοντας, όμως, συγχρόνως το κόστος και την πολυπλοκότητα του συστήματος (Holloway, 1995).

Από την άλλη πλευρά, ως πλεονεκτήματα των βιντεοσυσκευών σε σχέση με αυτά των οπτικών συσκευών μπορούν να αναφερθούν τα εξής (Rolland et al., 1994; Rolland and Fuchs, 2000):

- **Ευελιξία στις στρατηγικές σύνθεσης (Flexibility in composition strategies)**

Με την χρήση βιντεοσυσκευών, όπου και οι δύο κόσμοι συνυπάρχουν σε ψηφιακή μορφή, η σύνθεση και η επεξεργασία του πραγματικού κόσμου με τα εικονικά αντικείμενα επιτυγχάνεται με μεγαλύτερη ευκολία και αποτελεσματικότητα. Στις

οπτικές συσκευές, τα εικονικά αντικείμενα δεν μπορούν τυπικά να κρύψουν εντελώς τα πραγματικά που βρίσκονται πίσω τους, αφού επιτρέπουν στο φως του περιβάλλοντος να τα διαπερνά, και ως εκ τούτου να εμφανίζονται ημιδιαφανή, γεγονός το οποίο δεν ενισχύει την αίσθηση του ρεαλισμού και της πιστότητας.

- **Ευρύ πεδίο προβολής (Wide field of view)**

Οι παραμορφώσεις στα οπτικά συστήματα είναι συνάρτηση της ακτινικής απόστασης από τον οπτικό άξονα. Όσο πιο μακριά από το κέντρο της όψης κάποιος κοιτάει, τόσο μεγαλύτερες είναι οι διαστρεβλώσεις που δημιουργούνται, για το λόγο αυτό είναι πιο δύσκολο να δημιουργηθούν οθόνες ευρείας προβολής με οπτικές συσκευές απεικόνισης.

Μία ψηφιοποιημένη εικόνα που λαμβάνεται μέσω ενός παραμορφωμένου οπτικού συστήματος απαιτεί την εφαρμογή τεχνικών επεξεργασίας της εικόνας προκειμένου να μην υποστεί παραμόρφωση. Αυτό απαιτεί ένα μεγάλο πλήθος υπολογισμών και επομένως αύξηση του υπολογιστικού κόστους, αλλά αυτός ο περιορισμός θα είναι λιγότερο σημαντικός στο μέλλον, καθώς οι υπολογιστές γίνονται όλο και πιο γρήγοροι και αποτελεσματικοί.

Οποιαδήποτε παραμόρφωση της εικόνας που αντιλαμβάνεται ο χρήστης για τον πραγματικό κόσμο, πρέπει να διορθώνεται οπτικά και όχι ψηφιακά, επειδή το σύστημα δεν διαθέτει δυνατότητα χειρισμού της ψηφιοποιημένης εικόνας του πραγματικού κόσμου.

- **Οι πραγματικές και εικονικές καθυστερήσεις προβολής μπορούν να αντιστοιχιστούν (Real and virtual view delays can be matched)**

Οι βιντεοσυσκευές προσφέρουν μια αποτελεσματική προσέγγιση για τη μείωση ή την αποφυγή προβλημάτων, τα οποία προκαλούνται από χρονικές αναντιστοιχίες μεταξύ των πραγματικών και εικονικών αντικειμένων. Η ενδεχόμενη χρονική αναντιστοιχία (ασυγχρονισμός) που παρουσιάζουν οι οπτικές συσκευές απεικόνισης, όταν κατά την λειτουργία τους παρέχουν μια σχεδόν στιγμιαία εικόνα

του πραγματικού κόσμου, αλλά και μια καθυστερημένη προβολή του εικονικού, μπορεί να προκαλέσει προβλήματα. Με τη χρήση βιντεοσυσκευών είναι δυνατόν να καθυστερήσει το βίντεο απεικόνισης του πραγματικού κόσμου, ώστε να ταιριάζει με την καθυστερημένη ροή του εικονικού.

Οι οπτικές συσκευές απαιτούν τα εικονικά αντικείμενα να είναι ακριβώς και συνεχώς τοποθετημένα στο πραγματικό περιβάλλον. Οποιαδήποτε καθυστέρηση στο σύστημα θα προκαλέσει προσωρινές ασυνέχειες, γιατί η εικόνα του πραγματικού περιβάλλοντος θα ενημερωθεί πιο γρήγορα μετά από μια κίνηση του κεφαλιού από ότι θα ενημερωθεί η εικόνα των εικονικών αντικειμένων. Οποιαδήποτε τέτοια χρονική διαφορά μεταξύ των πραγματικών και των εικονικών σκηνών μπορεί να απαλειφτεί στις βιντεοσυσσκευές, αφού το βίντεο του πραγματικού κόσμου μπορεί να καθυστερήσει προκειμένου να ολοκληρωθεί η επεξεργασία του εικονικού και να προβληθούν ταυτόχρονα και συγχρονισμένα οι δύο σκηνές.

- **Πρόσθετες στρατηγικές καταχώρισης (Additional registration strategies)**

Όσον αφορά στον συντονισμό, το πλεονέκτημα των συστημάτων βιντεοσυσκευών είναι ότι διαθέτουν μία ψηφιοποιημένη εικόνα του περιβάλλοντος, η οποία με ειδικές τεχνικές επεξεργασίας εικόνας μπορεί να αντλήσει επιπλέον στοιχεία και να βοηθήσει στη διαδικασία του συντονισμού. Αντίθετα, στις οπτικές συσκευές το μοναδικό στοιχείο που διαθέτουν τα συστήματα είναι η θέση του κεφαλιού και η τοποθεσία του χρήστη.

- **Είναι πιο εύκολο να ταιριάζει με τη φωτεινότητα πραγματικών και εικονικών αντικειμένων (Easier to match the brightness of real and virtual objects)**

Στις βιντεοσυσσκευές εξαιτίας της δυνατότητας επεξεργασίας και ανάλυσης των εικόνων του πραγματικού κόσμου, είναι πιο εύκολο να καθορίσουμε τη φωτεινότητα των εικονικών αντικειμένων, ώστε να είναι συμβατή με τη φωτεινότητα των πραγματικών. Οι δύο κόσμοι προβάλλονται μέσα από μια

μονάδα απεικόνισης, οπότε όλα αντιστοιχούν στο δικό της δυναμικό εύρος, χωρίς τα πολύ φωτεινά ή τα πολύ σκοτεινά αντικείμενα να διαφέρουν πολύ το ένα από το άλλο. Κάτι τέτοιο δε συμβαίνει σε μια οπτική συσκευή όπου δε φαίνονται καθόλου τα εικονικά αντικείμενα, αν το περιβαλλοντικό φως είναι πολύ έντονο, ενώ αν είναι πολύ σκοτεινό τα πραγματικά αντικείμενα είναι δυσδιάκριτα.

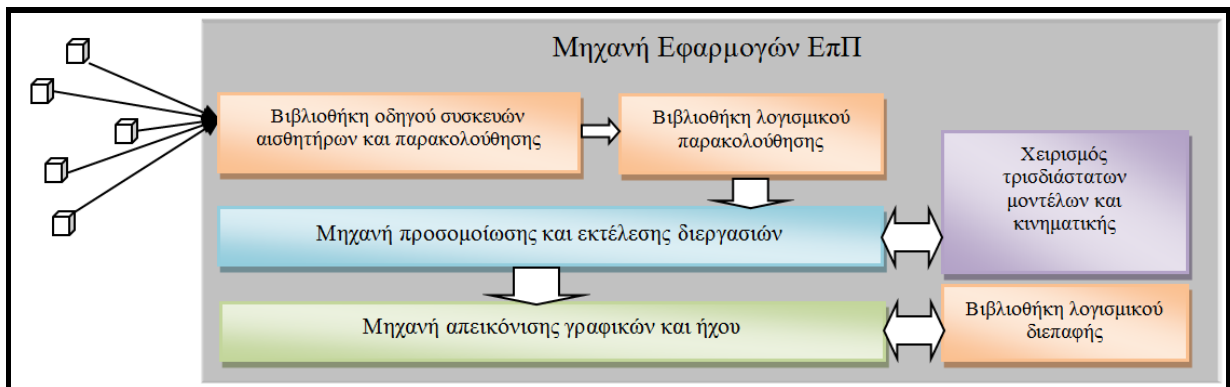
Και οι δυο τεχνολογίες έχουν, βέβαια, το δικό τους ρόλο και η επιλογή καθεμιάς εξαρτάται από τις απαιτήσεις της εκάστοτε εφαρμογής. Πολλές εφαρμογές, χρησιμοποιούν την οπτική προσέγγιση εξαιτίας του πλεονεκτήματος της ασφάλειας και του κόστους, ενώ οι περισσότερες ιατρικές εφαρμογές χρησιμοποιούν βιντεοσυσκευές. Αυτό εύκολα εξηγείται αν λάβουμε υπόψη την ευελιξία τους στη σύνθεση του πραγματικού με το εικονικό και τις επιπλέον προσφερόμενες στρατηγικές συντονισμού.

Κεφάλαιο 3: Λογισμικό εφαρμογών Επαυξημένης Πραγματικότητας

3.1 Στοιχεία λογισμικού ενός συστήματος Επαυξημένης Πραγματικότητας

Κατά κύριο λόγο τα στοιχεία λογισμικού που εμπλέκονται στα συστήματα Ε.Π. είναι τα ακόλουθα (Μουστάκας κ.ά., 2015):

- Βιβλιοθήκη οδηγού συσκευών αισθητήρων και παρακολούθησης
- Βιβλιοθήκη λογισμικού ανίχνευσης και εντοπισμού (tracking)
- Χειρισμός τρισδιάστατων μοντέλων και κινηματικής (animation)
- Μηχανή προσομοίωσης και εκτέλεσης διεργασιών
- Μηχανή απεικόνισης γραφικών και ήχου
- Βιβλιοθήκη λογισμικού διεπαφής



Εικόνα 1.6: Αρχιτεκτονική δομή υψηλού επιπέδου Μηχανής Εφαρμογών Ε.Π.,
Πηγή: (Μουστάκας κ.ά., 2015)

Τα στοιχεία αυτά από μόνα τους, χωρίς την παρουσία μιας μηχανής εφαρμογών που να τα ενοποιεί και χωρίς την ύπαρξη του κατάλληλου υλικού υλοποίησης της εφαρμογής Ε.Π. που θα δημιουργηθεί για να επαυξήσει τον πραγματικό κόσμο, δεν αποτελούν ένα πλήρες σύστημα Ε.Π. Στο διάγραμμα της Εικόνας 1.6 αποτυπώνονται οι σχέσεις μεταξύ των βασικών εξαρτημάτων (hardware και software) ενός συστήματος Ε.Π. Η κατάσταση του περιβάλλοντος αξιολογείται από τους αισθητήρες και τα αποτελέσματα αυτά ενώνονται και τροφοδοτούνται στην κύρια εφαρμογή Ε.Π. Με βάση την κατάσταση του συνολικού περιβάλλοντος, το σύστημα προωθεί την πληροφορία ως σήματα τα οποία κατόπιν τροφοδοτούνται σε διάφορες προβολές. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται συνεχώς, και οι προβολές ενημερώνονται κάθε φορά που κάποιο κομμάτι των πληροφοριών αλλάζει. Η αλλαγή αυτή μπορεί να

οφείλεται στο γεγονός ότι ο χρήστης αλλάζει ελαφρώς τη θέση του ή σε κάποια διαφοροποίηση του περιβάλλοντος ή ακόμη και σε μια διαμόρφωση της κατάστασης της εφαρμογής Ε.Π.

Η μηχανή εφαρμογής αποτελεί τη βασική δομή και το πλαίσιο για την εφαρμογή Ε.Π. με την οποία οι χρήστες θα αλληλεπιδρούν. Η μηχανή αυτή συγκεντρώνει τις εισόδους από τη βιβλιοθήκη οδηγού συσκευών αισθητήρων και παρακολούθησης και από το χρήστη και παράγει τις πληροφορίες που θα δοθούν στη μηχανή απεικόνισης γραφικών και ήχου για να δημιουργήσει τα σήματα για τις συσκευές παρουσίασης. Παρέχει, επίσης, μια μηχανή προσομοίωσης και εκτέλεσης διεργασιών, η οποία υποστηρίζει την αλληλεπίδραση του χρήστη (Μουστάκας κ.ά., 2015).

3.2 Διεπαφές Επαυξημένης Πραγματικότητας

Η Ε.Π. είναι ένα σχετικά νέο τεχνολογικό μέσο, του οποίου δεν έχουν ακόμη αναδειχθεί οι λεπτομέρειες που αφορούν όλες τις πτυχές και τις δυνατότητές του, ορισμένες από τις οποίες θα είναι δυνατό να αναδειχθούν στο μέλλον μόνο με τις νέες τεχνολογικές εξελίξεις του υλικού εξοπλισμού και του λογισμικού. Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά της Ε.Π. είναι ότι αποτελεί ένα διαδραστικό μέσο, και ως εκ τούτου η αλληλεπίδραση παίζει ένα βασικό ρόλο στη συνολική εμπειρία του χρήστη, μέσω της διεπαφής, η οποία μπορεί να υφίσταται μεταξύ (Μουστάκας κ.ά., 2015):

- Χρήστη και εφαρμογής Ε.Π.
- Χρηστών μέσω της εφαρμογής Ε.Π.
- Εικονικού και πραγματικού κόσμου
- Χρήστη και εικονικού κόσμου
- Χρήστη και πραγματικού κόσμου

Οι διεπαφές που αφορούν τον εικονικό κόσμο αναλύονται στις εξής βασικές κατηγορίες (Μουστάκας κ.ά., 2015):

- 1) Χειρισμός
- 2) Πλοήγηση
- 3) Επικοινωνία

3.2.1 Χειρισμός

Οι βασικοί τρόποι με τους οποίους μπορεί να εφαρμοστεί ο χειρισμός σε εφαρμογές Ε.Π. είναι οι ακόλουθοι (Mine, 1995):

- Άμεσος χειρισμός: Οι χρήστες χειρίζονται τον εικονικό κόσμο με τον ίδιο τρόπο που θα χειριζόταν και τον πραγματικό.
- Φυσικός χειρισμός: Οι χρήστες χειρίζονται τον εικονικό κόσμο μέσω φυσικών συσκευών, που μπορεί να είναι από κουμπιά και διακόπτες έως συσκευές απτικής και δυναμικής ανάδρασης, τα οποία επιτρέπουν στο χρήστη να νιώθει τις φυσικές ιδιότητες των εικονικών.
- Εικονικός χειρισμός: Οι χρήστες χειρίζονται τον εικονικό κόσμο μέσω εικονικών αντιπροσώπων των φυσικών συσκευών ανάδρασης (π.χ. εικονικά κουμπιά).
- Χειρισμός μέσω αντιπροσώπου: Οι χρήστες δίνουν εντολές χειρισμού σε έναν εικονικό χαρακτήρα, ο οποίος τις εκτελεί για λογαριασμό τους στον εικονικό κόσμο (Sherman and Craig, 2002).

Η τάση στις σύγχρονες εφαρμογές Ε.Π. είναι να μιμηθούν με ακρίβεια, στο βαθμό που αυτό είναι δυνατό, τις αλληλεπιδράσεις που συμβαίνουν στον πραγματικό κόσμο, μέσω μιας φορητής συσκευής, για να παράσχουν στοιχεία εισόδου στο σύστημα, τα οποία, όμως, δεν είναι μέρος της διεπαφής με το φυσικό κόσμο. Η τάση αυτή, ωστόσο, δεν αξιοποιεί πλήρως τις δυνατότητες της Ε.Π.

Ο φυσικός έλεγχος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις συσκευές που είναι διαθέσιμες στο χρήστη. Σε γενικές γραμμές, οι περισσότερες συσκευές που χρησιμοποιούνται σήμερα για εφαρμογές Ε.Π. έχουν κάποιο είδος φυσικής διεπαφής με την οποία μπορεί ο χρήστης να αλληλεπιδράσει. Οι φορητοί υπολογιστές έχουν ένα πληκτρολόγιο και ένα ποντίκι (ή trackpad ή κάποιο άλλο είδος υποκατάστατο του ποντικιού). Τα smartphones και τα tablets διαθέτουν οθόνη αφής, ενώ μερικά έχουν φυσικά πληκτρολόγια και κουμπιά. Τα περισσότερα έχουν ένα εικονικό πληκτρολόγιο που συμπεριφέρεται ακριβώς όπως ένα φυσικό πληκτρολόγιο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως έχει (με τη διαφορά ότι καταλαμβάνει δυνητικά πολύτιμο χώρο στην οθόνη).

Καθώς οι συσκευές προβολής, όπως τα γυαλιά ή οι φακοί επαφής Ε.Π., διαδίδονται όλο και περισσότερο, είναι αναμενόμενο να υπάρχουν λιγότερα μέσα προφανούς φυσικού ελέγχου που θα μπορεί να χρησιμοποιήσει ο χρήστης με τις εφαρμογές Ε.Π., εκτός κι αν ο συμμετέχων φέρει μια πρόσθετη συσκευή μέσω της οποίας αλληλεπιδρά με το σύστημα. Στην περίπτωση αυτή, ο εικονικός χειρισμός γίνεται πολύ πιο σημαντικός για την εφαρμογή. Είναι ήδη γνωστό ότι βρίσκονται σε εξέλιξη αρκετές συσκευές που υλοποιούν πολύ εξελιγμένο λογισμικό όρασης υπολογιστή για να ερμηνεύσουν χειρονομίες και άλλες ενέργειες εκ μέρους του χρήστη (Μουστάκας κ.ά., 2015).

3.2.2 Πλοήγηση

Η πλοήγηση στην επαυξημένη πραγματικότητα μπορεί να γίνει με τους ίδιους τρόπους που γίνεται και στον πραγματικό κόσμο. Ωστόσο, ένα πλήθος πρόσθετων ενεργειών, που δεν είναι δυνατές στον πραγματικό κόσμο, μπορούν να υλοποιηθούν σε εφαρμογές Ε.Π. για να βοηθήσουν με την πλοήγηση.

Στον πραγματικό κόσμο, χρησιμοποιούμε πολλά ενισχυτικά μέσα ως βοηθήματα πλοήγησης, τα οποία κυμαίνονται από την απλή χρήση πινακίδων έως και σύγχρονες τεχνολογικές λύσεις, όπως το GPS. Δεδομένου ότι ένα βασικό συστατικό για μια εφαρμογή Ε.Π. είναι ότι το σύστημα πρέπει να γνωρίζει πού βρίσκεται ο χρήστης, είναι σχετικά απλό να προσθέσουμε βοηθήματα πλοήγησης σε μια εφαρμογή Ε.Π., και η εμφάνιση ενός βοηθήματος πλοήγησης του πραγματικού κόσμου σε μορφή Ε.Π. αποτελεί μια συναρπαστική εφαρμογή (Μουστάκας κ.ά., 2015).

Ορισμένες μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βοηθήματα πλοήγησης σε εφαρμογές Ε.Π., περιλαμβάνουν (Μουστάκας κ.ά., 2015):

- Προβολή τρισδιάστατου εικονικού χάρτη σε υπέρθεση με τον πραγματικό κόσμο, όπου εμφανίζεται η θέση του χρήστη σε αυτόν.
- Προβολή ενός εικονικού χαρακτήρα που περπατά μαζί με το χρήστη και παρέχει οδηγίες.

- Προβολή δεικτών και δρομολογίων, όπως π.χ. εμφάνιση γραμμών στους δρόμους που δείχνουν τη σωστή κατεύθυνση, βέλη που δείχνουν πού να στρίψει ο χρήστης κλπ.
- Προβολή πληροφοριών σε ορόσημα του περιβάλλοντος (π.χ. αγάλματα, πινακίδες, κτίρια κλπ.) που βοηθούν στον προσανατολισμό του χρήστη.
- Δυνατότητα τοποθέτησης προσωπικών οροσήμων από το χρήστη και εμφάνιση της διαδρομής που έχει ήδη ακολουθήσει, ώστε να μπορεί να επιστρέψει στην αρχική του τοποθεσία.
- Εικονικά κιάλια που επιτρέπουν στο χρήστη να δει σε μακρινές αποστάσεις.

3.2.3 Επικοινωνία

Αν και οι περισσότερες τρέχουσες εφαρμογές Ε.Π. αποτελούν εμπειρίες ενός χρήστη, δεν υπάρχει κανένας λόγος για τον οποίο δεν μπορεί να είναι (και μερικές από τις πιο συναρπαστικές εφαρμογές πιθανό να είναι) εμπειρίες με πολλούς συμμετέχοντες.

Κατά μία έννοια, οποιαδήποτε εφαρμογή Ε.Π. που λαμβάνει χώρα σε ένα χώρο όπου βρίσκονται και άλλοι άνθρωποι αποτελεί εμπειρία που την βιώνουν πολλοί άνθρωποι ταυτόχρονα, με τη διαφορά ότι πέρα από το χρήστη της εφαρμογής Ε.Π. οι υπόλοιποι αλληλεπιδρούν μόνο με τον πραγματικό κόσμο. Ωστόσο, είναι απολύτως δυνατό, και συχνά επιθυμητό, να έχουμε πολλαπλούς συμμετέχοντες τόσο στον πραγματικό όσο και στον εικονικό κόσμο (και συνεπώς στην εμπειρία Ε.Π.).

Είναι σαφές ότι οι συμμετέχοντες που βρίσκονται στον ίδιο φυσικό χώρο μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους με οποιαδήποτε από τις τυπικές μεθόδους με τις οποίες μπορούν να επικοινωνούν και στον πραγματικό κόσμο. Ωστόσο, υπάρχουν περισσότεροι τρόποι με τους οποίους μπορούν δυνητικά να επικοινωνούν μέσα σε μια εφαρμογή Ε.Π. Εάν καλυφθούν οι μηχανισμοί επικοινωνίας του πραγματικού κόσμου, τότε όλη η επικοινωνία επιτυγχάνεται με τη μεσολάβηση της εφαρμογής Ε.Π.

Η δυνατότητα πολλών ατόμων να είναι σε θέση να παρατηρούν τα ίδια αντικείμενα ταυτόχρονα, ακόμα και από μόνη της, μπορεί να ενισχύσει την επικοινωνία στον

πραγματικό κόσμο. Συχνά, όταν υπάρχει ένα αντικείμενο στο οποίο έχουν πρόσβαση πολλά άτομα ταυτόχρονα, παρέχει ένα σημείο εστίασης και κοινής κατανόησης που μπορεί να βοηθήσει στην επικοινωνία. Είναι, επίσης, δυνατό για τους χρήστες να συμμετέχουν στην εμπειρία Ε.Π. από απομακρυσμένες περιοχές, σαν να βρίσκονται όλοι σε έναν κοινό χώρο (telepresence) και συνεργάζονται αρμονικά (Μουστάκας κ.ά., 2015).

3.3 Συστατικά μιας εφαρμογής Επαυξημένης Πραγματικότητας

Κάθε εφαρμογή Ε.Π. αποτελείται, τουλάχιστον, από τα ακόλουθα συστατικά (Craig, 2013):

- 1) Εφαρμογή
- 2) Περιεχόμενο
- 3) Αλληλεπίδραση
- 4) Τεχνολογία
- 5) Φυσικό κόσμο
- 6) Συμμετέχοντες

Εφαρμογή

Η εφαρμογή Ε.Π. είναι το πρόγραμμα υπολογιστή που συντονίζει και ελέγχει διάφορες πτυχές της εμπειρίας της Ε.Π. Είναι σημαντικό να γίνεται διάκριση μεταξύ της εφαρμογής Ε.Π. και του περιεχομένου που χρησιμοποιείται σε αυτήν. Όταν αυτή η διάκριση εκτελείται επιδέξια, η ίδια η εφαρμογή Ε.Π. μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλά διαφορετικά περιβάλλοντα.

Η εφαρμογή Ε.Π. αλληλεπιδρά με τους διάφορους αισθητήρες, τις συσκευές και τις οθόνες που χρησιμοποιούνται κατά την διάρκεια της. Στην πράξη, πολλές από αυτές τις εργασίες χαμηλότερου επιπέδου διαχειρίζονται και υλοποιούνται από βιβλιοθήκες Ε.Π., οι οποίες χρησιμοποιούνται από πολλές διαφορετικές εφαρμογές Ε.Π.

Περιεχόμενο

Το περιεχόμενο είναι το κλειδί για κάθε εφαρμογή Ε.Π., καθώς περιλαμβάνει όλα τα αντικείμενα, τις ιδέες, τις ιστορίες, τα αισθητήρια ερεθίσματα και τους "νόμους της φύσης" για την πραγματοποίησή της. Οι νόμοι της φύσης διέπουν τις ενέργειες που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια της εφαρμογής και αυτό μπορεί να περιλαμβάνει υπολογιστικές προσομοιώσεις, κανόνες παιχνιδιών ή οποιοσδήποτε άλλες πτυχές του περιεχομένου που βρίσκονται υπό τον έλεγχο του υπολογιστή.

Αλληλεπίδραση

Εξ ορισμού, κάθε εμπειρία Ε.Π. πρέπει να είναι αλληλεπιδραστική. Ένας από τους πιο τυπικούς τρόπους με τους οποίους ο κόσμος είναι διαδραστικός είναι ότι επιτρέπει στον συμμετέχοντα να βλέπει και να αντιλαμβάνεται τον κόσμο από διαφορετικές φυσικές οπτικές γωνίες. Οι συμμετέχοντες μπορούν, επίσης, να αλληλεπιδρούν με την εφαρμογή πατώντας κουμπιά, πραγματοποιώντας φυσικές χειρονομίες, χρησιμοποιώντας εντολές ομιλίας ή οποιοσδήποτε άλλους τρόπους δράσης.

Τεχνολογία

Εάν και όλες οι εφαρμογές διαθέτουν ένα βασικό επίπεδο τεχνολογίας, ορισμένες από αυτές απαιτούν μία πολύ πιο εξελιγμένη μορφή της. Για την ανάπτυξη και υλοποίηση μιας εφαρμογής Ε.Π. είναι αναγκαίο να υπάρχει τουλάχιστον κάποιο είδος αισθητήρα για την συλλογή πληροφοριών του πραγματικού κόσμου, όπως και κάποια μορφή υπολογισμού για την ενσωμάτωση των εικονικών στοιχείων σε αυτόν και κάποιον μηχανισμό για την απεικόνιση των εικονικών στοιχείων.

Φυσικός κόσμος

Κάθε εφαρμογή Ε.Π. πραγματοποιείται στο περιβάλλον ενός φυσικού κόσμου, ο οποίος εξ ορισμού αποτελεί ένα βασικό μέρος της. Ο φυσικός αυτός κόσμος μπορεί να είναι ένας συγκεκριμένος τόπος ή σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί στη θέση του να χρησιμοποιηθεί ένας γενικός χώρος. Δηλαδή, σε ορισμένες περιπτώσεις η εφαρμογή Ε.Π. πρέπει να πραγματοποιείται στο περιβάλλον που αυτή υποδεικνύει,

ενώ σε κάποιες άλλες διαδραματίζεται σε διαφορετικό χώρο και τόπο από εκείνον που υποδεικνύεται.

Συμμετέχοντες

Όλη η εμπειρία μίας εφαρμογής Ε.Π. λαμβάνει χώρα στο μυαλό ενός ή περισσότερων συμμετεχόντων. Πράγματι, ο ρόλος της τεχνολογίας Ε.Π. είναι να παράσχει τεχνητά ερεθίσματα για να δημιουργήσει στον συμμετέχοντα ή στους συμμετέχοντες την ψευδαίσθηση ότι συμβαίνει κάτι που στην πραγματικά δεν υφίσταται. Αντικείμενα που δεν υπάρχουν πραγματικά στον φυσικό κόσμο έχουν χαρακτηριστικά, εξαιτίας των οποίων γίνονται αντιληπτά σαν να υπήρχαν. Ο κάθε συμμετέχων έχει ενεργό ρόλο σε αυτό που διαδραματίζεται στην εφαρμογή Ε.Π., καθώς όλες οι κινήσεις, οι ενέργειες και οι δραστηριότητές του επηρεάζουν τον τρόπο με τον οποίο το σύστημα ανταποκρίνεται. Όταν υπάρχουν πολλοί συμμετέχοντες, οι απαιτήσεις σχετικά με την πολυπλοκότητα της αλληλεπίδρασης είναι ακόμη υψηλότερες. Φυσικά, κάποιοι από τους συμμετέχοντες που πιστεύεται από τους υπόλοιπους ότι είναι αληθινοί, είναι στην πραγματικότητα ψηφιακά πλάσματα, δηλαδή απλές επαυξήσεις στον φυσικό κόσμο.

3.4 Αξιολόγηση εφαρμογών Επαυξημένης Πραγματικότητας

Είναι σημαντικό να εξετάσουμε τις διάφορες εφαρμογές της Ε.Π. για να αξιολογήσουμε, εάν θα μπορούσαμε ποτέ να βελτιώσουμε την κατανόησή μας για την Ε.Π. και την ικανότητά μας να δημιουργούμε χρήσιμες, εύχρηστες και ευχάριστες εφαρμογές της.

Δεν είναι πολύ πιθανό η πρώτη προσπάθεια ανάπτυξης μιας εφαρμογής Ε.Π. να έχει ως αποτέλεσμα την τέλεια απόδοση για την επίτευξη των σκοπών που έχουν τεθεί. Υπό το πρίσμα αυτής της πραγματικότητας, είναι σημαντικό να αξιολογούμε προσεκτικά ποιες πτυχές μιας εφαρμογής λειτουργούν και ποιες όχι, αλλά και το γιατί συμβαίνει αυτό, όπως επίσης με πιο τρόπο μπορούμε να διορθώσουμε ή να βελτιώσουμε εκείνες τις πτυχές που είναι λιγότερο αποτελεσματικές (Craig, 2013).

3.4.1 Ερωτήσεις αξιολόγησης

Υπάρχουν τρία (3) βασικά ερωτήματα που προκύπτουν κατά την αξιολόγηση μιας εφαρμογής Ε.Π. (Craig, 2013):

- 1) Πληροί η εφαρμογή τους στόχους που οδήγησαν στη δημιουργία της;
- 2) Χρησιμοποιείται η εφαρμογή από το κοινό στο οποίο στοχεύει και εάν ναι χρησιμοποιείται αποτελεσματικά;
- 3) Είναι η Ε.Π. το κατάλληλο μέσο για την ανάπτυξη και υλοποίηση της εφαρμογής;

Με μία πρώτη ματιά θα φαινόταν ότι η απάντηση σε μία μόνο από τις ερωτήσεις θα ήταν επαρκής, αλλά στην πραγματικότητα κάθε ερώτηση μπορεί να βοηθήσει στην απάντηση των υπολοίπων, π.χ. το δεύτερο ερώτημα μπορεί μερικές φορές να βοηθήσει να εκμαιεύσουμε πρόσθετα κριτήρια που θα έπρεπε να συμπεριληφθούν στις αρχικές προδιαγραφές σχεδιασμού.

Ο καλύτερος τρόπος για να αξιολογήσουμε τις εφαρμογές Ε.Π. είναι να ακολουθήσουμε τη μεθοδολογία που χρησιμοποιείται για τις μελέτες χρηστών (user studies) και τις δοκιμές ευχρηστίας (usability testing). Ωστόσο, για την αξιολόγηση των εφαρμογών Ε.Π., μπορούν να χρησιμοποιηθούν και πολλές άλλες, λιγότερο τυποποιημένες, μέθοδοι. Η βασική ιδέα είναι να διαπιστωθεί εάν η εφαρμογή πληροί τους στόχους που επρόκειτο να εκπληρώσει, ανεξάρτητα από το αν οι στόχοι αυτοί διατυπώθηκαν ρητά με οποιοδήποτε επίσημο τρόπο.

Ορισμένα από τα πράγματα που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι τα εξής (Craig, 2013):

- Είναι ευχάριστη – διασκεδαστική και αποτελεσματική η εφαρμογή;
- Είναι επαρκής ο χρόνος απόκρισης, δηλαδή, λειτουργεί η εφαρμογή με κατάλληλο τρόπο, σε πραγματικό χρόνο;
- Είναι η εφαρμογή απολύτως κατανοητή και περιλαμβάνει τις επαρκείς οδηγίες χρήσης;

- Λειτουργεί η εφαρμογή σωστά στο περιβάλλον, για το οποίο είχε σχεδιαστεί να λειτουργήσει;
- Παρέχει η εφαρμογή κάτι πραγματικά ουσιώδες, πέρα από το να αποτελεί μία ακόμη τεχνολογική καινοτομία;
- Είναι η εφαρμογή ανθεκτική στα προβλήματα ή εμφανίζει συχνά σφάλματα κατά τη διάρκεια της φυσιολογικής χρήσης;
- Είναι η εφαρμογή επεκτάσιμη;
- Συμπεριλαμβάνει η εφαρμογή τυχόν ακούσιες πολιτισμικές προκαταλήψεις;
- Υπάρχει μηχανισμός με τον οποίο οι ενδιαφερόμενοι χρήστες μπορούν να παρέχουν ανατροφοδότηση στους προγραμματιστές;

Ο μόνος τρόπος να αξιολογηθεί πραγματικά οποιαδήποτε εφαρμογή Ε.Π. είναι να χρησιμοποιηθεί από τους χρήστες στους οποίους στοχεύει, να εφαρμοστεί στο περιβάλλον για το οποίο προορίζεται, να διαθέτει το κατάλληλο υλικό και να πραγματοποιεί τις λειτουργίες, τις οποίες στοχεύει να υποστηρίξει. Ορισμένες φορές, μόνο μετά την απάντηση σε όλες αυτές τις ερωτήσεις και την εκτεταμένη χρήση της εφαρμογής, καθίσταται εμφανές αν η Ε.Π. ήταν το ιδανικό μέσο για την υλοποίηση της συγκεκριμένης εφαρμογής.

Κεφάλαιο 4: Πλατφόρμες ανάπτυξης λογισμικού – Σύγκριση

4.1 Πλατφόρμες ανάπτυξης λογισμικού - Software Development Kit (SDK)

Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας, η ανάπτυξη του πεδίου μελέτης της Ε.Π. και η αύξηση του πλήθους των εφαρμογών και των συστημάτων της, οδήγησαν στην δημιουργία πολλών διαφορετικών πλατφόρμων ανάπτυξης λογισμικού Ε.Π. (Software Development Kit - SDK), οι δυνατότητες των οποίων καθορίζουν τα πιθανά χαρακτηριστικά των εφαρμογών. Οι πλατφόρμες αυτές προσφέρουν βιβλιοθήκες με λειτουργίες δημιουργίας και τροποποίησης εφαρμογών, επιλύοντας το δύσκολο έργο της ενοποίησης του πραγματικού κόσμου με το ψηφιακό περιεχόμενο. Παρέχονται, επίσης, στους προγραμματιστές χρήσιμα εργαλεία και λειτουργίες, που απαιτούνται για την διεκπεραίωση των διαδικασιών της αναγνώρισης, του εντοπισμού και της δημιουργίας και ανάπτυξης περιεχομένου των εφαρμογών Ε.Π., με τον πλέον αποτελεσματικό τρόπο.

Η υπόσταση της Ε.Π. καταλήγει στις ακόλουθες τρεις (3) θεμελιώδεις ερωτήσεις: πού, τι και πώς να απεικονισθεί. Το “πού” περιλαμβάνει την αντιστοίχιση και παρακολούθηση δισδιάστατων και τρισδιάστατων εικόνων και αντικειμένων, την ανίχνευση με χρήση της τεχνολογίας SLAM και τον εντοπισμό και παρακολούθηση της θέσης χρησιμοποιώντας έναν συνδυασμό από GPS, επιταχυνσιόμετρα, πυξίδες και γυροσκόπια. Από την άλλη πλευρά, το “τι” αναφέρεται σε οποιαδήποτε ψηφιακή πληροφορία (π.χ. κείμενο, εικόνα, βίντεο), με την οποία οι χρήστες μπορούν να αλληλεπιδράσουν. Το “πώς” είναι πολύ σημαντικό, επειδή περιλαμβάνει την ουσιαστική υλοποίηση της εφαρμογής Ε.Π. και οι πλατφόρμες ανάπτυξης λογισμικού Ε.Π. (SDK) διεκπεραιώνουν αυτή ακριβώς τη διαδικασία.

4.2 Κριτήρια επιλογής κατάλληλης πλατφόρμας ανάπτυξης λογισμικού

Προκειμένου να επιλεγεί η κατάλληλη πλατφόρμα ανάπτυξης λογισμικού Ε.Π. (SDK), από τις πολλές διαθέσιμες που υπάρχουν, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα εξής σημαντικά κριτήρια:

- **Είδος άδειας (Type of license)**

Ως συνήθως, είναι διαθέσιμες δωρεάν και εμπορικές άδειες, αλλά επειδή η δωρεάν λειτουργικότητα είναι συνήθως περιορισμένη, για τη ανάπτυξη μίας πλούσιας σε λειτουργίες εφαρμογής Ε.Π., απαιτείται η απόκτηση εμπορικής άδειας. Υπάρχει, επίσης, ανοικτό (open source) λογισμικό, στο οποίο οι προγραμματιστές μπορούν να συνεισφέρουν και να προσθέσουν περισσότερες λειτουργίες.

- **Υποστηριζόμενες πλατφόρμες (Supported platforms)**

Προκειμένου να επιλεγεί μία πλατφόρμα ανάπτυξης λογισμικού Ε.Π., θα πρέπει πρώτα να ελεγχθεί ποιες πλατφόρμες αυτή υποστηρίζει. Ενώ, σχεδόν όλες οι πλατφόρμες υποστηρίζουν τόσο το Android όσο και το iOS που είναι και τα δύο πιο διαδεδομένα λειτουργικά συστήματα κινητής τηλεφωνίας, ορισμένες υποστηρίζουν επιπλέον και Universal Windows Platform (UWP) που συμβάλουν στη δημιουργία εφαρμογών Ε.Π. για κινητές συσκευές και υπολογιστές με Windows λειτουργικό.

- **Υποστήριξη έξυπνων γυαλιών (Smart glasses support)**

Οι περισσότερες εφαρμογές Ε.Π. σήμερα, λειτουργούν μέσω κινητών συσκευών, γεγονός που σημαίνει ότι οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να βλέπουν εικονικά αντικείμενα στις οθόνες τους. Ωστόσο ένας διαφορετικός τρόπος εφαρμογής της Ε.Π., ο οποίος γίνεται ολοένα και πιο δημοφιλής, είναι τα έξυπνα γυαλιά (smart glasses), τα οποία, μεταξύ των άλλων λειτουργιών, καθιστούν δυνατή την hands-free εμπειρία Ε.Π.

- **Υποστήριξη Unity Editor (Unity Editor support)**

Μία από τις πιο εξελιγμένες πλατφόρμες που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία και ανάπτυξη τεχνολογικών εφαρμογών και παιχνιδιών στο κόσμο είναι η Unity Editor, η οποία είναι, επίσης, κατάλληλη και αποτελεσματική για τις εφαρμογές Ε.Π., χάρη στην δυνατότητα που δίνει στους χρήστες να δημιουργήσουν ρεαλιστικά γραφικά.

- **Αναγνώριση νέφους (Cloud recognition)**

Για την δημιουργία μίας εφαρμογής Ε.Π., η οποία θα είναι ικανή να αναγνωρίζει πολλούς διαφορετικούς δείκτες, είναι απαραίτητο να ελεγχθεί εάν η πλατφόρμα που θα χρησιμοποιηθεί υποστηρίζει την αναγνώριση νέφους (cloud). Με την λειτουργία αυτή οι δείκτες αποθηκεύονται στο νέφος, με αποτέλεσμα η εφαρμογή να δεσμεύει λιγότερο χώρο και να υποστηρίζει την αναγνώριση, αποθήκευση και χρήση περισσότερων δεικτών.

- **Αναγνώριση επί (τοπικής) συσκευής (On-device (local) recognition)**

Για τη δημιουργία και ανάπτυξη μικρών και απλών εφαρμογών Ε.Π., θα πρέπει να εξετάζεται η χρήση μίας πλατφόρμας ανάπτυξης λογισμικού, που θα υποστηρίζει την αναγνώριση δεικτών επί (τοπικής) συσκευής, στην οποία θα εφαρμόζεται. Σε αυτήν την περίπτωση, οι δείκτες αποθηκεύονται στην (τοπική) συσκευή του χρήστη, οπότε δεν είναι αναγκαία η σύνδεση του στο διαδίκτυο, προκειμένου να χρησιμοποιήσει την εφαρμογή.

- **Ανίχνευση-εντοπισμός 3D (3D tracking)**

Οι πλατφόρμες ανάπτυξης λογισμικού Ε.Π., υποστηρίζουν τον εντοπισμό και την αναγνώριση τρισδιάστατων εικόνων, όπως κυλίνδρους, κιβώτια και πολλά άλλα, επεκτείνοντας κατά πολύ τις δυνατότητες και τις λειτουργίες των εφαρμογών Ε.Π.

- **Γεωγραφική θέση (Geolocation)**

Ο εντοπισμός και ο προσδιορισμός της γεωγραφική θέσης πρέπει να υποστηρίζεται από τις πλατφόρμες ανάπτυξης λογισμικού, καθώς αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την δημιουργία και ανάπτυξη εφαρμογών Ε.Π., οι οποίες βασίζονται σε τοποθεσίες, όπως π.χ. η προσθήκη εικονικών σημείων ενδιαφέροντος (Points of Interest - POI).

- **SLAM (Simultaneous Localization and Mapping)**

Η τεχνολογία SLAM αντιπροσωπεύει τον ταυτόχρονο εντοπισμό και χαρτογράφηση, επιτρέπει, δηλαδή, στις εφαρμογές να χαρτογραφούν ένα

περιβάλλον και να παρακολουθούν τις δικές τους κινήσεις σε αυτό. Ένα από τα χαρακτηρίστηκα που φανερώνει τις τεράστιες δυνατότητες της είναι το γεγονός ότι, σε αντίθεση με το GPS, το οποίο δεν είναι λειτουργικό σε εσωτερικούς χώρους, η τεχνολογία SLAM όχι μόνο είναι λειτουργική, αλλά έχει την δυνατότητα να δημιουργήσει χάρτες εσωτερικής πλοήγησης.

4.3 Ανάλυση πλατφόρμων ανάπτυξης λογισμικού

4.3.1 Vuforia

Η Vuforia είναι μια από τις πιο δημοφιλείς πλατφόρμες που βοηθούν στην ανάπτυξη εφαρμογών Ε.Π., η οποία έχει την δυνατότητα να αναγνωρίζει δισδιάστατες εικόνες, διαφορετικούς τύπους οπτικών αντικειμένων (όπως π.χ. κουτί, κύλινδρο, αεροπλάνο), κείμενα, περιβάλλον και τους ειδικούς δείκτες VuMark (συνδυασμός εικόνας και QR κώδικα). Η διαδικασία αναγνώρισης μπορεί να εφαρμοστεί χρησιμοποιώντας τη βάση δεδομένων, η οποία είναι αποθηκευμένη είτε τοπικά είτε στο νέφος (cloud). Επιπλέον, χρησιμοποιώντας το Vuforia Object Scanner, μπορούμε να σαρώσουμε και να δημιουργήσουμε ρεαλιστικούς στόχους. Το plugin στο Unity είναι απλό να ενσωματωθεί και πολύ ισχυρό. Όλες οι λειτουργίες της πλατφόρμας είναι ελεύθερες για χρήση, αλλά περιλαμβάνουν το λογότυπο (Watermark) της Vuforia. Ωστόσο υπάρχουν και εμπορικές άδειες, οι οποίες δεν περιλαμβάνουν το λογότυπο και αυξάνουν το πλήθος των διαθέσιμων VuMark εικόνων στόχου.

Χαρακτηριστικά – Λειτουργίες της πλατφόρμας Vuforia:

- Αναγνώριση δισδιάστατων αντικειμένων (2D object recognition).
- Αναγνώριση τρισδιάστατων αντικειμένων (3D object recognition).
- Αναγνώριση νέφους (Cloud Recognition).
- Παροχή άριστης υπολογιστικής όρασης και εξασφάλιση αποτελεσματικών και αξιόπιστων επιδόσεων σε διάφορα περιβάλλοντα.
- Δυνατότητα αναγνώρισης και παρακολούθησης ενός ευρύτερου συνόλου καθημερινών εικόνων, αντικειμένων και περιβαλλόντων.

- Δυνατότητα χρήσης πληροφοριών που προκύπτουν από τον εντοπισμό και την αναγνώριση της γεωγραφικής θέσης – τοποθεσίας των αντικειμένων του πραγματικού κόσμου (Geo-Location).
- Παροχή ρεαλιστικών και φυσικών αλληλεπιδράσεων με εικονικά κουμπιά.
- Υποστήριξη οπτικών προβολικών συσκευών (π.χ. Microsoft HoloLens, Smart Glasses κ.ά.).
- Δυνατότητα χρήσης νέων τεχνικών ανίχνευσης και εντοπισμού, βασισμένων σε συστήματα CAD (Computer Aided Detection) για την αναγνώριση και παρακολούθηση των αντικειμένων του πραγματικού κόσμου.
- Υποστήριξη της πλατφόρμας ανάπτυξης Unity Editor.

Η Vuforia υποστηρίζει τις πλατφόρμες: Android, iOS και UWP.

Διαθέσιμες άδειες: δωρεάν και εμπορική

Ιστοσελίδα Πλατφόρμας: www.vuforia.com

4.3.2 Apple ARKit

Η Apple εισήγαγε την πλατφόρμα ανάπτυξης λογισμικού Ε.Π., ονόματι Apple ARKit, κατά τη διάρκεια της Παγκόσμιας Διάσκεψης Προγραμματιστών (WWDC - Worldwide Developers Conference) στις 5 Ιουνίου 2017, η δοκιμαστική έκδοση της οποίας είναι ήδη διαθέσιμη για το λειτουργικό iOS 11.

Χαρακτηριστικά – Λειτουργίες της πλατφόρμας Apple ARKit:

- Αναγνώριση δισδιάστατων αντικειμένων (2D object recognition).
- Αναγνώριση τρισδιάστατων αντικειμένων (3D object recognition).
- Αναγνώριση νέφους (Cloud Recognition).
- Υποστήριξη οπτικών προβολικών συσκευών (π.χ. Smart Glasses).
- Δυνατότητα χρήσης πληροφοριών που προκύπτουν από τον εντοπισμό και την αναγνώριση της γεωγραφικής θέσης – τοποθεσίας των αντικειμένων του πραγματικού κόσμου (Geo-Location).

- Ακριβής παρακολούθηση του περιβάλλοντος συνδυάζοντας τις οπτικές πληροφορίες που προέρχονται από την κάμερα, με προηγμένες μεθόδους ανάλυσης της υπολογιστικής – μηχανικής όρασης.
- Σύγχρονοι μέθοδοι ανίχνευσης και εντοπισμού, οι οποίοι επιτρέπουν στις Apple συσκευές (π.χ. iPhones, iPads κ.ά.) την ακριβή ανίχνευση του περιβάλλοντος και των οριζόντιων επιπέδων (π.χ. δάπεδα, τραπέζια κ.ά.).
- Αυτόματη εκτίμηση και ανάλυση της ποσότητας του φωτός στον πραγματικό κόσμο και άμεση ρύθμιση των παραμέτρων φωτισμού των εικονικών αντικειμένων.
- Υποστήριξη των πλατφόρμων ανάπτυξης Unity Editor και Unreal Engine.
- Δυνατότητα να λειτουργεί αποκλειστικά και μόνο με επεξεργαστές Apple A9 και A10, δηλαδή η λειτουργία της Ε.Π. θα είναι διαθέσιμη μόνο για Apple συσκευές που έχουν κατασκευαστεί μετά το 2015.

Το Apple ARKit υποστηρίζει τις πλατφόρμες: Xcode 9 και iOS 11.

Διαθέσιμες άδειες: δωρεάν

Ιστοσελίδα Πλατφόρμας: <https://developer.apple.com/arkit/>

4.3.3 EasyAR

Το EasyAR δημιουργήθηκε από την VisionStar Information Technology (Shanghai) και αποτελεί μια δωρεάν και εύχρηστη λύση για την ανάπτυξη εφαρμογών Ε.Π. Οι βιβλιοθήκες που προσφέρει είναι εντελώς δωρεάν και εύκολο να ενσωματωθούν, ενώ επιπλέον περιλαμβάνει κατανοητά εγχειρίδια τεκμηρίωσης και παραδειγμάτων.

Η πιο πρόσφατη έκδοση του EasyAR (1.3.1) υποστηρίζει μόνο την αναγνώριση εικόνων και δισδιάστατων αντικειμένων, ωστόσο η έκδοση 2.0 θα περιλαμβάνει, επιπλέον, τα ακόλουθα χαρακτηριστικά και λειτουργίες:

- Αναγνώριση τρισδιάστατων αντικειμένων (3D Object Recognition).
- Περιβαλλοντική αντίληψη (Environment perception).
- Αναγνώριση νέφους (Cloud Recognition).
- Υποστήριξη οπτικών προβολικών συσκευών (π.χ. Smart Glasses).

- Αποθήκευση πακέτων εφαρμογών στο νέφος (App Cloud Packaging).
- Υποστήριξη της πλατφόρμας ανάπτυξης Unity Editor.

Το EasyAR υποστηρίζει τις πλατφόρμες: Android, iOS και UWP.

Διαθέσιμες άδειες: δωρεάν

Ιστοσελίδα Πλατφόρμας: www.easyar.com

4.3.4 Wikitude

Πρόσφατα κυκλοφόρησε η πλατφόρμα Wikitude SDK 6 που είναι η τελευταία έκδοση μίας ισχυρής λύσης SLAM για εφαρμογές Ε.Π. Το Wikitude SDK 6 είναι μία πολλαπλών λειτουργιών πλατφόρμα, η οποία συνδυάζει τον ταυτόχρονο εντοπισμό και χαρτογράφηση (SLAM), τον εντοπισμό και την παρακολούθηση δισδιάστατων και τρισδιάστατων εικόνων, καθώς και τον προσδιορισμό της γεωγραφικής θέσης (Geo-Location) για εφαρμογές Ε.Π. Προσφέρεται μέσω εμπορικής άδειας, αλλά είναι, επίσης, διαθέσιμη ως δοκιμαστική έκδοση, αλλά με κάποιους περιορισμούς, όπως π.χ. την εμφάνιση του λογότυπου. Το Unity plugin παρέχει εργαλεία για τη δημιουργία βάσης δεδομένων εικόνων και τρισδιάστατων αντικειμένων, δεν λειτουργεί, όμως σε συνδυασμό με το Unity Editor, γεγονός που περιπλέκει τη διαδικασία ανάπτυξης εφαρμογών Ε.Π. Εντούτοις, το Wikitude παρέχει το Wikitude Studio, το οποίο διευκολύνει τη διαδικασία ανάπτυξης εφαρμογών, καθώς δεν απαιτούνται δεξιότητες προγραμματισμού και η εφαρμογή μπορεί να δημιουργηθεί με απλό σύρσιμο αντικειμένων στην οθόνη της πλατφόρμας.

Χαρακτηριστικά – Λειτουργίες της πλατφόρμας Wikitude:

- Αναγνώριση και παρακολούθηση εικόνων (Image recognition & tracking).
- Αναγνώριση δισδιάστατων αντικειμένων (2D object recognition).
- Εντοπισμός και παρακολούθηση τρισδιάστατων αντικειμένων, με βάση την τεχνολογία SLAM (SLAM-based 3D tracking technology).
- Δυνατότητα χρήσης πληροφοριών που προκύπτουν από τον εντοπισμό και την αναγνώριση της γεωγραφικής θέσης – τοποθεσίας των αντικειμένων του πραγματικού κόσμου (Geo-Location).

- Αναγνώριση νέφους (Cloud Recognition).
- Βελτιωμένες λειτουργίες εκτεταμένου εντοπισμού.
- Προηγμένες επιλογές και ρυθμίσεις κάμερας (Advanced camera options).
- Προηγμένες επιλογές προσδιορισμού θέσης (Advanced positioning options).
- Υποστήριξη οπτικών προβολικών συσκευών (π.χ. Smart Glasses).
- Υποστήριξη της πλατφόρμας ανάπτυξης Unity Editor.

Το Wikitude υποστηρίζει τις πλατφόρμες: Android και iOS.

Διαθέσιμες άδειες: δωρεάν και εμπορική

Ιστοσελίδα Πλατφόρμας: www.wikitude.com

4.3.5 ARToolKit

Το ARtoolKit είναι μια βιβλιοθήκη εντοπισμού πηγαίου ανοιχτού κώδικα για την Ε.Π., ο οποίος μαζί με το plug-in ARToolKit για το Unity Editor, φιλοξενείται στο Github. Η εταιρία DAQRI εξαγόρασε, το 2015, το ARToolworks και παράλληλα την πλατφόρμα ARToolkit, η οποία επανεκδόθηκε αμέσως ως έργο ανοιχτού κώδικα και απελευθέρωσε όλες τις δυνατότητες και λειτουργίες που ήταν διαθέσιμες μόνο στην εμπορική έκδοση.

Το ARToolkit παρέχει υποστήριξη για τρεις γενικές κατηγορίες εντοπισμού:

- **Εντοπισμός φυσικών χαρακτηριστικών (Natural Feature Tracking – NFT)**

Το NFT αποτελεί ένα από τα αποτελεσματικότερα πρότυπα για τον εντοπισμό χαρακτηριστικών, υποστηρίζει δισδιάστατες εικόνες ελεύθερης μορφής, οι οποίες μπορεί να μην έχουν σαφώς καθορισμένη και σταθερή εξωτερική ακμή.

- **Παραδοσιακό πρότυπο τετράγωνου δείκτη.**

Οι δείκτες αυτοί είναι γενικά ένα αρκετά απλό εικονίδιο με ένα υποχρεωτικό στερεό μαύρο περίγραμμα γύρω από την περιφέρεια. Αυτά είναι καλύτερα να θεωρηθούν ως "σχεδιασμένοι" δείκτες αντί για εικόνες που μπορεί ήδη να υπάρχουν οργανικά.

- **Δισδιάστατοι δείκτες (2D Barcodes)**

Αυτοί οι δείκτες είναι προκαθορισμένοι (στην ίδια την πλατφόρμα) και είναι συνήθως σχεδιασμένοι για γρήγορη ανίχνευση και σταθερή παρακολούθηση σε συνθήκες μεταβλητού φωτισμού.

Χαρακτηριστικά – Λειτουργίες της πλατφόρμας ARtoolKit:

- Αναγνώριση δισδιάστατων αντικειμένων (2D object recognition).
- Ενισχυμένη υποστήριξη βαθμονόμησης καμερών (Strong camera calibration support).
- Υποστήριξη οπτικών προβολικών συσκευών (π.χ. Smart Glasses).
- Δυνατότητα χρήσης πληροφοριών που προκύπτουν από τον εντοπισμό και την αναγνώριση της γεωγραφικής θέσης – τοποθεσίας των αντικειμένων του πραγματικού κόσμου (Geo-Location).
- Αποτελεσματική λειτουργία εντοπισμού φυσικών χαρακτηριστικών (Natural Feature Tracking-NFT).
- Ταυτόχρονη λειτουργία εντοπισμού της θέσης και του προσανατολισμού και υποστήριξη στερεοφωνικών καμερών (Simultaneous tracking and stereo camera support).
- Υποστήριξη των πλατφόρμων ανάπτυξης Unity Editor και OpenSceneGraph.

Το ARtoolKit υποστηρίζει τις πλατφόρμες: Android, iOS και UWP.

Διαθέσιμες άδειες: δωρεάν

Ιστοσελίδα Πλατφόρμας: www.artoolkit.org

4.3.6 NyARToolkit

Το NyARToolkit είναι μία βιβλιοθήκη Ε.Π., η οποία βασίζεται στο ARToolKit και προς το παρόν χρησιμοποιείται μόνο για την αναγνώριση και την παρακολούθηση εικόνων. Πρόκειται για μια απλοποιημένη έκδοση του ARToolKit και χρησιμοποιεί το ίδιο εργαλείο ιστού για τη δημιουργία της βάσης δεδομένων όπως και το ARToolKit. Η βιβλιοθήκη είναι απλή στην ενσωμάτωση και χρήση, αλλά η αγγλική έκδοση δεν είναι διαθέσιμη.

Το NyARToolkit υποστηρίζει τις πλατφόρμες: Android και iOS.

Διαθέσιμες άδειες: δωρεάν

Ιστοσελίδα Πλατφόρμας: <http://nyatla.jp/nyartoolkit/wp/>

4.3.7 Kudan

Η πλατφόρμα Kudan άνοιξε έναν νέο κόσμο, επιτρέποντας τη "δικτύωση έξυπνης όρασης", συνδυάζοντας το Internet of Things - IoT (μάτι του υπολογιστή) και το Artificial Intelligence - AI (εγκέφαλος του υπολογιστή). Υποστηρίζει την τεχνολογία παρακολούθησης ταυτόχρονου οπτικού εντοπισμού και χαρτογράφησης (SLAM) για εφαρμογές Ε.Π., εικονικής πραγματικότητας, ρομποτικής και τεχνητής νοημοσύνης και τον εντοπισμό με ή χωρίς την χρήση καθοδηγητικών δεικτών, κάνοντας έτσι την ανάπτυξη εφαρμογών Ε.Π. πολύ πιο εύκολη. Χρησιμοποιώντας την τεχνολογία SLAM, η Kudan επιτρέπει την αναγνώριση απλών εικόνων και τρισδιάστατων αντικειμένων και παρέχει εύκολη δημιουργία βάσης δεδομένων στο Unity Editor. Αν και η ενσωμάτωση της πλατφόρμας είναι απλή, εντούτοις, τα προβλήματα με τον επεξεργαστή Unity Editor, όπως το Crash Editor που μερικές φορές είναι και ο κύριος λόγος δυσλειτουργίας των εφαρμογών στις συσκευές, περιπλέκουν τη διαδικασία ανάπτυξης. Η δωρεάν έκδοση διαφέρει από την εμπορική μόνο από την εμφάνιση του λογότυπου.

Χαρακτηριστικά – Λειτουργίες της πλατφόρμας Kudan:

- Αναγνώριση δισδιάστατων αντικειμένων (2D object recognition).
- Αναγνώριση τρισδιάστατων αντικειμένων (3D object recognition).
- Υποστήριξη οπτικών προβολικών συσκευών (π.χ. Smart Glasses).
- Δυνατότητα χρήσης πληροφοριών που προκύπτουν από τον εντοπισμό και την αναγνώριση της γεωγραφικής θέσης – τοποθεσίας των αντικειμένων του πραγματικού κόσμου (Geo-Location).
- Υποστήριξη τεχνολογίας SLAM για τον εντοπισμό και την παρακολούθηση αντικειμένων (SLAM-based tracking technology).

- Δυνατότητα ευέλικτης λειτουργίας σε προηγμένα συστήματα που βασίζονται στο διαδίκτυο των πραγμάτων (Internet of Things – IoT), στη τεχνητή νοημοσύνη (Artificial Intelligence – AI) και στη ρομποτική.
- Υποστήριξη της πλατφόρμας ανάπτυξης Unity Editor.

Το Kudan υποστηρίζει τις πλατφόρμες: Android και iOS.

Διαθέσιμες άδειες: δωρεάν και εμπορική

Ιστοσελίδα Πλατφόρμας: www.kudan.eu

4.3.8 Maxst

Το Maxst προσφέρει δύο διαφορετικά εργαλεία για τον εντοπισμό εικόνων και του περιβάλλοντος. Η δημιουργία μιας βάσης δεδομένων γίνεται διαδικτυακά μέσω του Διαχειριστή Εντοπισμού (Tracking Manager) και για τον εντοπισμό τρισδιάστατων αντικειμένων στις εφαρμογές Android και iOS, χρησιμοποιείται το MAXST AR Trainer. Παρόλο που το Maxst στο Unity Editor λειτουργεί μόνο με την έκδοση 32 bit, η χρήση και η ενσωμάτωσή της βιβλιοθήκης είναι πολύ εύκολη και ο επίσημος ιστότοπος παρέχει πλήρη και κατανοητή τεκμηρίωση. Η δωρεάν έκδοση διαφέρει από την εμπορική μόνο από την εμφάνιση του λογότυπου.

Ο αλγόριθμος ταυτόχρονου εντοπισμού και χαρτογράφησης (SLAM), βασισμένος σε μια φωτογραφική μηχανή RGB καθιστά δυνατή την αναγνώριση και την παρακολούθησή ενός τρισδιάστατου χώρου. Η πλατφόρμα Maxst AR επικεντρώνεται κυρίως στη παρακολούθηση Φυσικών Χαρακτηριστικών (Natural Feature Tracking-NFT).

Χαρακτηριστικά – Λειτουργίες της πλατφόρμας Maxst:

- Αναγνώριση δισδιάστατων αντικειμένων (2D object recognition).
- Αναγνώριση τρισδιάστατων αντικειμένων (3D object recognition).
- Υποστήριξη οπτικών προβολικών συσκευών (π.χ. Smart Glasses).
- Αποθήκευση πακέτων εφαρμογών στο νέφος (App Cloud Packaging).
- Υποστήριξη της πλατφόρμας ανάπτυξης Unity Editor.

Το Maxst υποστηρίζει τις πλατφόρμες: Android, iOS και UWP.

Διαθέσιμες άδειες: δωρεάν και εμπορική

Ιστοσελίδα Πλατφόρμας: www.maxst.com

4.3.9 Xzimg

Η πλατφόρμα Xzimg επιτρέπει την αναγνώριση και εξαγωγή πληροφοριών από εικόνες, βίντεο και ασπρόμαυρους δείκτες, ενώ στο Unity Editor η δημιουργία της βάσης δεδομένων είναι τοπική. Η δωρεάν έκδοση είναι διαθέσιμη μόνο για δοκιμαστικές εφαρμογές και παρέχει, όπως και η εμπορική, τρία (3) προϊόντα για την ανάπτυξη εφαρμογών Ε.Π.:

- Το Xzimg Augmented Face, που αναγνωρίζει και παρακολουθεί πρόσωπα με χρήση του Unity Editor.
- Το Xzimg Augmented Vision, που αναγνωρίζει και παρακολουθεί επίπεδες εικόνες με χρήση του Unity Editor.
- Το Xzimg Magic Face, που χρησιμοποιείται σε εφαρμογές αντικατάστασης και τροποποίησης προσώπων.

Το Xzimg υποστηρίζει τις πλατφόρμες: Android, iOS και UWP.

Διαθέσιμες άδειες: δωρεάν και εμπορική

Ιστοσελίδα Πλατφόρμας: www.xzimg.com

4.3.10 ARmedia

Η ARmedia είναι μία πλατφόρμα ανάπτυξης εφαρμογών Ε.Π, διαθέσιμη τόσο σε δωρεάν όσο και σε εμπορικές εκδόσεις. Η πλατφόρμα παρέχει λειτουργίες αναγνώρισης, παρακολούθησης και απεικόνισης που βασίζονται σε ποικίλες μεθόδους, όπως 3D Object, Planar, Location και Motion Tracking. Χάρη σε μια μοναδική προσέγγιση παρακολούθησης τρισδιάστατων μοντέλων, οι εφαρμογές που βασίζονται στην πλατφόρμα ARmedia δεν είναι μόνο ικανές να αναγνωρίζουν επίπεδες εικόνες και τοποθεσίες, αλλά και σύνθετα τρισδιάστατα αντικείμενα, ανεξάρτητα από το μέγεθος και τη γεωμετρία τους.

Το ARmedia υποστηρίζει τις πλατφόρμες: Android, iOS και UWP.

Διαθέσιμες άδειες: δωρεάν και εμπορική

Ιστοσελίδα Πλατφόρμας: www.inglobetechnologies.com

4.3.11 Catchoom

Το Catchoom είναι ένας βραβευμένος πάροχος αναγνώρισης εικόνων και αντικειμένων, που χρησιμοποιείται στην πλατφόρμα Ε.Π. CraftAR. Διαθέτει εργαλεία δημιουργίας Ε.Π. (Creator Tool), πλατφόρμα ανάπτυξης Ε.Π. (SDK) και ένα σύστημα αναγνώρισης εικόνας που βασίζεται στο νέφος (cloud). Το API (Application Programming Interface) αναγνώρισης εικόνων του Catchoom υποστηρίζει ένα ακόμη ευρύτερο φάσμα εφαρμογών με Javascript, Python, PHP και ένα προσάρτημα Cordova εκτός από τα εγγενή κινητά SDK.

Χαρακτηριστικά – Λειτουργίες της πλατφόρμας Catchoom:

- Αναγνώριση δισδιάστατων αντικειμένων (2D object recognition).
- Αναγνώριση τρισδιάστατων αντικειμένων (3D object recognition).
- Δυνατότητα χρήσης πληροφοριών που προκύπτουν από τον εντοπισμό και την αναγνώριση της γεωγραφικής θέσης – τοποθεσίας των αντικειμένων του πραγματικού κόσμου (Geo-Location).
- Υποστήριξη Javascript βιβλιοθήκης και των λειτουργιών της.
- Δυνατότητα εντοπισμό Planar αντικειμένων (Planar object tracking).
- Αποτελεσματικός συνδυασμός λειτουργίας με τα υπάρχοντα συστήματα διαχείρισης περιεχομένου (Content Management Systems - CMS).
- Παράλληλη αναγνώριση αντικειμένων μέσω νέφους και επί συσκευής.
- Υποστήριξη των πλατφόρμων ανάπτυξης Unity Editor και Cordova.

Το Catchoom υποστηρίζει τις πλατφόρμες: Android και iOS.

Διαθέσιμες άδειες: δωρεάν και εμπορική

Ιστοσελίδα Πλατφόρμας: www.catchoom.com

4.3.12 Robocortex - Rox AR SDK

Η Robocortex είναι μια γαλλική εταιρεία τεχνολογίας που ειδικεύεται στο λογισμικό και τα εργαλεία της Ε.Π. και παρέχει υπηρεσίες σε βιομηχανικούς πελάτες σε κλίμακα βιομηχανικού μεγέθους. Η πλατφόρμα ανάπτυξης Ε.Π. Rox επικεντρώνεται σε φυσικά χαρακτηριστικά και τον εντοπισμό πλήρους αντικειμένου, συνδυάζοντας τη σύντηξη αισθητήρων από τη συσκευή IMU (Inertial Measurement Units) για να βελτιώσει την απόδοση παρακολούθησης, παρέχοντας δυνατότητες παρόμοιες με αυτές της SLAM τεχνολογίας.

Η λύση της Robocortex είναι αρκετά διαφορετική από τις υπόλοιπες που έχουν αναφερθεί, καθώς ενώ η προσέγγιση στις περισσότερες πλατφόρμες ανάπτυξης Ε.Π. εξαρτάται από την ανίχνευση αραιών χαρακτηριστικών (η διάσπαση ενός δυνητικά πολύπλοκου στόχου σε ένα πολύ μικρότερο αριθμό αναγνωρίσιμων χαρακτηριστικών), αντίθετα η πλατφόρμα Rox χρησιμοποιεί μια προσέγγιση που ονομάζεται "Αποτελεσματική μέθοδος προσέγγισης δεύτερης τάξης" ή ESM (Efficient Second order Approximation Method), η οποία επιτρέπει την ανάλυση άμεσων μεθόδων και πυκνών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

Χαρακτηριστικά – Λειτουργίες της πλατφόρμας Robocortex:

- Αναγνώριση διδιάστατων αντικειμένων (2D object recognition).
- Αναγνώριση τρισδιάστατων αντικειμένων (3D object recognition).
- Δυνατότητα αναγνώρισης αντικειμένων με τη χρήση αναφορικών εικόνων.
- Συνδυαστική λειτουργία αισθητήρων όρασης και αδρανείας.
- Δυνατότητα προσδιορισμού της θέσης και του προσανατολισμού των αντικειμένων της εικόνας, σε πραγματικό χρόνο.
- Υποστήριξη της πλατφόρμας ανάπτυξης Unity Editor.

Το Robocortex υποστηρίζει τις πλατφόρμες: Android, iOS και UWP.

Διαθέσιμες άδειες: δωρεάν και εμπορική

Ιστοσελίδα Πλατφόρμας: www.robocortex.com

4.4 Σύγκριση πλατφόρμων ανάπτυξης λογισμικού

Η σύγκριση των χαρακτηριστικών των πλατφόρμων ανάπτυξης λογισμικού σύμφωνα με τα προαναφερόμενα κριτήρια απεικονίζεται στον Πίνακα 1.5.

Πίνακας 1.5: Σύγκριση χαρακτηριστικών των πλατφόρμων ανάπτυξης λογισμικού Ε.Π.

SDK	License	Android	iOS	UWP	Unity Editor	Smart Glasses	2D Recognition	3D Recognition	On-device Recognition	Cloud Recognition	Geo-Location	SLAM
Vuforia	Free, Commercial	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Apple ARkit	Free		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
EasyAR 1.3.1	Free	✓	✓	✓	✓		✓		✓			
Wikitude	Free, Commercial	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ARToolkit	Free	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓	
NyARToolkit	Free	✓	✓		✓		✓		✓			
Kudan	Free, Commercial	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
Maxst	Free, Commercial	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓
Xzimg	Free, Commercial	✓	✓	✓	✓		✓		✓			
ARmedia	Free, Commercial	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Catchoom	Free, Commercial	✓	✓		✓		✓	✓	✓		✓	✓
Robocortex	Free, Commercial	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			✓

Κεφάλαιο 5: Κινητή Επαυξημένη Πραγματικότητα και εφαρμογές της

5.1 Κινητή Επαυξημένη Πραγματικότητα

Στις μέρες μας, οι άνθρωποι μετακινούνται συνεχώς μεταφέροντας μαζί τους κινητές τεχνολογικές συσκευές, γεγονός που ενισχύει την τάση για ανάπτυξη εφαρμογών κινητής Ε.Π., οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε οποιοδήποτε τόπο και χρόνο.

Επιπλέον, τα κινητά τηλέφωνα πλέον διαθέτουν αρκετή υπολογιστική ισχύ, βελτιωμένες δυνατότητες αποκωδικοποίησης βίντεο και απεικόνισης τρισδιάστατων γραφικών, καθώς επίσης έγχρωμες οθόνες και πανταχού παρούσα πρόσβαση στο διαδίκτυο. Παρέχουν, επίσης, τη δυνατότητα καταγραφής βίντεο, πλοήγησης στο διαδίκτυο, διαθέτουν παιχνίδια, γραφικά και εφαρμογές οι οποίες μέχρι πρόσφατα ήταν διαθέσιμες μόνο σε σταθερούς υπολογιστές. Πολλοί κατασκευαστές υπολογιστικών συσκευών τοποθετούν στα κινητά τηλέφωνα μονάδες επεξεργασίας γραφικών (GPU) παρέχοντας ταχύτητα στη δημιουργία, επεξεργασία και απεικόνιση γραφικών. Συνεπώς, τα κινητά τηλέφωνα έχουν εξελιχθεί σε ευέλικτα εργαλεία για την επικοινωνία, την κινητή υπολογιστική αλλά και για την εφαρμογή συστημάτων Ε.Π.

Με απλά λόγια, η κινητή Ε.Π. είναι η Ε.Π. που μπορεί ο χρήστης να μεταφέρει μαζί του ανά πάσα στιγμή και σε οποιαδήποτε τοποθεσία. Σύμφωνα με το ABI Research, η κινητή Ε.Π. έχει τη δυνατότητα να γίνει η διεπαφή του "μηδενικού κλικ", δηλαδή δεν χρειάζεται ο χρήστης να κάνει "κλικ" για να λάβει την πληροφορία που επιθυμεί, καθώς αυτό πραγματοποιείται, πλέον, μέσω της οπτικής αναγνώρισης της διεπαφής (Craig, 2013; Τσιρίδου, 2015).

5.2 Εφαρμογές Επαυξημένης Πραγματικότητας σε κινητές συσκευές

Αν και υπάρχουν άλλοι τρόποι επίτευξης της εφαρμογής της Ε.Π. θα πρέπει να επισημανθεί ότι η κινητή τεχνολογία έχει επιτύχει εξαιρετικά αποτελέσματα στις εφαρμογές Ε.Π. Με την ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας, οι κινητές συσκευές διαθέτουν πλέον αυξημένη επεξεργαστική ισχύ, μεγαλύτερη ταχύτητα ασύρματης

ανταλλαγής δεδομένων, υψηλότερης ανάλυσης κάμερες και χαμηλού κόστους αισθητήρες (π.χ. GPS, επιταχυνσιόμετρα κ.ά.). Λόγω του συνδυασμού των εσωτερικών και των εξωτερικών συσκευών, υπάρχει δυνατότητα καταγραφής και εντοπισμού της ταχύτητας και της τοποθεσίας του χρήστη, καθώς επίσης και της κατεύθυνσης της συσκευής.

Επιπροσθέτως, μέσω της κάμερας παρέχεται η δυνατότητα να δει κανείς τι περιβάλλει το χρήστη, καθώς επίσης και να γίνει ζωντανή σύλληψη του περιβάλλοντα χώρου, ο οποίος μπορεί να ενισχυθεί γραφικά πριν εμφανιστεί. Για τους λόγους που προαναφέρθηκαν θα μπορούσε να υποστηρίξει κανείς ότι τα έξυπνα τηλέφωνα αποτελούν ισχυρό μέσο για τις εφαρμογές Ε.Π. (Τσιρίδου, 2015).

5.3 Πλεονεκτήματα, μειονεκτήματα και περιορισμοί της Κινητής Επαυξημένης Πραγματικότητας

Η χρήση κινητών συσκευών για κινητές εφαρμογές Ε.Π. έχει τα πλεονεκτήματα, αλλά και τα μειονεκτήματά της. Τα πλεονεκτήματα σχετίζονται, κυρίως, με το γεγονός ότι οι εφαρμογές Ε.Π. μπορούν να εφαρμοστούν οπουδήποτε και ανά πάσα στιγμή, ενώ τα μειονεκτήματα σχετίζονται με περιορισμούς που επιβάλλονται ως αντάλλαγμα για τη δυνατότητα κινητικότητας.

Πλεονεκτήματα Κινητής Επαυξημένης Πραγματικότητας

Η ανάπτυξη και υλοποίηση ορισμένων εφαρμογών Ε.Π. είναι δυνατόν να πραγματοποιηθούν μόνο με την χρήση της κινητής τεχνολογίας. Το πρώτο και κυριότερο από τα πολλά πλεονεκτήματα στη χρήση κινητής τεχνολογίας για την υποστήριξη εφαρμογών Ε.Π. είναι το γεγονός ότι μέσω αυτής η Ε.Π. εφαρμόζεται στον πραγματικό κόσμο, σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή και τοποθεσία, λόγω της δυνατότητας τους να μετακινούνται μαζί με τους χρήστες.

Ως πλεονεκτήματα των τεχνολογικών κινητών συσκευών θα μπορούσαν να θεωρηθούν, επιπλέον, το γεγονός ότι η ισχύς, οι λειτουργίες και η χρησιμότητά τους αυξάνονται σε καθημερινή βάση, ενώ παράλληλα το κόστος τους διαρκώς μειώνεται,

όπως, επίσης, και το γεγονός ότι πολλοί άνθρωποι έχουν πρόσβαση ήδη στο απαραίτητο τεχνολογικό υλικό, αφού οι κινητές συσκευές που κατέχουν, διαθέτουν πλέον τους αισθητήρες, τον επεξεργαστή και τις προβολικές οθόνες που απαιτούνται για εφαρμογές κινητών Ε.Π. (Craig, 2013).

Μειονεκτήματα Κινητής Επαυξημένης Πραγματικότητας

Είναι φυσικό, ωστόσο, η χρήση της κινητής τεχνολογίας για την δημιουργία εφαρμογών Ε.Π. να παρουσιάζει και κάποια μειονεκτήματα, τα σημαντικότερα από τα οποία είναι αυτά που σχετίζονται με τους περιορισμούς που υφίστανται στις κινητές συσκευές, καθώς και την έλλειψη ελέγχου του περιβάλλοντος, στο οποίο θα υλοποιηθεί η εφαρμογή.

Περιορισμοί Κινητής Επαυξημένης Πραγματικότητας

Οι κύριοι περιορισμοί εμπίπτουν σε δύο ευρείες και αλληλένδετες κατηγορίες, τις τεχνολογικές και τις περιβαλλοντικές και σχετίζονται γενικά με τις περιορισμένες δυνατότητες των κινητών συσκευών και με το γεγονός ότι η εφαρμογή πρέπει να είναι εφαρμόσιμη σε μια ευρεία ποικιλία περιβαλλοντικών συνθηκών.

Τεχνολογικοί περιορισμοί

Ένας από τους βασικούς περιορισμούς των εφαρμογών κινητής Ε.Π. είναι ο περιορισμένος αριθμός πόρων των κινητών συσκευών, όπως η περιορισμένη μνήμη και υπολογιστική ικανότητα, ο περιορισμένος αριθμός αισθητήρων εισόδου και εξόδου και οι περιορισμένες δυνατότητες δημιουργίας και απεικόνισης γραφικών.

Περιβαλλοντικοί περιορισμοί

Πέρα από τους τεχνολογικούς περιορισμούς που επιβάλλουν οι ίδιες οι συσκευές, συχνά υπάρχουν και περιβαλλοντολογικοί περιορισμοί που πρέπει να εξετάσει ο κατασκευαστής των κινητών εφαρμογών Ε.Π., όπως είναι ο φωτισμός, η υγρασία, ο θόρυβος και άλλες περιβαλλοντικές συνθήκες.

Σε όλες τις περιπτώσεις εφαρμογών Ε.Π. και συσκευών που χρησιμοποιούν την υπολογιστική ορατότητα για την παρακολούθηση, απαραίτητη προϋπόθεση είναι να υπάρχει αρκετός φωτισμός στο περιβάλλον, ώστε το σύστημα όρασης να διακρίνει με ευκρίνεια τον πραγματικό κόσμο.

Για εφαρμογές Ε.Π. που βασίζονται σε οποιαδήποτε μορφή αρχιτεκτονικής εξυπηρετητή - πελάτη (client - server) ή σε άλλα μέσα για τη μεταφόρτωση περιεχομένου, πρέπει να υπάρχει κατάλληλο και διαθέσιμο δίκτυο στην περιοχή στην οποία πρόκειται να αναπτυχθεί και να εφαρμοστεί το σύστημα, καθώς η ύπαρξη ή η έλλειψη δικτύου μπορεί να καθορίσει την ορθή λειτουργία και την επιτυχία της εφαρμογής.

Οι εξωτερικοί ήχοι και ο θόρυβος αποτελούν επίσης λόγο ανησυχίας για τον προγραμματιστή εφαρμογών κινητής Ε.Π., καθώς εάν μια εφαρμογή της απαιτεί ήχο (όπως π.χ. λόγο) ως είσοδο στο σύστημα, τότε είναι σημαντικό να μην υπάρχουν εξωτερικοί ήχοι στο περιβάλλον που να αποκρύπτουν ή να παρεμβάλουν αυτά τα σήματα. Σημαντικό είναι επίσης ο χρήστης να μπορεί να αντιλαμβάνεται τα ηχητικά μηνύματα που η εφαρμογή του παρέχει.

Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε τα όρια της τεχνολογίας που χρησιμοποιούμε, επειδή όλα τα περιβαλλοντικά μέτρα, όπως η υγρασία, η πίεση και τα μαγνητικά πεδία, μπορούν να επηρεάσουν τις κινητές συσκευές και κατά συνέπεια τις κινητές εφαρμογές Ε.Π. (Craig, 2013).

5.4 Αρχιτεκτονικές συστημάτων Κινητής Επαυξημένης Πραγματικότητας

Υπάρχουν διαφορετικές αρχιτεκτονικές που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για μια κινητή εφαρμογή Ε.Π. (Craig, 2013):

- Οι εφαρμογές να “τρέχουν” σε συσκευές χειρός
- Οι εφαρμογές να “τρέχουν” σε συσκευές χειρός, οι οποίες είναι συνδεδεμένες σε απομακρυσμένο διακομιστή
- Οι εφαρμογές να “τρέχουν” διαδικτυακά

- Οι εφαρμογές να “τρέχουν” στο νέφος (cloud)
- Άλλοι συνδυασμοί τοπικών και απομακρυσμένων συστημάτων

Όπως παρατηρείται, εκτός από το πρώτο είδος αρχιτεκτονικής, κάθε μία από τις υπόλοιπες αρχιτεκτονικές απαιτεί κάποιο είδος σύνδεσης σε ένα δίκτυο. Υπάρχουν μερικές εφαρμογές που πρέπει να συνδεθούν με το διαδίκτυο και άλλες που πρέπει να συνδεθούν μόνο με ένα σύστημα διακομιστή, με σκοπό την πρόσθετη υπολογιστική ισχύ και την πρόσθετη μνήμη για τη διαχείριση του περιεχομένου.

5.5 Περιπτώσεις χρήσης εφαρμογών Κινητής Επαυξημένης Πραγματικότητας Πλοήγηση (Navigation)

Η πλοήγηση μέσα στο περιβάλλον της Ε.Π. διεξάγεται σε πραγματικό χρόνο και χώρο. Σε σύγκριση με τις υπάρχουσες τεχνολογίες πλοήγησης, όπως οι εκτυπωμένοι ή εικονικοί χάρτες, ο προσανατολισμός και η πλοήγηση μέσα στο φάσμα της Ε.Π. είναι διαδραστικός και επιτρέπει στον χρήστη να αντιλαμβάνεται συνεχώς την πραγματικότητα μέσω της συσκευής του. Το Μερικές από τις εφαρμογές πλοήγησης είναι οι εξής: Intel Developer Forum (IDF) Guide, The Bay Area Rapid Transit (BART), Kino, Campus Tour και Wikitude Drive (Craig, 2013; Τσιρίδου, 2015).

Τουρισμός και Πολιτισμός (Tourism and Culture)

Χάρη στις πρόσφατες εξελίξεις στην τεχνολογία κινητών εφαρμογών Ε.Π., υπάρχουν πλέον διάφοροι τρόποι για να ανακαλύψουμε πληροφορίες σχετικά με τον τόπο στον οποίο ζούμε. Αντί για την αναζήτηση πληροφοριών σε βιβλία, οδηγούς πόλεων, μηχανές αναζήτησης ή βάσεις δεδομένων στο διαδίκτυο, υπάρχουν εφαρμογές που επιτρέπουν σε κάθε τουρίστα ή νεοεισερχόμενο σε μια δεδομένη γεωγραφική τοποθεσία να έχει πρόσβαση σε χρήσιμες και ενδιαφέρουσες πληροφορίες σχετικά με την περιοχή ενδιαφέροντός του.

Οι φωτογραφίες έχουν καθορίσει τα όρια της εμπειρίας των χρηστών, καθώς παρατηρώντας μια φωτογραφία σε ένα βιβλίο ή οδηγό, δεν μπορούν να τροποποιήσουν το θέμα της φωτογραφίας για να δουν το πως αυτή θα έμοιαζε

βλέποντας την από διαφορετική γωνία ή κάτω από την επικράτηση διαφορετικών καιρικών συνθηκών.

Υπάρχουν πολλές εφαρμογές, όπως π.χ. το Lonely Planet, που επιτρέπουν στον χρήστη να αφαιρέσει αυτήν την ακίνητη φύση από την τέχνη της φωτογραφίας και να ανοίξει οπτικές εμπειρίες για το αντικείμενο σε πραγματικό χρόνο, από οποιαδήποτε γωνία και σχεδόν σε οποιαδήποτε χρονικό σημείο της ημέρας (Craig, 2013; Τσιρίδου, 2015).

Κινητό κοινωνικό δίκτυο (Mobile social networking)

Είναι μια σχετικά νέα μέθοδος, η οποία μας επιτρέπει να διατηρήσουμε συνεχή επαφή με την οικογένεια και τους φίλους μέσω της κινητής κοινωνικής δικτύωσης. Τα κοινωνικά δίκτυα όπως το Twitter και το Facebook είναι πλέον διαθέσιμα για χρήση στις σύγχρονες κινητές συσκευές ενός χρήστη (Craig, 2013; Τσιρίδου, 2015).

Ηλεκτρονικό εμπόριο (mCommerce)

Το ηλεκτρονικό εμπόριο (mCommerce) ή αλλιώς αγορές μέσω κινητών συσκευών έχει προαχθεί σε άλλο επίπεδο μέσω της κινητής Ε.Π. Τα κουπόνια αποστέλλονται τώρα άμεσα στους χρήστες κινητών τηλεφώνων. Τα αντικείμενα που είναι προς πώληση σε μία κοντινή περιοχή προβάλλονται σε πραγματικό χρόνο στο φυσικό περιβάλλον. Το Valpaks, τα κινητά κουπόνια, το Virtual Shopping με goCatalogue και το eBay Classifieds, είναι μερικές από τις εφαρμογές του mCommerce (Craig, 2013; Τσιρίδου, 2015).

Διαφήμιση (Advertisement)

Η τοποθέτηση διαφημίσεων στο κινητό τηλέφωνο ενός καταναλωτή έχει γίνει ο καλύτερος τρόπος στόχευσης του καθημερινού καταναλωτή και καθώς όλο και περισσότεροι καταναλωτές αγοράζουν νέας τεχνολογίας κινητές συσκευές αυτή θα γίνει σύντομα η κύρια μέθοδος για τη στόχευση του μέσου καταναλωτή.

Μεγάλες εταιρείες, όπως η Google, έχουν προσαρμοστεί στις πρόσφατες αλλαγές στον κλάδο της διαφήμισης. Το Google AdMob είναι μια κορυφαία εταιρία κινητής διαφήμισης, που παρέχει στις εταιρίες μια εύχρηστη πλατφόρμα διαφημίσεων, η οποία επιτρέπει να στοχεύσουν τον τελικό καταναλωτή και να μετρήσουν αποδοτικά τα αποτελέσματα, γεφυρώνοντας έτσι το κενό, μετασχηματίζοντας τον κόσμο της παραδοσιακής διαφήμισης και επιτρέποντας τις επιχειρήσεις να προσελκύσουν πιο εύκολα τους καταναλωτές μέσω των κινητών συσκευών (Craig, 2013; Τσιρίδου, 2015).

Ψυχαγωγία (Entertainment)

Η Ε.Π. μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ψυχαγωγία και την εκπαίδευση των χρηστών, καθώς έχει τη δυνατότητα να τοποθετεί οπτικά τους παίκτες στον εικονικό κόσμο των αγαπημένων τους παιχνιδιών, επιτρέποντάς τους να παίζουν οπουδήποτε και ανά πάσα στιγμή (Craig, 2013; Τσιρίδου, 2015).

5.6 Συμπεράσματα και μελλοντικές δυνατότητες της Κινητής Επαυξημένης Πραγματικότητας

Διάφορες περιπτώσεις χρήσης και σενάρια με προγράμματα περιήγησης για κινητά έχουν δείξει ότι η κινητή Ε.Π. κυριαρχεί και αναπτύσσεται ραγδαία. Οι κινητές συσκευές που μπορούν να υποστηρίξουν την Ε.Π. γίνονται όλο και πιο ισχυρές και λιγότερο δαπανηρές με πολύ γρήγορους ρυθμούς. Επιπλέον, αναδύονται νέες δυνατότητες υλικού, όπως κινητές συσκευές προβολής που θα επιτρέψουν τη λειτουργία και την κατανόηση νέων τύπων κινητών εφαρμογών Ε.Π. Σήμερα, τα προγράμματα περιήγησης Ε.Π. του κινητού τηλεφώνου υπερβαίνουν την απλή εμφάνιση κειμένων και γεωαναφορικών σημείων και παρέχουν όλο και περισσότερα σενάρια και πληροφορίες από πολλά πεδία.

Επιπλέον, η πολλαπλή – κατανεμημένη ενσωμάτωση του περιεχομένου και η μεγαλύτερη αλληλεπίδραση των χρηστών δείχνουν πως οι κινητοί περιηγητές Ε.Π. επιδιώκουν να γίνουν ένα καθημερινό χρήσιμο εργαλείο για τους καταναλωτές. Ωστόσο, η συνεχιζόμενη τεχνολογική ανάπτυξη της κινητής Ε.Π. και σε γενικές

γραμμές της Ε.Π., θα βοηθήσει τους περιηγητές Ε.Π. να ξεπεράσουν τα υφιστάμενα εμπόδια, όπως οι ανακρίβειες του GPS ή τα διαφορετικά μεγέθη οθονών.

Μελλοντικά, η κινητή Ε.Π. αναμένεται να γίνει ακόμα πιο δημοφιλής στα παιχνίδια, στην πλοήγηση σε εσωτερικούς χώρους και στη διαφήμιση μέσω κινητού τηλεφώνου, ενώ οι “έξυπνοι” αλγόριθμοι παρακολούθησης θα είναι σύντομα σε πρωτοποριακή θέση να υιοθετήσουν λειτουργίες σε άγνωστα περιβάλλοντα. Όσον αφορά τις συσκευές, η άφιξη της επόμενης γενιάς κινητών συσκευών θα βοηθήσει τη δημοτικότητα της Ε.Π., ειδικά για ξεναγήσεις σε μουσεία και εκθέσεις και για παρουσιάσεις πωλήσεων (Jackson et al., 2011; Craig, 2013).

Κεφάλαιο 6: Πεδία εφαρμογών Επαυξημένης Πραγματικότητας

Η Ε.Π. μπορεί να υποστηρίξει πολλές διαφορετικές περιοχές εφαρμογής και ως εκ τούτου η ταξινόμησή τους μπορεί να γίνει με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Ένας από τους πλέον προφανείς από αυτούς αφορά την συγκεκριμένη περιοχή εφαρμογής στην οποία απευθύνονται, π.χ. ορισμένες εφαρμογές ενδέχεται να καλύπτουν υλικό που αφορά γενικά ψυχαγωγικούς ή εκπαιδευτικούς σκοπούς, ενώ άλλες εφαρμογές μπορεί να καλύπτουν υλικό που σχετίζεται με κάποια συγκεκριμένη περιοχή ενδιαφέροντος, όπως η διαφήμιση, οι εμπορικές εφαρμογές κ.ά. (Ververidis et al., 2015; Μουστάκας κ.ά., 2015).

Ορισμένες από τις ευρείες κατηγορίες – πεδία εφαρμογών που καλύπτουν πολλές από τις εφαρμογές Ε.Π. που διατίθενται σήμερα, είναι οι εξής:

- 1) Εκπαίδευση
- 2) Ιατρική
- 3) Ψυχαγωγία – Παιχνίδια – Ταξίδια – Τουρισμός
- 4) Διαφήμιση – Μάρκετινγκ
- 5) Ηλεκτρονικό Εμπόριο
- 6) Αρχιτεκτονική – Βιομηχανικός σχεδιασμός – Διακόσμηση – Επισκευές – Κατασκευές
- 7) Ενημέρωση – Αθλητισμός
- 8) Επισήμανση – Οπτικοποίηση
- 9) Πλοήγηση
- 10) Δημόσια ασφάλεια – Άμυνα – Στρατός

6.1 Εκπαίδευση

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων χρόνων έχει αυξηθεί σημαντικά το ερευνητικό ενδιαφέρον αναφορικά με τη χρήση και επίδραση της Ε.Π. σε ποικίλες πτυχές της εκπαιδευτικής διαδικασίας, με τα αποτελέσματα των ερευνών να ενισχύουν την παιδαγωγική αξία της συγκεκριμένης τεχνολογίας και να καταδεικνύουν ότι οι

εφαρμογές της μπορούν να αναδειχθούν σε εξαιρετικά εργαλεία στα χέρια των εκπαιδευτικών, καθώς προσφέρουν πολλαπλά οφέλη στη μαθησιακή διαδικασία.

Οι έρευνες αυτές επωφελήθηκαν ιδιαίτερα από τα τεχνολογικά επιτεύγματα στον χώρο των σταθερών και κινητών υπολογιστικών συσκευών, τη διαρκώς αυξανόμενη αποδοχή τους από τη νέα γενιά, όπως επίσης και τη σημαντική ανάπτυξη μοντέλων που επιτρέπουν την εξατομικευμένη χρήση, θέτοντας τον μαθητή στο επίκεντρο της μαθησιακής διαδικασίας (Chang et al., 2010; Johnson et al., 2010).

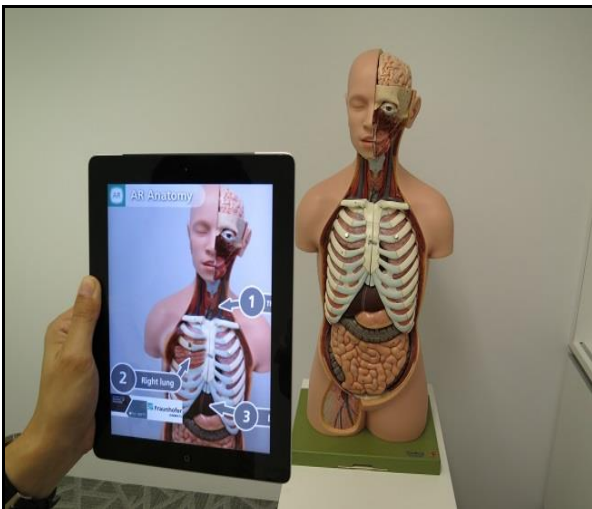
Πολλοί ερευνητές τονίζουν, αφενός, τη σπουδαιότητα της δυνατότητας που παρέχει ένα σύστημα Ε.Π. να συνδυάζεται ή και να ενισχύεται ο πραγματικός κόσμος με ψηφιακά αντικείμενα ή ψηφιακές πληροφορίες, δίνοντας την εντύπωση ότι συνυπάρχουν στον ίδιο χώρο με αυτά του πραγματικού και, αφετέρου, της δυνατότητας που προσφέρει αυτή η τεχνολογία στους μαθητές να αλληλεπιδράσουν άμεσα και σε πραγματικό χρόνο με εικονικά ψηφιακά αντικείμενα, στα οποία δεν έχουν πρόσβαση στον φυσικό κόσμο, είτε λόγω επικινδυνότητας, είτε λόγω χρονικής ή χωρικής απόστασης, είτε επειδή πρόκειται για φανταστικά δημιουργήματα, είτε λόγω του ότι οι διαστάσεις τους δεν το επιτρέπουν (Chen et al., 2016; Lee, 2012; Wasko, 2013; Wu et al., 2013).

Ένα ακόμα θετικό γνώρισμα της Ε.Π. αποτελεί το γεγονός ότι παρουσιάζει τις εκάστοτε πληροφορίες ενταγμένες μέσα στο κατάλληλο πλαίσιο στο οποίο λαμβάνει χώρα η μάθηση και ο μαθητής έχει τη δυνατότητα να αλληλεπιδράσει με αυτές γόνιμα. Σύμφωνα με τις αρχές της πλαισιοθετημένης μάθησης, αυτό ενισχύει την κατανόηση των μαθητών για το μελετώμενο φαινόμενο, γεγονός ή αντικείμενο και αναβαθμίζει την ποιότητα της προσλαμβανόμενης από το μαθητή πληροφορίας. Έτσι η γνώση αποκτά νόημα και ο μαθητής μπορεί να οικοδομήσει ευκολότερα ολοκληρωμένες νοητικές - γνωστικές δομές (Lee, 2012; Wasko, 2013; Dunleavy, 2014).

Μια πληθώρα ερευνών έχει αναδείξει ότι όταν τα μελετώμενα αντικείμενα προσεγγίζονται μέσω εφαρμογών Ε.Π., το ενδιαφέρον των μαθητών αυξάνεται, τα

κίνητρά τους να καταπιαστούν με το μελετώμενο αντικείμενο ενισχύονται και αυτό οδηγεί σε αύξηση της προσήλωσής τους, μεγαλύτερη προσπάθεια και τελικά σε καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα (Chen et al., 2017; Di Serio et al., 2013; Lee, 2012; Wu et al., 2013). Αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί και στο γεγονός ότι μέσω της Ε.Π. είναι δυνατό να οπτικοποιηθούν περίπλοκα φαινόμενα ή δυσεύρετα αντικείμενα και να πραγματοποιηθούν αλληλεπιδράσεις με αυτά. Κατ' αυτό τον τρόπο απλοποιούνται σημαντικά πληροφορίες που θα ήταν δυσνόητες για τους μαθητές, σε περίπτωση που ήταν αναγκασμένοι να τις μελετήσουν μέσα από γραπτό κείμενο (Lee, 2012; Wu et al., 2013).

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι μέσω των εφαρμογών Ε.Π. οι μαθητές είναι δυνατό να αναπτύξουν μια σειρά δεξιοτήτων, όπως κριτική σκέψη, συνεργατικότητα και λογική επίλυσης προβλημάτων (Wasko, 2013). Επίσης, οι μαθητές ασκούνται σε τεχνικές αναστοχασμού (Lee, 2012) και αυτοκαθοδηγούμενης μάθησης (Wu et al., 2013) (Εικόνα 1.7 & Εικόνα 1.8).



Εικόνα 1.7: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στην εκπαίδευση (α), Πηγή: www.ciklum.com/wp-content/uploads/2015/12/medical-learning.jpg



Εικόνα 1.8: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στην εκπαίδευση (β), Πηγή: www.theround.it/wp-content/uploads/2014/10/dfb1fb0e-8658-4506-9801-64e670fd0f10.jpg

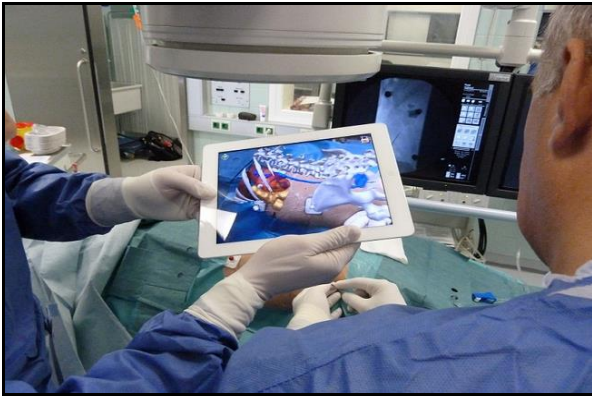
6.2 Ιατρική

Οι τεχνολογικές εφαρμογές της Ε.Π. έχουν τη δυνατότητα να αναδιοργανώσουν τον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης και την ιατρική βιομηχανία, καθώς και να ενισχύσουν τις ιατρικές, κλινικές και χειρουργικές διαδικασίες, βελτιώνοντας την ασφάλεια, την αποδοτικότητα και τις σχέσεις κόστους – αποτελεσματικότητας (Harders et al., 2007; Beichel et al., 2004).

Ειδικότερα όσον αφορά τον τομέα της χειρουργικής, τα συστήματα Ε.Π., παρέχοντας δυνατότητες οπτικής αναπαράστασης, πλοήγησης και προσανατολισμού, πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την επέμβαση, μπορούν να βοηθήσουν στη διενέργεια λιγότερο επικίνδυνων και αποτελεσματικότερων χειρουργικών επεμβάσεων και στην εφεύρεση νέων χειρουργικών μεθόδων και διαδικασιών. Οι ιατρικές εφαρμογές Ε.Π. διασφαλίζουν πιο προηγμένες μελέτες προεγχειρητικής απεικόνισης, επιτρέποντας τους γιατρούς και τους χειρουργούς να εξετάζουν την κλινική κατάσταση και να ελέγχουν τις συνθήκες επέμβασης με ολογραφική προβολή σε πραγματικό χρόνο, χρησιμοποιώντας μη επεμβατικούς αισθητήρες, όπως απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού (MRI - Magnetic Resonance Imaging), αξονική τομογραφία (CT scan) ή απεικόνιση υπερήχων (Navab et al., 1999). Αφού σχεδιαστεί η χειρουργική διαδικασία, τα συστήματα Ε.Π. μπορούν να χρησιμοποιήσουν συστήματα ροής εισόδου για να δημιουργήσουν εικονική επαύξηση εικόνων σε πραγματικό χρόνο. Πέρα από την εικονική επαύξηση, τα συστήματα αυτά μπορούν να ενσωματώσουν συσκευές αφής (εργαλεία ανάδρασης αφής ή δόνησης) επιτρέποντας στους χειρουργούς να αισθάνονται τους όγκους ή να εξετάσουν την κλινική κατάσταση του ασθενή μέσω της αφής, χωρίς να πρέπει να εκτελέσουν ανοιχτή επέμβαση.

Η χρησιμότητα των εφαρμογών Ε.Π. γίνεται όλο και πιο σημαντική στην εκπαιδευτική πρακτική της χειρουργικής, καθώς με την δυνατότητα εξομοίωσης και εικονικής αναπαράστασης αντικειμένων, ανατομίας εσωτερικών οργάνων και οδηγιών που παρέχει σε πραγματικό χρόνο, ο εκπαιδευόμενος χειρουργός, θα μπορεί να καθοδηγείται στα απαιτούμενα στάδια και βήματα της κάθε επέμβασης χωρίς να χρειάζεται να απομακρύνει το βλέμμα ή την προσοχή του μακριά από τον ασθενή

(Durlach and Mavor, 1995; Vogt et al., 2006; Yuen et al., 2011; Mohana et al., 2012; Βερυκόκου, 2013; Τσιρίδου, 2015) (Εικόνα 1.9 & Εικόνα 1.10).



Εικόνα 1.9: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στην ιατρική (α),
Πηγή: www.augmentedrealitytrends.com/augmented-reality/medical-augmented-reality.html



Εικόνα 1.10: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στην ιατρική (β),
Πηγή: technocult.net/archives/2010/01/11/augmented-reality-medical-app

6.3 Ψυχαγωγία – Παιχνίδια - Ταξίδια - Τουρισμός

Η Ε.Π. έχει διεισδύσει για τα καλά στον τομέα της ψυχαγωγίας, δείχνοντας τις συναρπαστικές δυνατότητές της. Κυκλοφορούν πολλά παιχνίδια με εφαρμογές Ε.Π., τα οποία προσελκύουν το κοινό λόγω της δυνατότητας που του προσφέρουν να αλληλεπιδρά σε πραγματικό χρόνο τόσο με πραγματικά, όσο και με εικονικά αντικείμενα. Τα παιχνίδια αυτά μπορεί να απευθύνονται σε έναν ή περισσότερους χρήστες και να χρησιμοποιούν κινητές συσκευές, φορητούς ή μη υπολογιστές ή προβολικές συσκευές, προσφέροντας μοναδικές εμπειρίες στους χρήστες, τόσο σε εσωτερικούς, όσο και σε εξωτερικούς χώρους. Πέρα όμως από τα παιχνίδια, υπάρχουν και λογοτεχνικά βιβλία Ε.Π. για παιδιά, αλλά και κόμικς, όπου τρισδιάστατες σκηνές της ιστορίας που περιγράφουν στο περιεχόμενό τους, παρουσιάζονται πάνω από τις πραγματικές σελίδες και καθιστούν πιο ενδιαφέρουσα την εμπειρία του διαβάσματος (Özbek et al., 2004; Oda et al., 2008; Βερυκόκου, 2013).

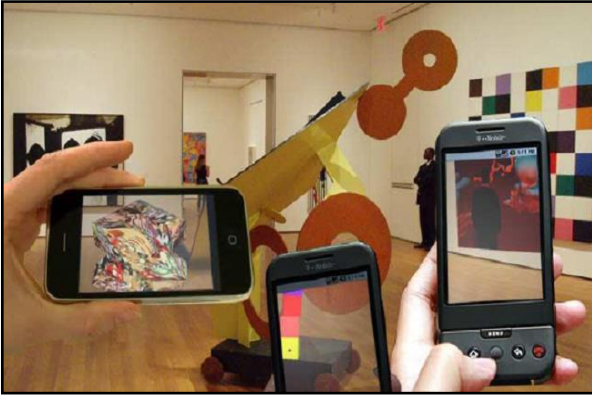
Η βιομηχανία του κινηματογράφου και της ψυχαγωγίας χρησιμοποιεί συχνά, επίσης, εφαρμογές Ε.Π., οι οποίες συνδυάζουν πραγματικούς ηθοποιούς με εικονικό υπόβαθρο, σε πραγματικό χρόνο και σε τρισδιάστατη μορφή. Μια κάμερα κίνησης,

ελεγχόμενη από υπολογιστή, καταγράφει τη σκηνή με τις κινήσεις του ηθοποιού και στη συνέχεια τον συνθέτει ψηφιακά σε τρισδιάστατο εικονικό υπόβαθρο, μειώνοντας έτσι το κόστος παραγωγής, καθώς η δημιουργία και η αποθήκευση συνόλων είναι πιθανώς φθηνότερη από τη συνεχή οικοδόμηση νέων φυσικών συνόλων από την αρχή. Κάποια εργαστήρια, όπως π.χ. το MIT Media Lab, έχουν προχωρήσει ένα βήμα παραπέρα, με την απεικόνιση στο περιβάλλον έξυπνων εικονικών αντικειμένων που ανταποκρίνονται στις ενέργειες των χρηστών (Maes, 1995).

Πέρα από την αισθητηριακή επέκταση αυτών των εφαρμογών, η Ε.Π. μπορεί να οδηγήσει σε νέες, πιο ολοκληρωμένες διεπαφές, οι οποίες παρέχουν στους χρήστες ταξιδιωτικές ή τουριστικές πληροφορίες (κοινωνικές, ιστορικές κ.ά.), καθώς και επιχειρηματικές πληροφορίες (τοποθεσίες, υπηρεσίες κ.λπ.) που είναι σχετικές με την περιοχή γύρω από την πραγματική τοποθεσία στην οποία βρίσκονται, απλώς ελέγχοντας μέσω του GPS των κινητών ή άλλων συσκευών τους σε πραγματικό χρόνο. Με την Ε.Π., αυτές οι υπηρεσίες γίνονται ορατές, όπως για παράδειγμα οι εικονικές ολογραφικές σημάνσεις, οι δείκτες, οι κατευθυντήριες γραμμές κτλ. Μέσω ορισμένων συστημάτων εφαρμογών Ε.Π., όπως π.χ. η Sightseeing Guidance, οι χρήστες μπορούν εύκολα να δημοσιεύουν και να μοιράζονται, μέσω κινητών συσκευών, πληροφορίες για διάφορα αξιοθέατα, μουσεία, εκθεσιακούς χώρους τέχνης, χώρους αναψυχής κ.λπ., βελτιώνοντας και διευκολύνοντας έτσι την ενημέρωσή τους, διευρύνοντας τις επιλογές για την ψυχαγωγία τους και υποβοηθώντας την περιήγησή τους (Caarls et al., 2009; Holzinger et al., 2010; Furata et al., 2012).

Οι πληροφοριακές εφαρμογές της Ε.Π. για κινητές συσκευές που έχουν αναπτυχθεί, επεκτείνουν την εμπειρία των χρηστών με την παροχή επιπρόσθετων δεδομένων τα οποία βασίζονται στην πραγματική τοποθεσία που βρίσκονται. Οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να αναζητήσουν διαδικτυακά, μέσω των κινητών συσκευών, πληροφορίες σχετικά με τις εικόνες που βλέπουν στο δρόμο και μπορούν έτσι να έχουν πρόσβαση σε μια ποικιλία συγκεκριμένων δεδομένων τοποθεσίας, όπως είναι για παράδειγμα τα διαδικτυακά μηνύματα από άτομα τα οποία βρίσκονται κοντά τους, ιστορικές

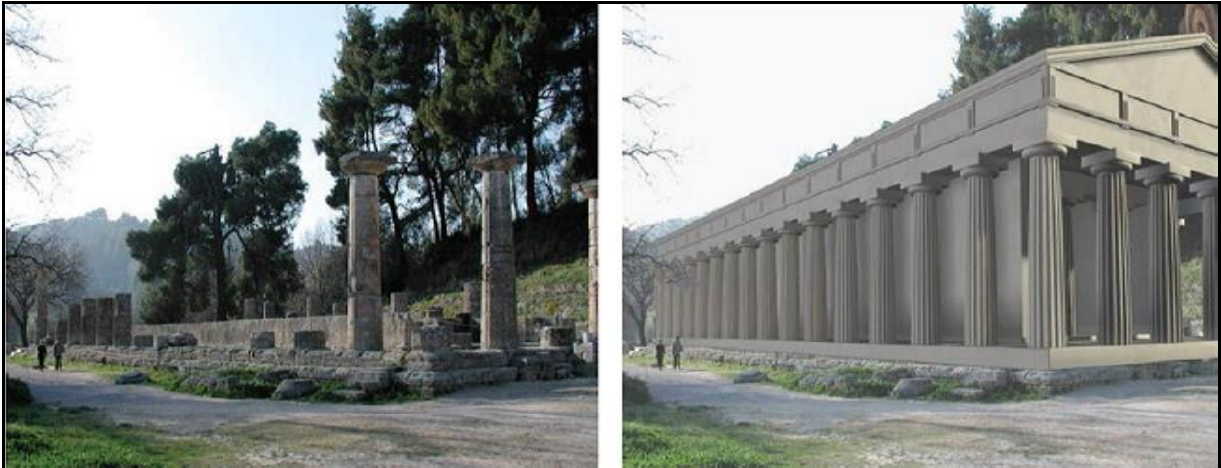
πληροφορίες σχετικά με την τοποθεσία, κατευθύνσεις για να τους οδηγήσουν στο σταθμευμένο αυτοκίνητό τους, τιμές σε κοντινά πρατήρια καυσίμων, ή ακόμα κατευθύνσεις για να οδηγηθούν στο πιο κοντινό μετρό κ.λπ. (Juan et al., 2010) (Εικόνα 1.11, Εικόνα 1.12 & Εικόνα 1.13).



Εικόνα 1.11: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στην ψυχαγωγία,
Πηγή: www.sndrv.nl/moma



Εικόνα 1.12: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στον τουρισμό (α),
Πηγή: www.enukesoftware.com/blog/augmented-reality-augments-your-travel-business



Εικόνα 1.13: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στον τουρισμό (β), Πηγή: (Vlahakis et al., 2002)

6.4 Διαφήμιση - Μάρκετινγκ

Σε κανένα άλλο τομέα δεν έχει επεκταθεί τόσο η Ε.Π., όσο στη διαφήμιση και το μάρκετινγκ. Όλες οι επιχειρήσεις που αναζητούν νέους τρόπους για να προσεγγίσουν το ενδιαφέρον των δυνητικών πελατών τους, έχουν ενσωματώσει μια ποικιλία εφαρμογών της, οι οποίες έχουν τη δυνατότητα να παρουσιάζουν στους χρήστες εικονικά αντικείμενα – προϊόντα, τα οποία μπορούν να διερευνηθούν

χρησιμοποιώντας φυσικές κινήσεις και χειρονομίες (Kim and Kim, 2014; Singh and Pandey, 2014). Για παράδειγμα, οι καμπάνιες των εταιριών πωλήσεως αυτοκινήτων εμφανίζουν το πλήρες μέγεθος εικονικών αυτοκινήτων επαυξημένης πραγματικότητας σε εμπορικά κέντρα και άλλους δημόσιους χώρους (Yuen et al., 2011; Τσιρίδου, 2015).

Άλλες εταιρίες χρησιμοποιούν διαφημίσεις σε περιοδικά ή εφημερίδες σε συνδυασμό με την τεχνολογία της Ε.Π., για να παρέχουν στο χρήστη μία τρισδιάστατη -ή επαυξημένη με διάφορες πληροφορίες και άλλα γραφικά στοιχεία- θέαση του προϊόντος που διαφημίζεται ή ακόμη και βίντεο, μέσω εφαρμογής σε κινητές συσκευές. Μία τέτοια διαφημιστική καμπάνια έκανε και η εταιρία Nissan, με χρήση της εφαρμογής Layar, η οποία είχε μεγάλη ανταπόκριση στο κοινό (Βερυκόκου, 2013).

Άλλα παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών Ε.Π. αποτελούν τα “εικονικά εκθετήρια” και οι “εικονικοί καθρέπτες” των εταιρειών, οι οποίες εμπορεύονται αξεσουάρ διάφορων σχεδιαστών, όπως είναι τα γυαλιά ηλίου ή τα ρολόγια. Αυτές οι εφαρμογές χρησιμοποιούνται από τις εταιρείες αυτές για να διευκολύνουν και να εμπλουτίσουν την αγοραστική εμπειρία του καταναλωτή, τόσο στον πραγματικό κόσμο, όσο και σε διαδικτυακούς χώρους λιανικής πώλησης. Μέσω των εφαρμογών αυτών, οι αγοραστές έχουν τη δυνατότητα να διαμοιράσουν τις αγοραστικές επιλογές τους ή να επιλέξουν την επικοινωνία και διεκπεραίωση μέσω των κοινωνικών δικτύων σε πραγματικό χρόνο και συχνά μπορούν να πραγματοποιήσουν την τελική τους αγορά μέσω της διεπαφής Ε.Π. (Pereira et al., 2011).

Κάποιες πιο εξελιγμένες διαφημιστικές καμπάνιες εταιριών, επιτρέπουν στους χρήστες να χρησιμοποιούν τις κινητές συσκευές τους για να βλέπουν, να περιστρέφουν, αλλά και να αλλάζουν το μέγεθος και τη θέση των εικονικών μοντέλων των προϊόντων τους, όπως π.χ. τα έπιπλα, έτσι ώστε να μπορούν να αποκτούν πιο ακριβή αντίληψη για το πώς το συγκεκριμένο αντικείμενο θα προσαρμοστεί καλύτερα στην ήδη υπάρχουσα επίπλωση και διακόσμηση στο χώρο τους (Yuen et al., 2011; Τσιρίδου, 2015).

Ανεξάρτητα από τον τύπο της εφαρμογής Ε.Π., π.χ. σε απευθείας σύνδεση ή σε κινητές συσκευές, όλες οι εφαρμογές έχουν σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο, ώστε να συνεπάγεται τον πιο συνεργατικό και αποδοτικό τρόπο και όχι ακολουθώντας το παραδοσιακό μάρκετινγκ. Σήμερα, η κινητή επταυξημένη πραγματικότητα (γνωστή ως Mobile Augmented Reality - MAR) δίνει τη δυνατότητα στους πωλητές και τους διαφημιζόμενους να βελτιώσουν τις διαφημίσεις τους στο χαρτοφυλάκιό τους ακολουθώντας την τακτική των μέσων μαζικής ενημέρωσης. Πρόσφατα, πολλές εταιρείες, όπως η Coca Cola στη Γερμανία, χρησιμοποιούν την κινητή Ε.Π. προκειμένου να προσθέσουν μια επιπλέον διάσταση και να αναδείξουν τις τρέχουσες έντυπες διαφημίσεις τους, ενώ κατά τη διάρκεια του τελευταίου έτους, αρκετά εμπορικά σήματα, όπως π.χ. Lego, JC Penny, Adidas κ.ά., έχουν χρησιμοποιήσει την Ε.Π. για την προώθηση και την εμπορία των προϊόντων τους (Belimpasakis et al., 2010) (Εικόνα 1.14 & Εικόνα 1.15).



Εικόνα 1.14: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στην διαφήμιση (α), Πηγή: www.emalliab.wordpress.com/tag/lego



Εικόνα 1.15: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στην διαφήμιση (β), Πηγή: www.wired.com/2009/12/adidas-sneaker-augmented-reality/

6.5 Ηλεκτρονικό Εμπόριο

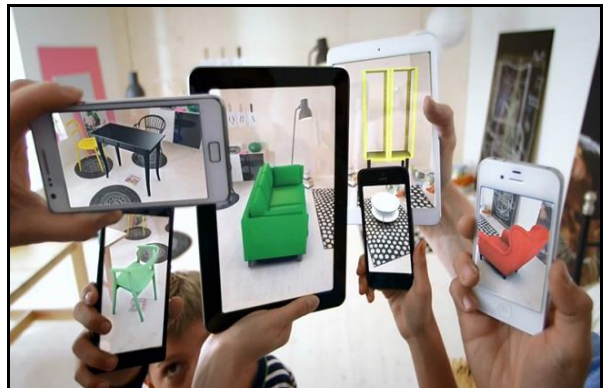
Το ηλεκτρονικό εμπόριο θεωρείται ως μία από τις πιο ευεργετικές τεχνολογικές εφαρμογές της Ε.Π. Είναι γεγονός ότι οι αποφάσεις, πριν από την αγορά οποιωνδήποτε προϊόντων, από τους καταναλωτές, εξαρτώνται από το κοινωνικό περιεχόμενο που βασίζεται στο διαδίκτυο. Οι τελευταίες έρευνες που διεξήχθησαν για τη λιανική βιομηχανία επιβεβαιώνουν τη σπουδαιότητα του κοινωνικού περιεχομένου, το οποίο θεωρείται το πρώτο στοιχείο που επικαλείται ο αγοραστής πριν ληφθεί η απόφαση αγοράς. Σήμερα, αυτή η αποθήκη περιεχομένου μέσω διαδικτύου είναι

προσβάσιμη μόνο από υπολογιστές που απέχουν πολύ από τον ίδιο τον χώρο αγορών. Μια κινητή εφαρμογή Ε.Π. μεταστέλλει αυτό το κοινωνικό περιεχόμενο από την οθόνη του υπολογιστή στον πραγματικό κόσμο μέσω κινητών συσκευών, παρέχοντας στους πελάτες πληροφορίες σχετικά με τα προϊόντα που τους βοηθούν να συνειδητοποιήσουν τον κατάλληλο χρόνο για να λάβουν την απόφαση αγοράς.

Οι τεχνολογικές εφαρμογές Ε.Π., παρέχουν στους πελάτες πολύτιμο περιεχόμενο πληροφοριών, με το οποίο μπορούν να ενημερωθούν για τα χαρακτηριστικά και τα πλεονεκτήματα του προϊόντος ή να κάνουν μια σύγκριση μεταξύ των διαφόρων τύπων προϊόντων και ως εκ τούτου να λάβουν τις καλύτερες αποφάσεις για την αγορά τους. Η δυνατότητα του χρήστη - καταναλωτή να συνδέει την τεχνολογία της Ε.Π. με τις ηλεκτρονικές αγορές του, βοηθάει τον ίδιο να ξεπεράσει τα συνήθη προβλήματα και επιφυλάξεις μιας επικείμενης αγοράς του, όπως είναι η ποιότητα, η κατάσταση, το σωστό μέγεθος, η τιμή κ.λπ. των προϊόντων και παράλληλα δίνει την ευκαιρία στις επιχειρήσεις αυτές να βελτιώσουν το επίπεδο ποιότητας και ανταγωνιστικότητάς τους (Guyen et al., 2009; Craig, 2013) (Εικόνα 1.16 & Εικόνα 1.17).



Εικόνα 1.16: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στο ηλεκτρονικό εμπόριο (α), Πηγή: www.information-age.com/european-information-security-summit-123464997/



Εικόνα 1.17: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στο ηλεκτρονικό εμπόριο (β), Πηγή: www.linkedin.com/pulse/retail-vs-e-commerce-why-retailers-need-augmented-reality-brian-dean

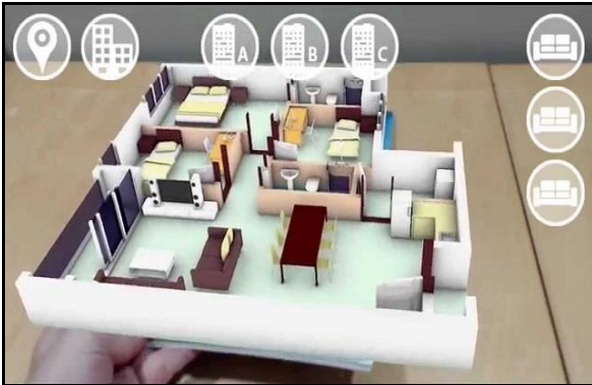
6.6 Αρχιτεκτονική - Βιομηχανικός σχεδιασμός - Διακόσμηση - Επισκευές - Κατασκευές

Υπάρχουν πολλοί τρόποι όπου η χρήση της τεχνολογίας Ε.Π. μπορεί να εξοικονομήσει χρόνο και χρήμα, καθώς και να μειώσει τα προβλήματα, στον τομέα της αρχιτεκτονικής, του βιομηχανικού σχεδιασμού, των επισκευών και των κατασκευών. Αρκετά σημαντικές είναι, επίσης, οι έρευνες και οι εφαρμογές της Ε.Π. στις βιομηχανικές υπηρεσίες και στον τομέα ανάπτυξης, της παραγωγής και των υπηρεσιών αυτοκινήτων.

Τα συστήματα Ε.Π. μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δώσουν την δυνατότητα στους αρχιτέκτονες, τους μηχανικούς, τους σχεδιαστές, τους εργαζόμενους και τους πελάτες, μέσα από μια βάση δεδομένων που θα περιέχει σχετικές πληροφορίες, π.χ. πληροφορίες που αφορούν την σχεδίαση, τη διακόσμηση εσωτερικών χώρων ή την κατασκευή κτηρίων ή άλλων έργων, να οραματίζονται έναν εικονικό περιβάλλον, διευκολύνοντας την απεικόνιση της γεωμετρίας του συγκεκριμένου χώρου και οπτικοποιώντας τους μελλοντικούς πιθανούς συνδυασμούς λύσεων-εφαρμογών (Cirulis et al., 2012; Siltanen and Oksman, 2013; Wang, 2007).

Κάποιες από τις τεχνολογικές εφαρμογές της, θα μπορούσαν να βοηθήσουν, επίσης, στον προγραμματισμό της εργασίας των επαγγελματιών κατασκευής κτηρίων, όπως π.χ. ηλεκτρολόγοι, υδραυλικοί ή άλλοι επαγγελματίες που εργάζονται συλλογικά, επιτρέποντάς τους να δουν εικονικές αναπαραστάσεις τρισδιάστατων μοντέλων σχετικά με την κατασκευαστική δομή των υλικών που χρησιμοποιούν, όπως π.χ. των υπόγειων αγωγών και σωληνώσεων ή των ηλεκτρικών καλωδιώσεων ή των δομικών στηριγμάτων μέσα στα τοιχώματα κ.λπ. (Feiner et al., 1995). Οι ερευνητές του Πανεπιστημίου του Τορόντο δημιούργησαν το σύστημα ARGOS (Augmented Reality through Graphic Overlays on Stereovideo), το οποίο μεταξύ άλλων χρησιμοποιείται για να καταστήσει ευκολότερη την κατανόηση των εικόνων, κατά τη διάρκεια δύσκολων συνθηκών προβολής (Drascic et al., 1993). Μέσω ορισμένων εφαρμογών Ε.Π., οι οδηγίες για την κατασκευή, χρήση και επισκευή ενός αντικειμένου ή μίας συσκευής, μπορούν να είναι διαθέσιμες με την μορφή τρισδιάστατων εικόνων πάνω

από το πραγματικό αντικείμενο, όπου θα εμφανίζονται, σε πραγματικό χρόνο, τα βήματα και ο τρόπος που πρέπει να ακολουθηθεί (Feiner et al., 1993a; Henderson and Feiner, 2009; Januszka and Moczulskia, 2010; Βερυκόκου, 2013; Τσιρίδου, 2015) (Εικόνα 1.18 & Εικόνα 1.19).



Εικόνα 1.18: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στην αρχιτεκτονική (α), Πηγή: i.ytimg.com/vi/zVN_Pc-Ytuw/maxresdefault.jpg



Εικόνα 1.19: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στην αρχιτεκτονική (β), Πηγή: uniqueat.com/wp-content/uploads/2015/07/london-masterplan-augmented-reality.jpg

6.7 Ενημέρωση - Αθλητισμός

Μια κοινή χρήση της Ε.Π. είναι οι εφαρμογές της στην παρουσίαση των καθημερινών δελτίων ειδήσεων και ενημέρωσης, καθώς και του δελτίου καιρού στην τηλεόραση. Ο παρουσιαστής του δελτίου καιρού, για παράδειγμα, στέκεται μπροστά σε ένα μονόχρωμο φόντο, ενώ οι χάρτες και τα κινούμενα γραφικά στοιχεία - αντικείμενα που εμφανίζονται σε πραγματικό χρόνο είναι όλα ψηφιακά, με αποτέλεσμα να συνδυάζεται το πραγματικό με το ψηφιακό-εικονικό και να προβάλλεται μια “ζωντανή” απεικόνιση της πρόγνωσης του καιρού.

Τελευταία, η τεχνολογία της Ε.Π., χρησιμοποιείται και στον αθλητισμό για να βελτιώσει, κυρίως, την τηλεοπτική μετάδοση αθλητικών αγώνων ή την παρουσίαση διαφόρων αθλημάτων και αθλητικών γεγονότων, αλλά και να προβάλλει, επίσης, ψηφιακές διαφημίσεις ή διάφορες πληροφορίες, οι οποίες υπερτίθενται σε συγκεκριμένες περιοχές της μεταδιδόμενης εικόνας, δίνοντας την δυνατότητα στους θεατές να έχουν, κάθε στιγμή, πρόσβαση από τον χώρο που βρίσκονται στην ενημέρωση. Τέτοια παραδείγματα εφαρμογών Ε.Π. αποτελεί η παραγόμενη από

υπολογιστή κίτρινη γραμμή που φαίνεται στα γήπεδα των ποδοσφαιρικών αγώνων στους τηλεοπτικούς δέκτες και είναι ορατή μόνο από τους τηλεθεατές, διευκολύνοντάς τους στην κατανόηση τυχούσας παράβασης των κανονισμών του παιχνιδιού ή η παρουσίαση ενός αγώνα αυτοκινήτων, ενώ συγχρόνως προβάλλονται πάνω από κάθε αυτοκίνητο ψηφιακές πληροφορίες για το όνομα του οδηγού, τη μέχρι τώρα κατάταξή του στον αγώνα κλπ. ή, ακόμη, η παρουσίαση ψηφιακά της σημαίας της χώρας του κάθε αθλητή ή της ομάδας που εμφανίζεται και συμμετέχει στη διοργάνωση κ.ά. (Βερυκόκου, 2013; Τσιρίδου, 2015) (Εικόνα 1.20 & Εικόνα 1.21).



Εικόνα 1.20: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στον αθλητισμό (α), Πηγή: emaze.com/@AWRFFFRF/Augmented-Reality



Εικόνα 1.21: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στον αθλητισμό (β), Πηγή: www.affinityvr.com/augmented-reality-in-sports

6.8 Επισήμανση – Οπτικοποίηση

Η εφαρμογές Ε.Π. θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την επισήμανση και οπτικοποίηση αντικειμένων και περιβαλλόντων, αξιοποιώντας τη δυνατότητα πρόσβασης σε πληροφορίες δημόσιων ή ιδιωτικών βάσεων δεδομένων, όπως π.χ. την δυνατότητα μιας χειροκίνητης οθόνης να παράσχει πληροφορίες σχετικά με τα βιβλία που είναι διαθέσιμα στα ράφια κάποιας βιβλιοθήκης, ενώ ο χρήστης βρίσκεται έξω από αυτήν (Fitzmaurice, 1993; Rekimoto and Katashi, 1995) ή να εμφανίζει σε ετικέτα την ονομασία του συγκεκριμένου τμήματος ενός μοντέλου κινητήρα, στο οποίο επιλέγει να εστιάζει την κάμερα ο χρήστης (Rose et al., 1995). Εναλλακτικά, η επισήμανση και οπτικοποίηση αντικειμένων μπορεί να αφορά ιδιωτικές βάσεις δεδομένων που συνδέονται με τα αντικείμενα αυτά, με την έννοια της σύνδεσης παραθύρων από μια τυπική διεπαφή χρήστη σε συγκεκριμένες θέσεις - τοποθεσίες του περιβάλλοντος ή προσαρτημένων στα συγκεκριμένα αντικείμενα ως (Feiner et al.,

1993b), όπως π.χ. η τοποθέτηση, σε κάποιο άτομο που φοράει μια συσκευή παρακολούθησης, ενός παραθύρου ως ετικέτα, η οποία ακολουθεί την κάθε αλλαγή θέσης του, παρέχοντας στον χρήστη της εφαρμογής Ε.Π. τις σχετικές πληροφορίες, ως υπενθύμιση για το τι πρέπει να κάνει (Εικόνα 1.22 & Εικόνα 1.23).



Εικόνα 1.22: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στην οπτικοποίηση (α), Πηγή: slideshare.net/GulnazAksenova/augmented-reality-for-architectural-visualisation-26330449



Εικόνα 1.23: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στην οπτικοποίηση (β), Πηγή: robonline.com/articles/100265-experience-augmented-reality-with-riegl-riality

6.9 Πλοήγηση

Οι εφαρμογές της Ε.Π. μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περιπτώσεις πλοήγησης, τόσο σε εσωτερικούς, όσο και σε εξωτερικούς χώρους, βελτιώνοντας σημαντικά την αποτελεσματικότητα απλών εφαρμογών της κατηγορίας αυτής, όπως π.χ. οι εφαρμογές πλοήγησης που απευθύνονται σε οδηγούς αυτοκινήτων και άλλων μέσων μεταφοράς, όπου, αξιοποιώντας τις δυνατότητες της Ε.Π., οι οδηγοί μπορούν να ακολουθήσουν την πορεία που απεικονίζεται στην εικόνα του πραγματικού κόσμου μέσω κατάλληλων γραφικών και δεν απαιτείται να συμβουλευούνται κάποιο χάρτη.

Ο συνδυασμός της Ε.Π. και των υπηρεσιών που βασίζονται σε τοποθεσίες (Location Based Services - LBS) μπορεί, επίσης, να έχει ως αποτέλεσμα σημαντικές εφαρμογές, που απευθύνονται όχι μόνο σε οδηγούς, αλλά και σε πεζούς. Αυτές, υπερθέτουν στο πραγματικό περιβάλλον οδηγίες για την εύρεση σημείων ενδιαφέροντος, όπως είναι χώροι ψυχαγωγίας, μουσεία, αξιοθέατα κ.λπ. (Βερυκόκου, 2013; Τσιριδου, 2015) (Εικόνα 1.24 & Εικόνα 1.25).



Εικόνα 1.24: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στην πλοήγηση (α), Πηγή: eurodroid.com/2010/05/20/google-io-2010-wikitude-drive-opening-to-2000-us-test-drivers



Εικόνα 1.25: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στην πλοήγηση (β), Πηγή: www.behance.net/gallery/NYU-Wayfarer/4528801

6.10 Δημόσια ασφάλεια - Άμυνα - Στρατός

Εδώ και πολλά χρόνια η τεχνολογία της Ε.Π. χρησιμοποιείται σε στρατιωτικές εφαρμογές και σε άλλες εφαρμογές που αφορούν την άμυνα, την ασφάλεια, την επιβολή της νομοθεσίας και την αστυνομική τήρηση της τάξης. Η αναγνώριση της μεγάλης συμβολής της Ε.Π. στους σημαντικούς αυτούς τομείς, οδήγησε στην χρηματοδότηση πολλών ερευνητικών προγραμμάτων για την ανάπτυξη των περαιτέρω τεχνολογικών εφαρμογών της. Ο στόχος των παραπάνω προγραμμάτων είναι η αύξηση της επίγνωσης της κατάστασης από την πλευρά των στρατιωτών και των διοικητών, τόσο στην ύπαιθρο, όσο και κάτω από το νερό, μέσω της τεχνολογίας της Ε.Π. (Βερυκόκου, 2013).

Πολλές ιδέες σχετικές με την στρατιωτική χρήση της Ε.Π., έχουν ήδη εφαρμοστεί σε μαχητικά αεροσκάφη και τα πολεμικά οχήματα. Οι προβολικές οθόνες Head-Up Displays (HUDs) και Helmet-Mounted Displays (HMDs) (Wanstall, 1989) που χρησιμοποιούνται στα μαχητικά αεροσκάφη και τα ελικόπτερα, υπερκαλύπτουν διανυσματικά γραφικά κατά την άποψη του πιλότου του πραγματικού κόσμου και του παρέχουν βασικές πληροφορίες πλοήγησης και πτήσης, καθώς και οπτικές ενδείξεις για τους στόχους, τις απειλές και άλλες πληροφορίες, όπως την ταχύτητα ή το υψόμετρο κ.λπ., ενσωματωμένες στον πραγματικό κόσμο, χωρίς να χρειάζεται να μετακινήσει το κεφάλι του για να κοιτάξει τα ανάλογα όργανα και χωρίς ταυτόχρονα να χάνει την οπτική επαφή με το περιβάλλον, αποφεύγοντας έτσι τον κίνδυνο

απόσπασης της προσοχής τους και συνακόλουθου ενδεχόμενου λανθασμένου χειρισμού (Livingston et al., 2006).

Γενικά, τα συστήματα Ε.Π. που χρησιμοποιούνται στο στρατό, χρησιμοποιούν συστήματα οράσεως στα παρμπρίζ των οχημάτων ή στα κράνη των στρατιωτών, τα οποία τους παρέχουν ζωτικές πληροφορίες σχετικές με τον περίγυρό τους, όπως για παράδειγμα να τους δείχνει που βρίσκονται οι είσοδοι ή οι έξοδοι ενός κτιρίου στην από πίσω μεριά από την οποία βρίσκονται, λειτουργώντας έτσι σαν τη δυνατότητα μιας “X-Ray” όρασης. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιώντας μονάδες πλοήγησης μπορούν να καθοδηγούν τους στρατιώτες σε άγνωστα εδάφη, ενώ με διαδικτυακή επεξεργασία εικόνας ή με χρήση υπέρυθρης ακτινοβολίας μπορούν να εντοπίζουν λεπτομέρειες, οι οποίες διαφεύγουν από το ανθρώπινο μάτι. Για να επιτευχθούν όλες αυτές οι λειτουργίες, οι στρατιώτες προμηθεύονται ένα σύστημα συνδεδεμένο σε ένα δίκτυο υψηλής ταχύτητας, το οποίο τους επιτρέπει να επικοινωνούν με τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας, αλλά και με ένα κέντρο από όπου παίρνουν εντολές. Με αυτό τον τρόπο κάθε στρατιώτης λειτουργεί σαν αισθητήρας και αναβαθμίζει δεδομένα από το πεδίο μάχης για όλους τους υπόλοιπους (Wanstall, 1989) (Εικόνες 1.26 & 1.27).



Εικόνα 1.26: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στον στρατό (α),
Πηγή: galleryhip.com/augmented-reality-military.html



Εικόνα 1.27: Παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. στον στρατό (β),
Πηγή: en.wikipedia.org/wiki/File:HUD_view.jpg

Κεφάλαιο 7: Ανάπτυξη πλατφόρμας Επαυξημένης Πραγματικότητας εκπαιδευτικού υλικού

Στα πλαίσια της μελέτης της Ε.Π. και στο περιεχόμενο του συγκεκριμένου κεφαλαίου, που αποτελεί το πρακτικό μέρος της παρούσας εργασίας, παρουσιάζονται οι οδηγίες για την ανάπτυξη εφαρμογών Ε.Π. βασισμένων στην χρήση δεικτών (marker based) και η περιγραφή της διαδραστικής android εφαρμογής Ε.Π. και της πλατφόρμας Ε.Π. εκπαιδευτικού υλικού.

7.1 Οδηγός δημιουργίας εφαρμογών Επαυξημένης Πραγματικότητας

Για τη δημιουργία και ανάπτυξη της εφαρμογής Ε.Π. για συσκευές Android χρησιμοποιήθηκαν:

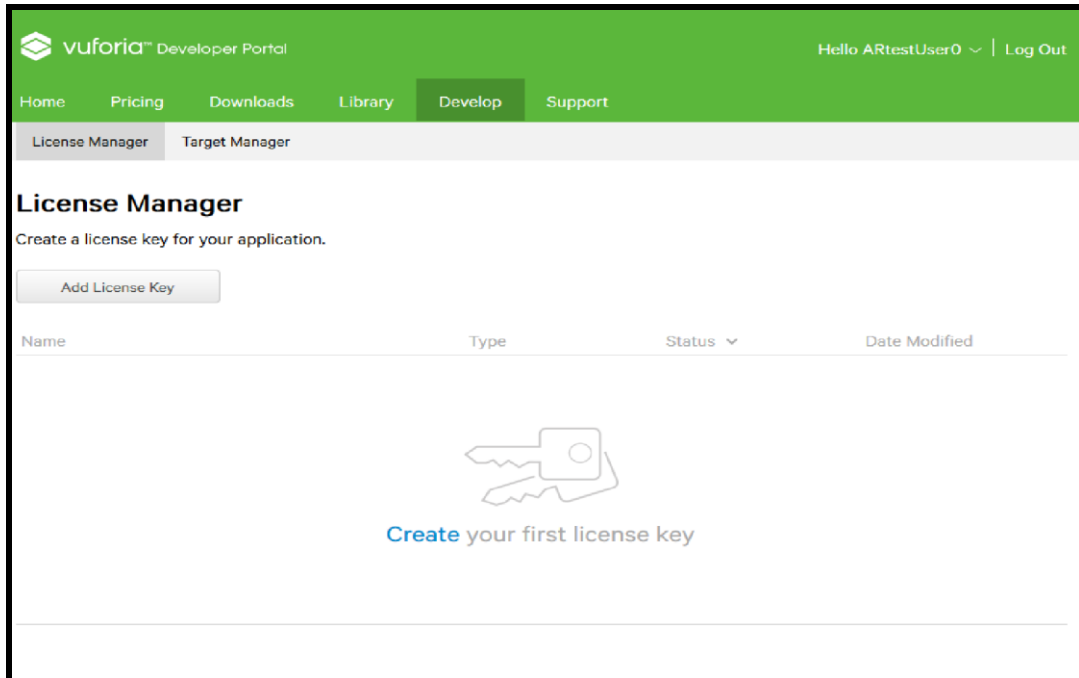
- 1) Vuforia SDK (έκδοση 6.2)
- 2) Unity Editor (έκδοση 5.4.1f1)

Η εφαρμογή βασίζεται στην προσέγγιση marker based συστημάτων και στοχεύει σε εικόνες που βρίσκονται σε μία τοπική βάση δεδομένων.

Βήματα ανάπτυξης εφαρμογής

Βήμα 1: Για να χρησιμοποιήσουμε τη πλατφόρμα Vuforia δημιουργούμε αρχικά έναν λογαριασμό στο Vuforia Developer Portal (<https://developer.vuforia.com>)

Βήμα 2: Στη συνέχεια, συνδεόμαστε στον λογαριασμό μας και μεταβαίνουμε στην καρτέλα Ανάπτυξη (Develop), όπου πρέπει να δημιουργήσουμε ένα ειδικό κλειδί άδειας χρήσης (License Key) και μια βάση δεδομένων για την αναγνώριση των αντικειμένων (Εικόνα 2.1).



Εικόνα 2.1: Βήμα 2

Δημιουργία κλειδιού άδειας χρήσης (License Key)

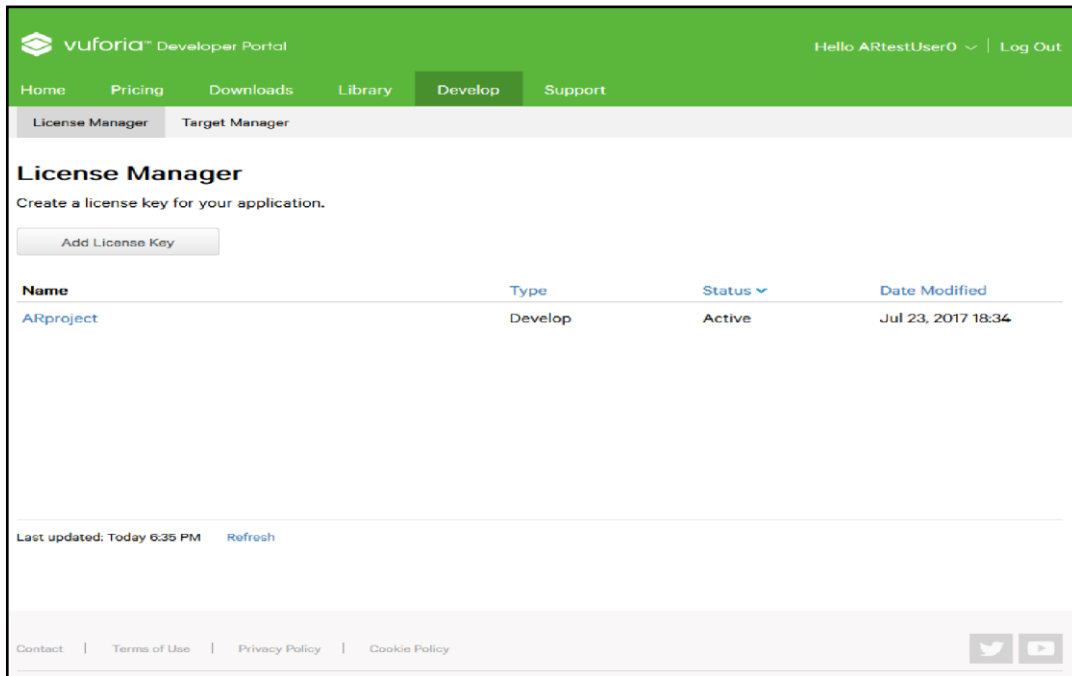
Βήμα 3 (α, β, γ): Το κλειδί άδειας χρήσης (License Key) είναι ένα μοναδικό αναγνωριστικό που απαιτείται για τη διαδικασία ανάπτυξης εφαρμογών στο Unity Editor. Για την δημιουργία του κλειδιού αυτού, μεταβαίνουμε στην καρτέλα Develop → License Manager, επιλέγουμε: Κλειδί Άδειας Χρήσης (Add License Key) και τον τύπο του ("Ανάπτυξη - Develop" στην περίπτωση μας), πληκτρολογούμε το όνομα της εφαρμογής (Βήμα 3(α) - Εικόνα 2.2) και επιβεβαιώνουμε (Confirm) ότι συμφωνούμε με τους όρους και τις προϋποθέσεις (Βήμα 3(β): - Εικόνα 2.3 και Βήμα 3(γ): - Εικόνα 2.4).

The screenshot shows the 'Add License Key' page in the Vuforia Developer Portal. The page has a green header with the Vuforia logo and 'Developer Portal' text. On the right, it says 'Hello ARtestUser0' and 'Log Out'. Below the header is a navigation bar with 'Home', 'Pricing', 'Downloads', 'Library', 'Develop', and 'Support'. Underneath, there are tabs for 'License Manager' and 'Target Manager'. A link 'Back To License Manager' is visible. The main heading is 'Add License Key'. Under 'Project Type', there are three radio button options: 'Development' (selected), 'Consumer', and 'Enterprise'. Below this is the 'Project Details' section, which includes an 'App Name' field containing 'ARproject' and a note 'You can change this later'. The 'License Key' section has a radio button for 'Develop - No Charge' which is selected. A 'Next' button is at the bottom.

Εικόνα 2.2: Βήμα 3(α)

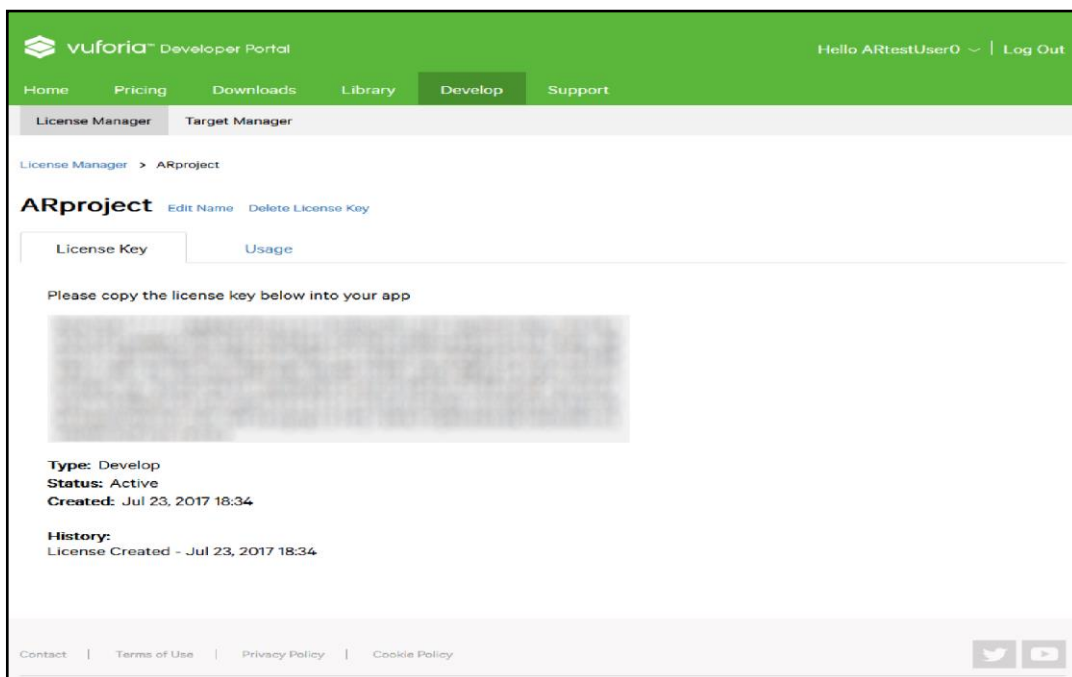
The screenshot shows the 'Confirm License Key' page in the Vuforia Developer Portal. The layout is similar to the previous screenshot. The main heading is 'Confirm License Key'. Under 'Project Type', it shows 'Development'. Under 'App Name', it shows 'ARproject'. Under 'License Key', it shows 'Develop' and a list of details: 'Price: No Charge', 'Reco Usage: 1000 per month', 'Cloud Targets: 1000', 'VuMark Templates: 1 active', and 'VuMarks: 100'. There is a checked checkbox with the text: 'By clicking "Confirm" below, you acknowledge that this license key is subject to the terms and conditions of the Vuforia Developer Agreement.' At the bottom, there are 'Cancel' and 'Confirm' buttons. The footer contains links for 'Contact', 'Terms of Use', 'Privacy Policy', and 'Cookie Policy', along with social media icons for Twitter and YouTube.

Εικόνα 2.3: Βήμα 3(β)



Εικόνα 2.4: Βήμα 3(γ)

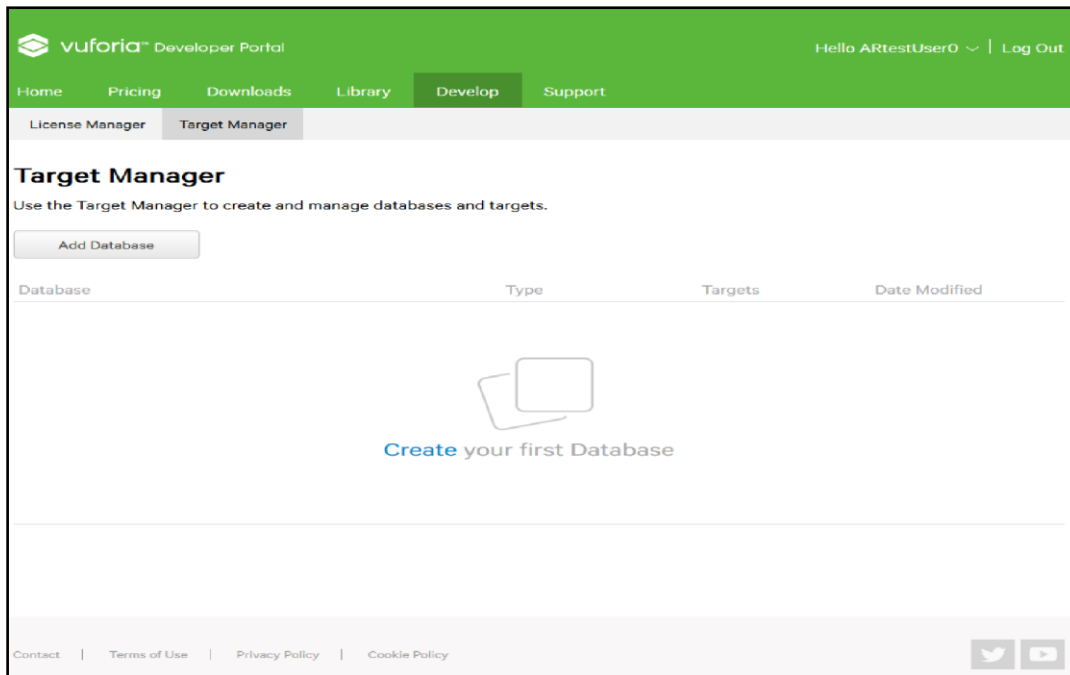
Βήμα 4: Μεταβαίνοντας στο License Manager και επιλέγοντας: project name → License Key, το κλειδί άδειας χρήσης (License Key) είναι πλέον διαθέσιμο και καθώς θα χρειαστεί στη συνέχεια για την ενσωμάτωση του Vuforia plugin στο Unity Editor, συνιστάται η αποθήκευσή του (Εικόνα 2.5).



Εικόνα 2.5: Βήμα 4

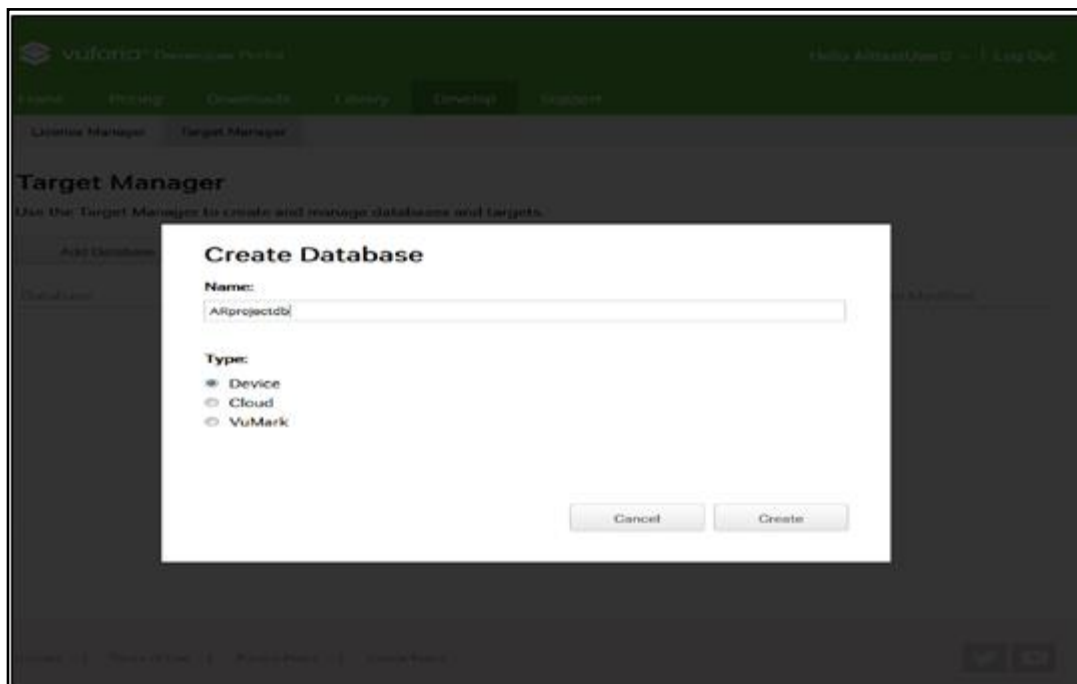
Δημιουργία τοπικής βάσης δεδομένων

Βήμα 5: Καθώς η επόμενη ενέργειά μας είναι η δημιουργία μίας βάσης δεδομένων με εικόνες στόχους – δείκτες, μεταβαίνουμε στην καρτέλα Develop → Target Manager (Εικόνα 2.6).



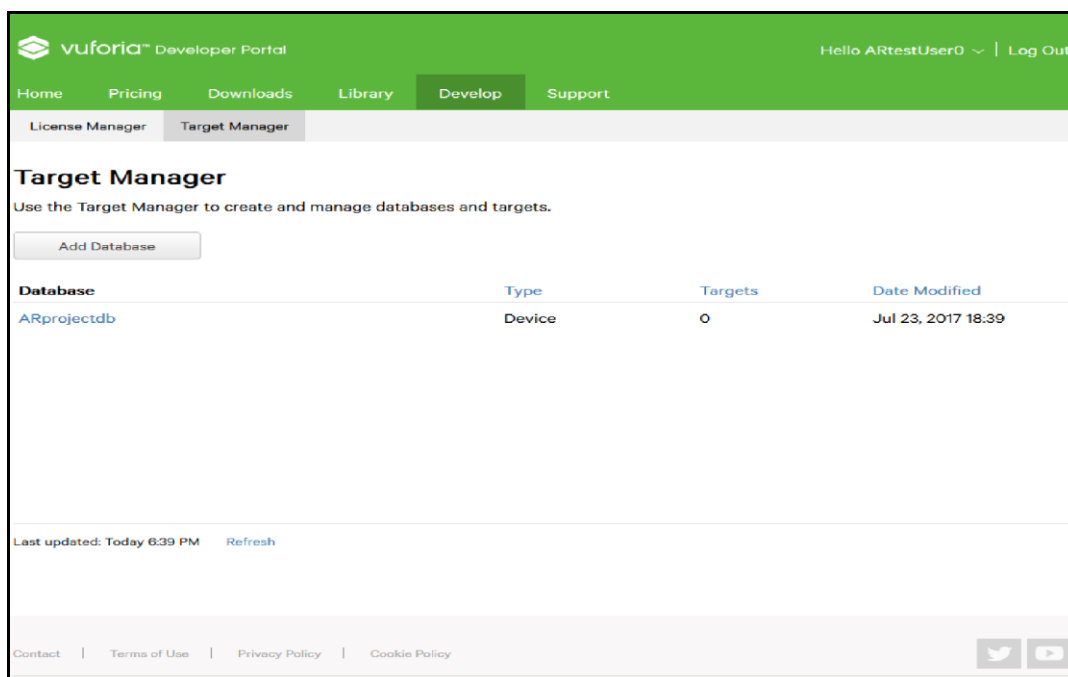
Εικόνα 2.6: Βήμα 5

Βήμα 6 (α, β): Αφού επιλέξουμε την προσθήκη βάσης δεδομένων (Add Database), στη συνέχεια την ονομάζουμε, επιλέγουμε τον τύπο της (Device, Cloud, VuMark) και μετά επιλέγουμε: Δημιουργία (Create) (Βήμα 6(α) - Εικόνα 2.7).



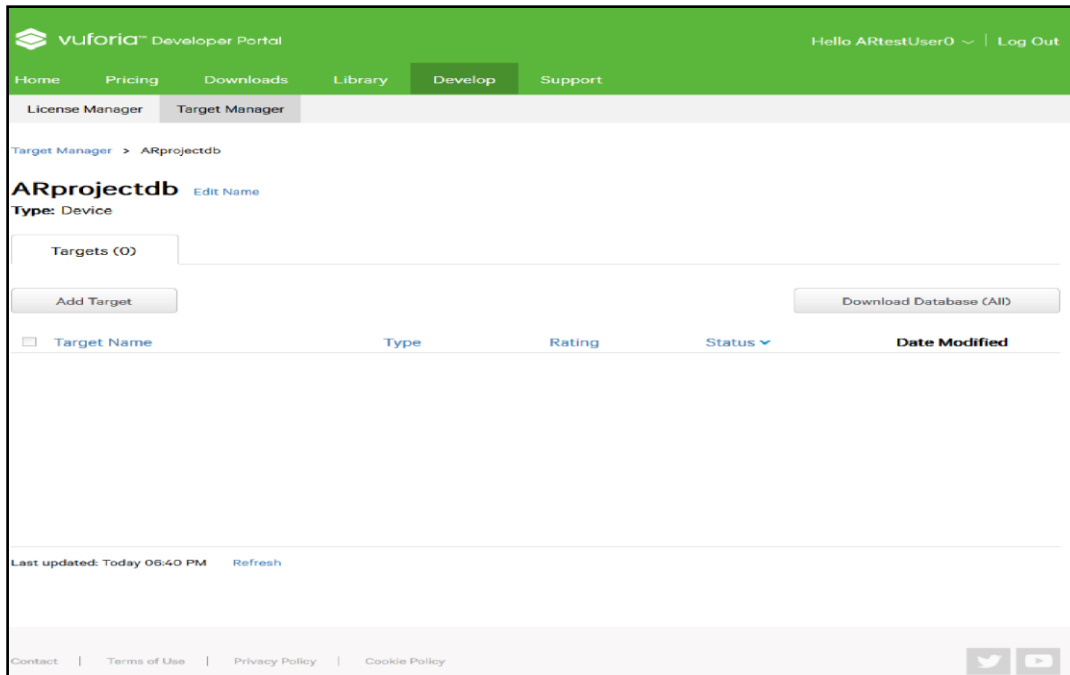
Εικόνα 2.7: Βήμα 6(α)

Δημιουργείται έτσι, στην καρτέλα Target Manager, μια νέα βάση δεδομένων για την εφαρμογή μας (Βήμα 6(β) - Εικόνα 2.8).



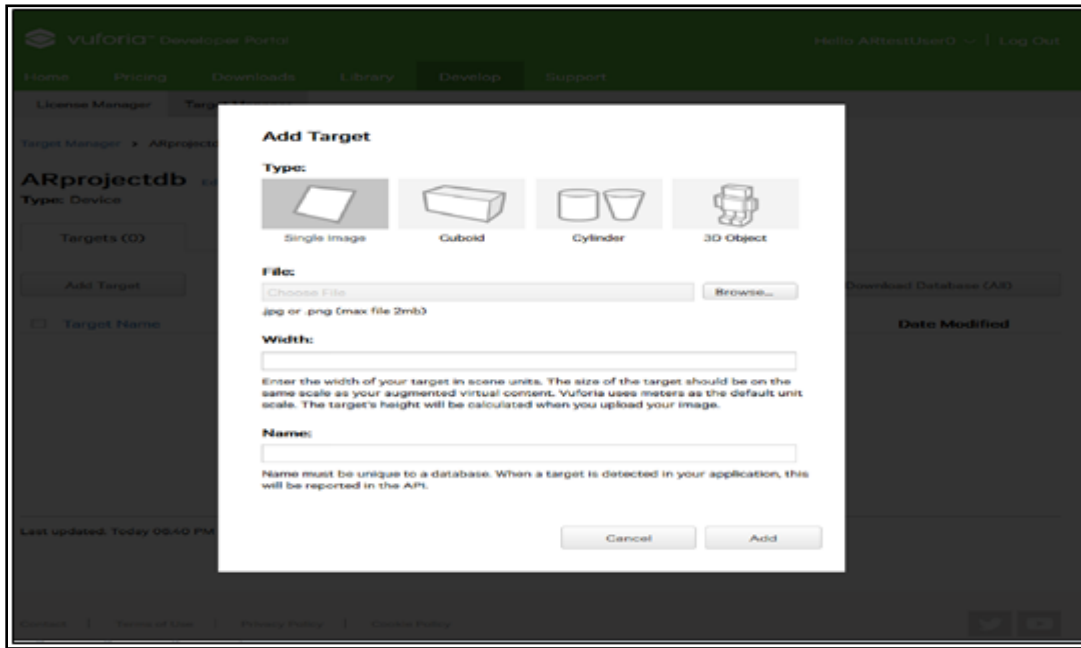
Εικόνα 2.8: Βήμα 6(β)

Βήμα 7 (α, β, γ): Για το επόμενο βήμα που είναι η προσθήκη εικόνων στόχου - δεικτών στη βάση δεδομένων μας, οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν στην εφαρμογή Ε.Π., επιλέγουμε τη βάση δεδομένων που δημιουργήσαμε και έπειτα επιλέγουμε: Προσθήκη Στόχου (Add Target) (Βήμα 7(α) - Εικόνα 2.9).



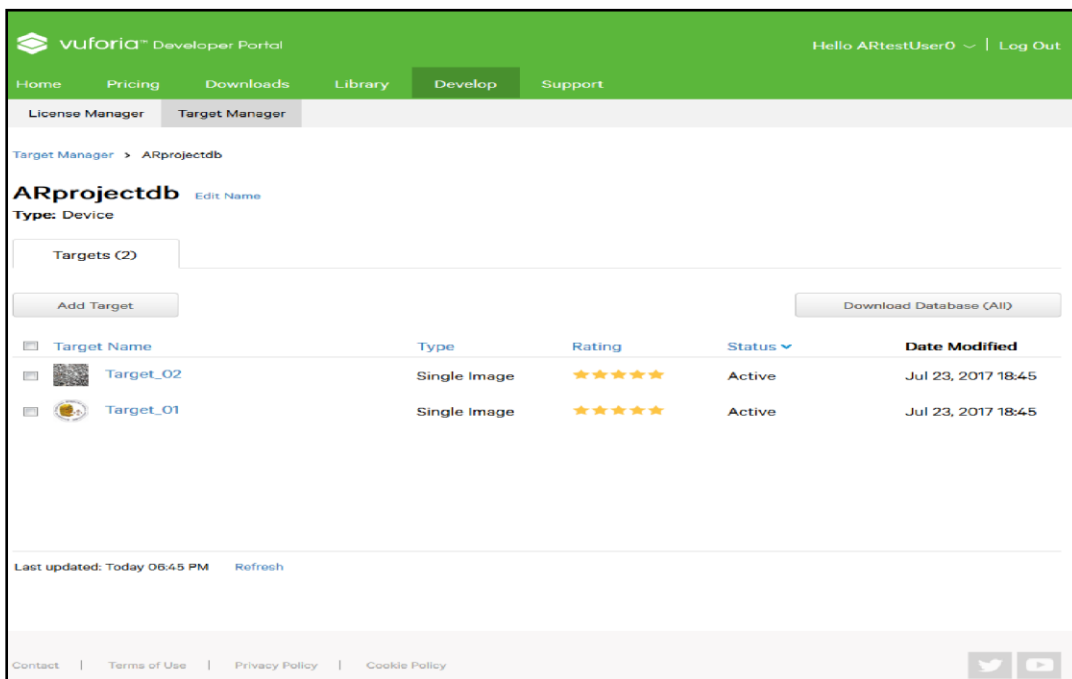
Εικόνα 2.9: Βήμα 7(α)

Αφού κάνουμε μεταφόρτωση (upload) της εικόνας που επιθυμούμε, καθορίζουμε την τιμή πλάτους (π.χ. 50) και την ονομασία της και επιλέγουμε: Προσθήκη (Add) (Βήμα 7(β) - Εικόνα 2.10).



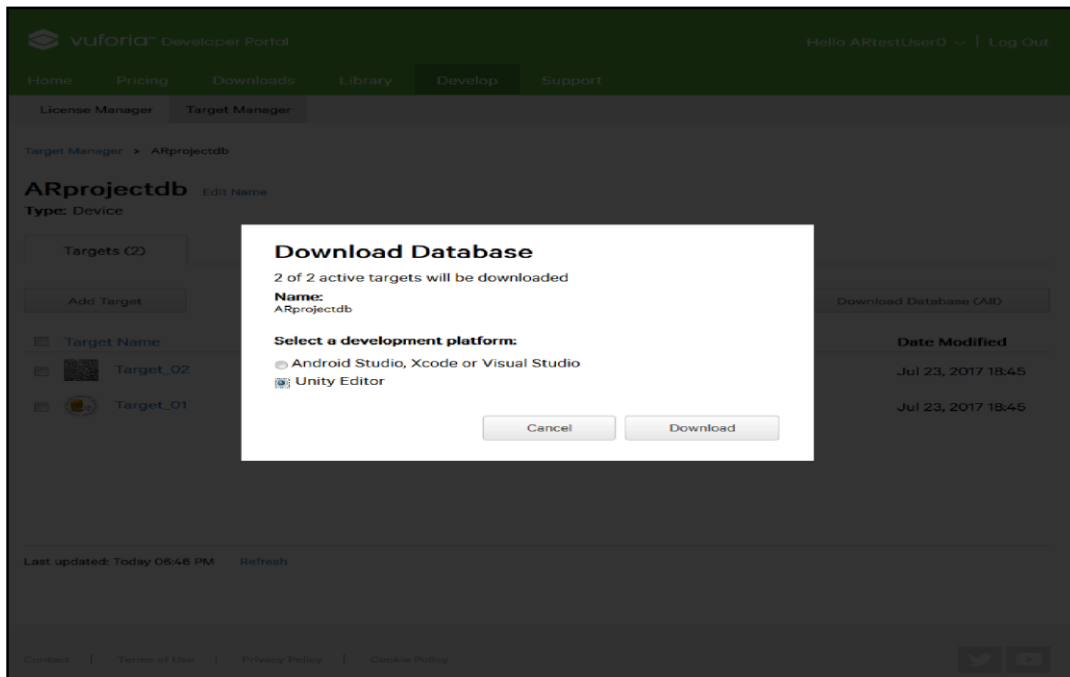
Εικόνα 2.10: Βήμα 7(β)

Αφού ολοκληρωθεί αυτή η διαδικασία, η εικόνα βαθμολογείται και αξιολογείται αυτόματα. Η βαθμολογία (Rating) μπορεί να είναι πολύ χαμηλή (ένα αστέρι) έως και πολύ υψηλή (πέντε αστέρια). Όσο πιο χαμηλή είναι η βαθμολογία τόσο πιο δύσκολος θα είναι ο εντοπισμός και η παρακολούθηση της εικόνας στόχου – δείκτη από την εφαρμογή Ε.Π. (Βήμα 7(γ) - Εικόνα 2.11).



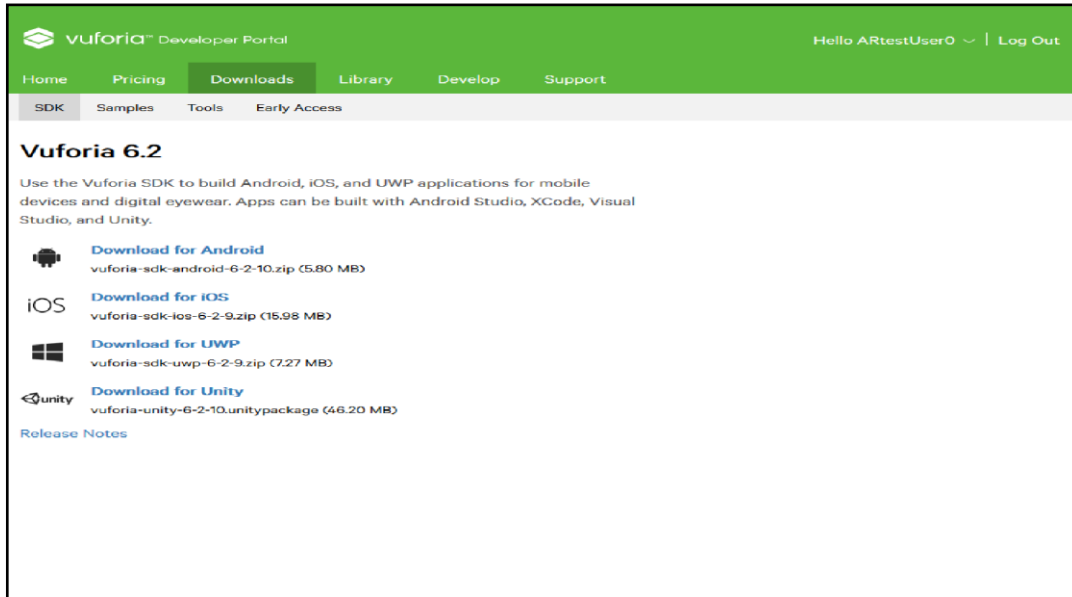
Εικόνα 2.11: Βήμα 7(γ)

Βήμα 8: Καθώς έχουμε δημιουργήσει πλέον μία βάση δεδομένων με εικόνες στόχους - δείκτες, αρχικά επιλέγουμε: Λήψη Βάσης Δεδομένων (Download Database), μετά επιλέγουμε: Unity Editor και στη συνέχεια επιλέγουμε: Λήψη (Download). Το αρχείο αυτό μπορούμε τώρα να το κάνουμε εισαγωγή (import) στο Unity Editor (Εικόνα 2.12).



Εικόνα 2.12: Βήμα 8

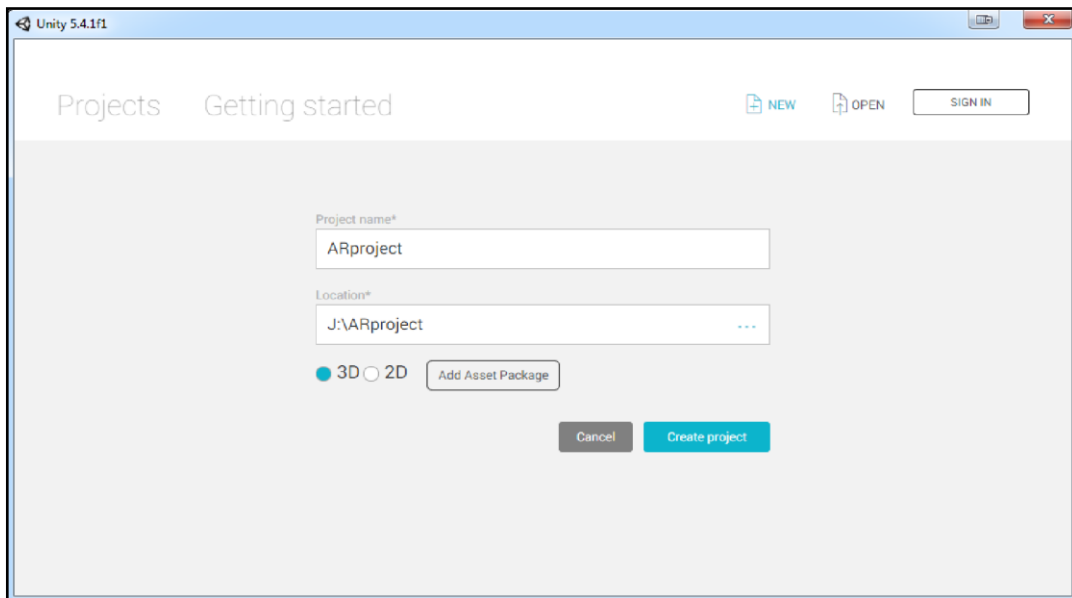
Βήμα 9: Για να ξεκινήσουμε να χρησιμοποιούμε το Unity Editor, πρέπει να κάνουμε λήψη του Vuforia plugin, μεταβαίνοντας στην καρτέλα Downloads → SDK και επιλέγοντας το πακέτο "Download for Unity", ολοκληρώνοντας έτσι τις απαραίτητες ενέργειες προετοιμασίας όσον αφορά τη πλατφόρμα Vuforia (Εικόνα 2.13).



Εικόνα 2.13: Βήμα 9

Βήμα 10: Στην συνέχεια, κατεβάζουμε (από τον σύνδεσμο: <https://unity3d.com/get-unity/download>), εγκαθιστούμε και ανοίγουμε το Unity Editor.

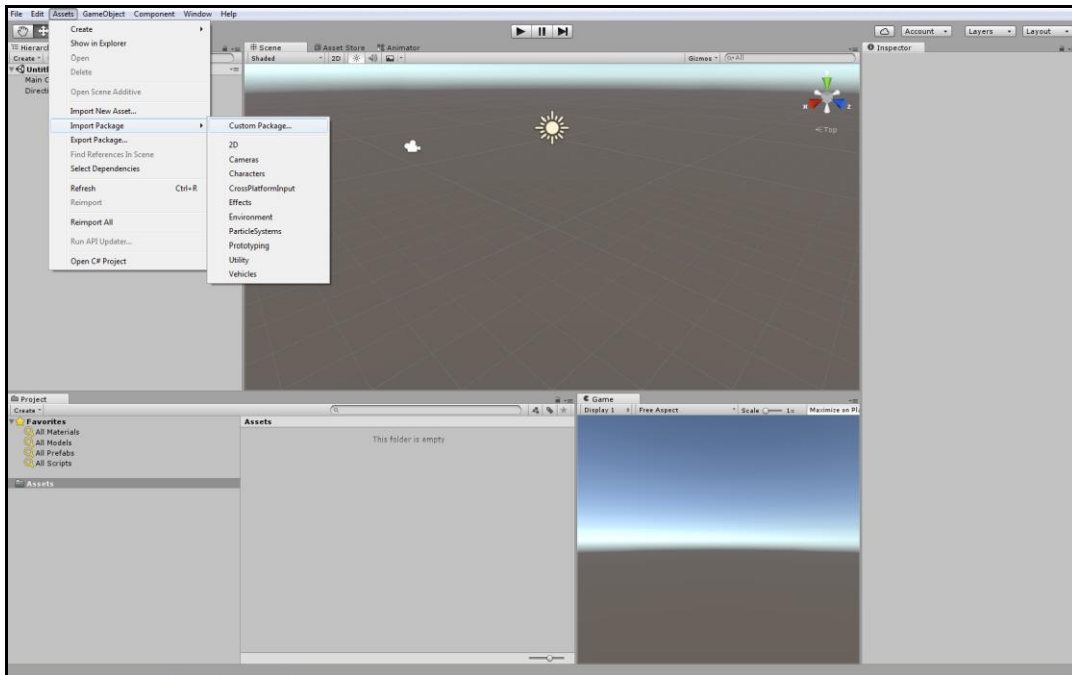
Βήμα 11: Για την δημιουργία της εφαρμογής Ε.Π. επιλέγουμε: New Project, προσδιορίζουμε το όνομα και την θέση της στον υπολογιστή, επιλέγουμε τον τύπο: 3D και ολοκληρώνουμε την διαδικασία επιλέγοντας: Create project (Εικόνα 2.14).



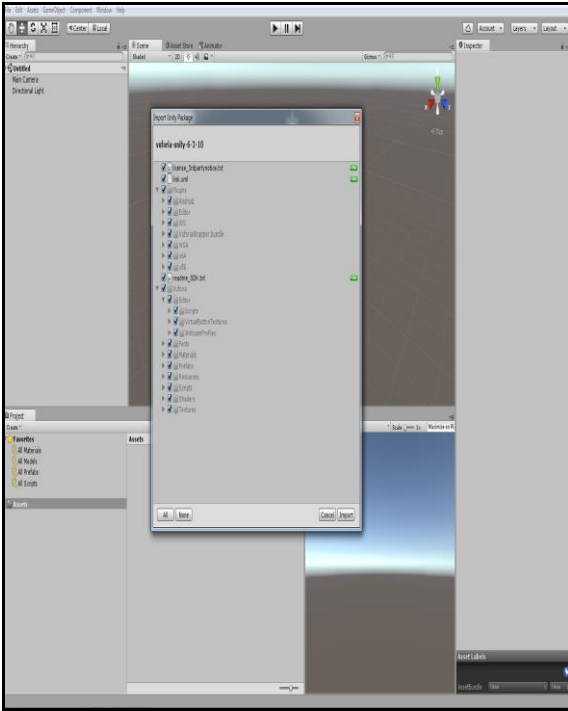
Εικόνα 2.14: Βήμα 11

Βήμα 12 (α, β, γ): Για να συνεχίσουμε πρέπει να εισάγουμε το πακέτο Vuforia-Unity και τη βάση δεδομένων με τις εικόνες στόχους – δείκτες που δημιουργήσαμε προηγουμένως. Για το σκοπό αυτό επιλέγουμε: Assets → Import Package → Custom Package (Βήμα 12(α) - Εικόνα 2.15) και κάνουμε εισαγωγή (Import) στο project μας τα ακόλουθα σύνολα δεδομένων:

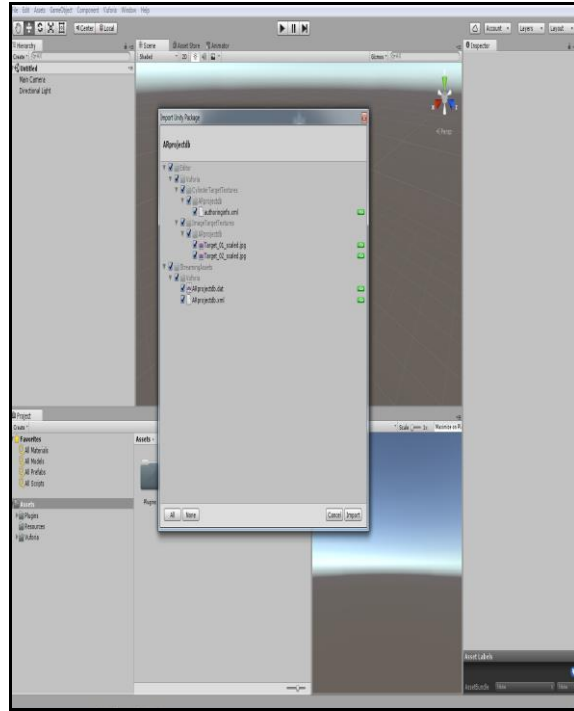
- 1) ARprojectdb.unitypackage (Βήμα 12(β) - Εικόνα 2.16)
- 2) vuforia-unity-6-2-10.unitypackage (Βήμα 12(γ) - Εικόνα 2.17)



Εικόνα 2.15: Βήμα 12(α)

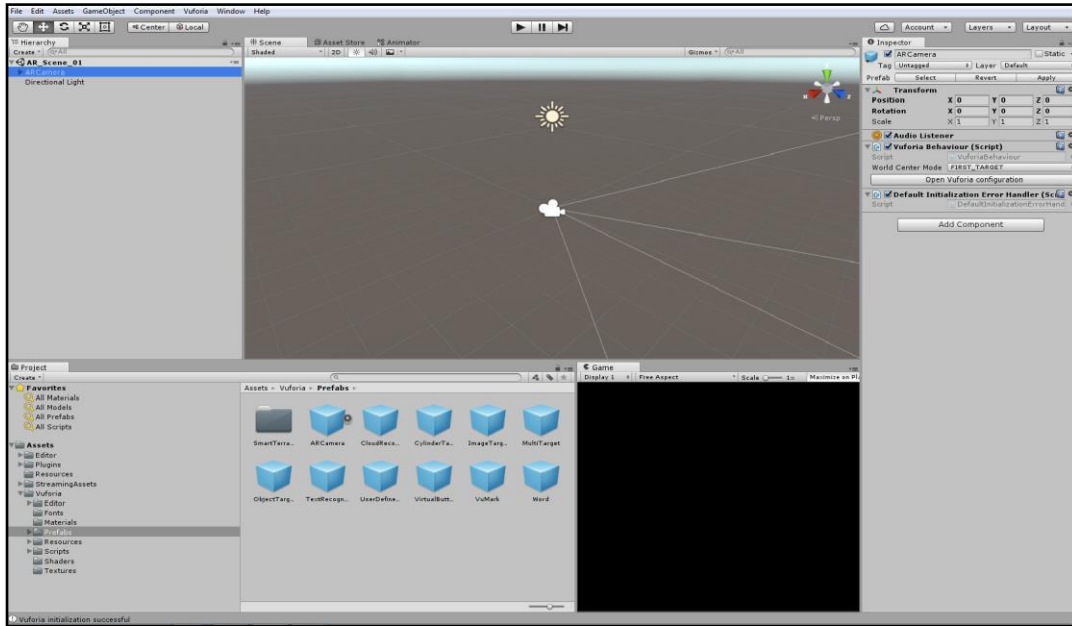


Εικόνα 2.16: Βήμα 12(β)



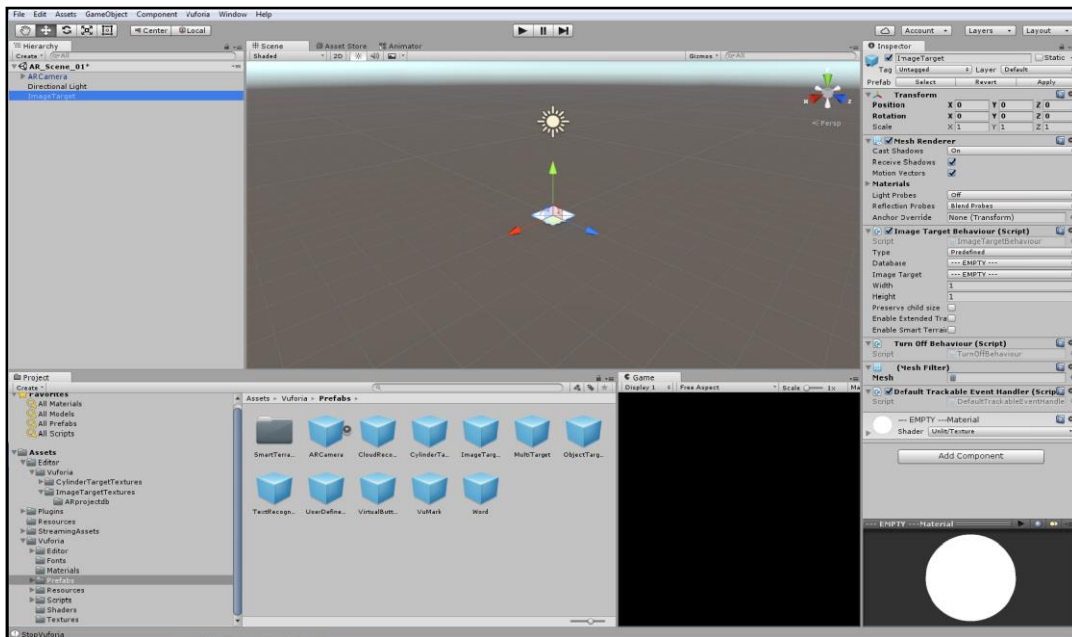
Εικόνα 2.17: Βήμα 12(γ)

Βήμα 13: Αφού εισάγουμε τα δεδομένα μας, διαγράφουμε την Main Camera από το πάνελ Hierarchy και έπειτα μεταβαίνουμε από το πάνελ Project στο φάκελο Vuforia → prefabs και επιλέγουμε και σύρουμε (drag & drop) το αντικείμενο ARCamera.prefab στο πάνελ Hierarchy (Εικόνα 2.18). Το αντικείμενο ARCamera είναι μια ειδικά διαμορφωμένη κάμερα με προκαθορισμένα script και λειτουργίες της Vuforia.



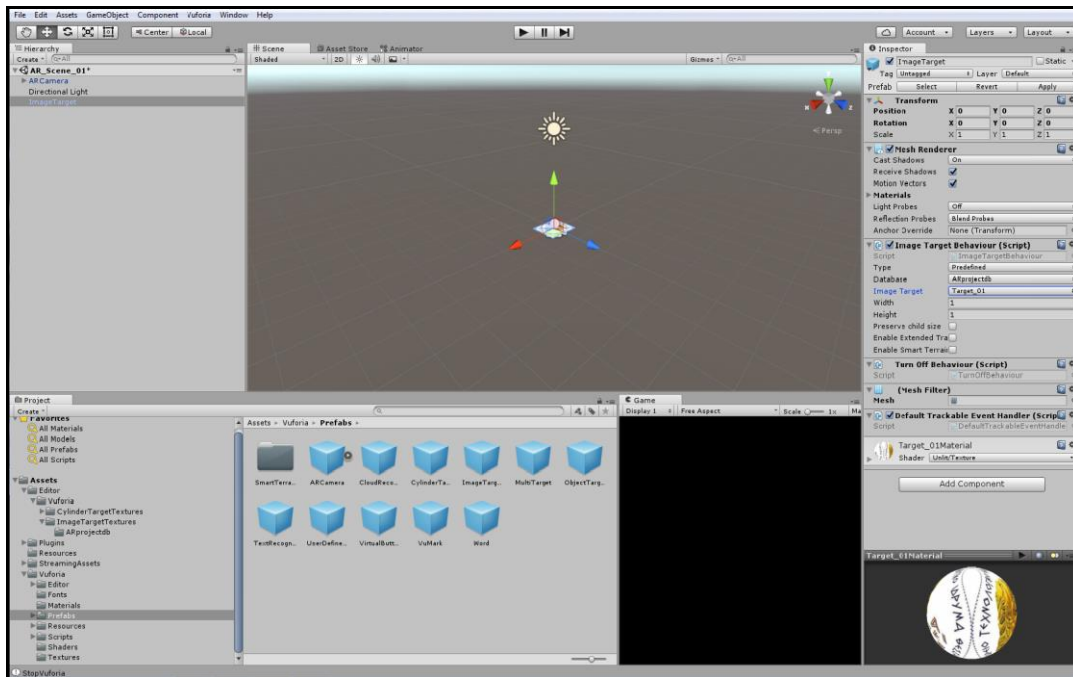
Εικόνα 2.18: Βήμα 13

Βήμα 14: Συνεχίζοντας, μεταβαίνουμε από το πάνελ Project στο φάκελο Vuforia → prefabs και επιλέγουμε και σύρουμε (drag & drop) το αντικείμενο ImageTarget.prefab στο πάνελ Hierarchy (Εικόνα 2.19). Χρησιμοποιώντας το αντικείμενο ImageTarget μπορούμε να ορίσουμε έναν δείκτη που θα εντοπισθεί και θα αναγνωρισθεί από την εφαρμογή και “πάνω” στον οποίο θα εμφανιστούν τα ψηφιακά αντικείμενα.



Εικόνα 2.19: Βήμα 14

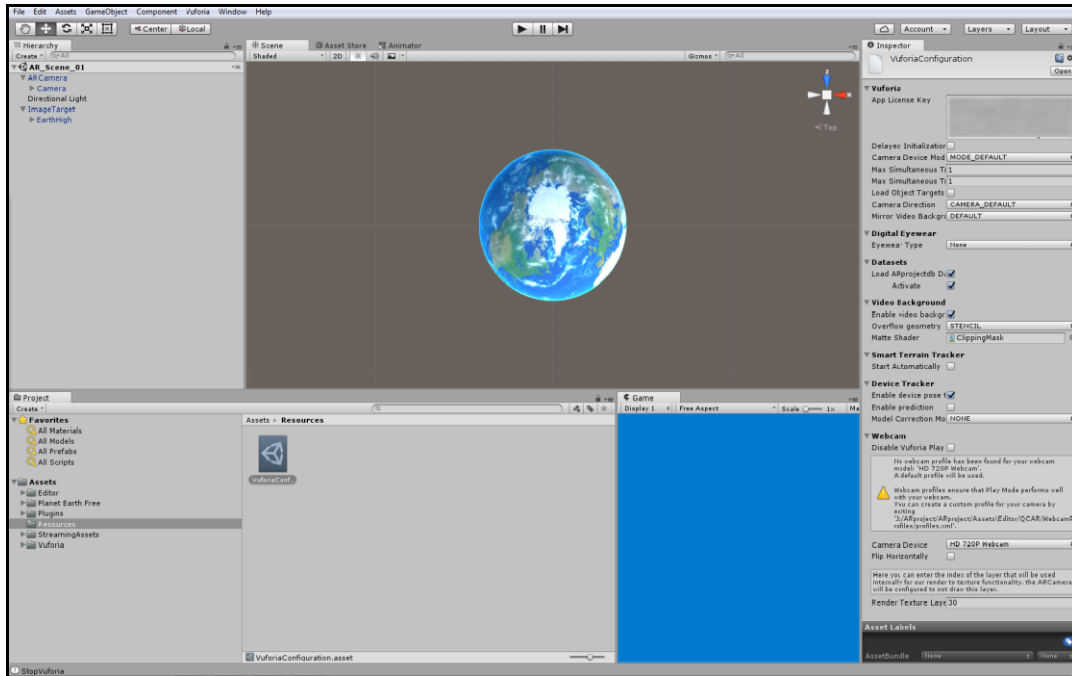
Βήμα 15: Επιλέγουμε από το πάνελ Hierarchy το αντικείμενο ImageTarget, από το πάνελ Inspector επιλέγουμε για το πεδίο Database την βάση δεδομένων που δημιουργήσαμε και κάνουμε εισαγωγή προηγουμένως και για το πεδίο Image Target την εικόνα που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε σαν στόχο – δείκτη (Εικόνα 2.20).



Εικόνα 2.20: Βήμα 15

Βήμα 16: Από το πάνελ Hierarchy επιλέγουμε το αντικείμενο ARCamera και εισάγουμε το κλειδί αδείας που δημιουργήθηκε από τη Vuforia προηγουμένως (βλέπε Εικόνα 2.5), στο πεδίο App License Key του πάνελ Inspector.

Στο πεδίο Datasets ενεργοποιούμε τις επιλογές Load <data base name> και Activate και στο πεδίο Camera Device επιλέγουμε την κάμερα που είναι συνδεδεμένη στον υπολογιστή μας και την οποία θα χρησιμοποιήσουμε για τον εντοπισμό της εικόνας στόχου – δείκτη (Εικόνα 2.21).



Εικόνα 2.21: Βήμα 16

Βήμα 17: Από το σημείο αυτό μπορούμε να αρχίσουμε να προσθέτουμε τρισδιάστατα αντικείμενα, εικόνες, ψηφιακά κουμπιά, script, ήχους κ.ά., τα οποία έχουμε επιλέξει ως κατάλληλα για τις ανάγκες και τις απαιτήσεις της εφαρμογής μας, προσέχοντας, όμως, τα αντικείμενα που θέλουμε να απεικονίζονται ως μία επαύξηση του περιβάλλοντος να είναι εμφωλευμένα στο αντικείμενο ImageTarget.

Για την λήψη χρήσιμων plugin που προσφέρουν επιπλέον λειτουργίες μεταβαίνουμε στην ιστοσελίδα: <https://developer.vuforia.com/downloads/samples> και επιλέγουμε τα ακόλουθα πακέτα:

Core Features

- Image Targets
- VuMark
- Object Recognition
- Cylinder Targets
- Multi Targets
- User Defined Targets

- Smart Terrain (Unity only)
- Cloud Recognition
- Text Recognition
- Virtual Buttons

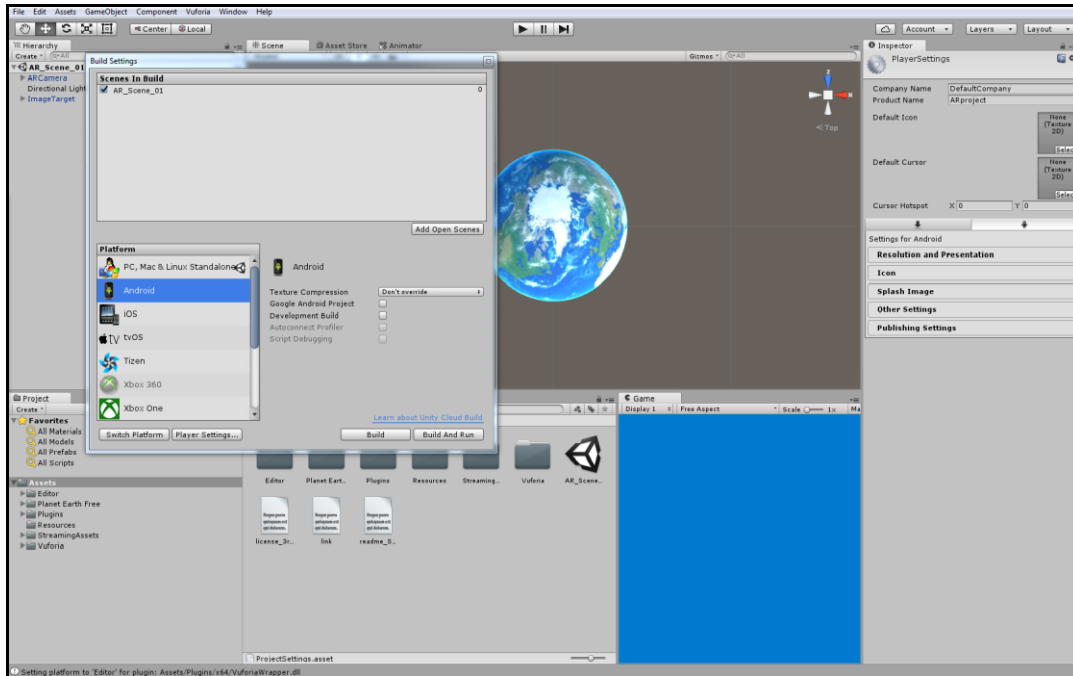
Advanced Topics

- Occlusion Management
- Background Texture Access
- Video Playback
- Dominoes
- Image Targets in C++
- Image Targets Metal (iOS only)

Βήμα 18: Εφόσον έχουμε τελειώσει με τις προσθήκες και τις τροποποιήσεις των αντικειμένων και προκειμένου να δημιουργήσουμε το εκτελέσιμο αρχείο της εφαρμογής μας (στο παράδειγμά μας: Android), είναι αναγκαίο να προχωρήσουμε στην διαδικασία “build” του project μας, επιλέγοντας: File → Build settings και μετά να επιλέξουμε από το πάνελ Platforms την πλατφόρμα που επιθυμούμε και χρησιμοποιώντας την επιλογή: Add open scenes να επιλέξουμε τις σκηνές (Scenes) που θέλουμε να συμπεριλάβουμε στην εφαρμογή μας.

Στη συνέχεια επιλέγουμε: Player Settings και εμφανίζεται το πάνελ Inspector PlayerSettings, όπου μας δίνεται η δυνατότητα να τροποποιήσουμε τις ρυθμίσεις της εφαρμογής μας, όπως π.χ. όνομα, εικονίδιο, δημιουργός, ανάλυση κ.ά.

Τέλος επιλέγουμε: είτε Build είτε Build And Run προκειμένου να πραγματοποιήσουμε το compile της εφαρμογής μας (Εικόνα 2.22).



Εικόνα 2.22: Βήμα 18

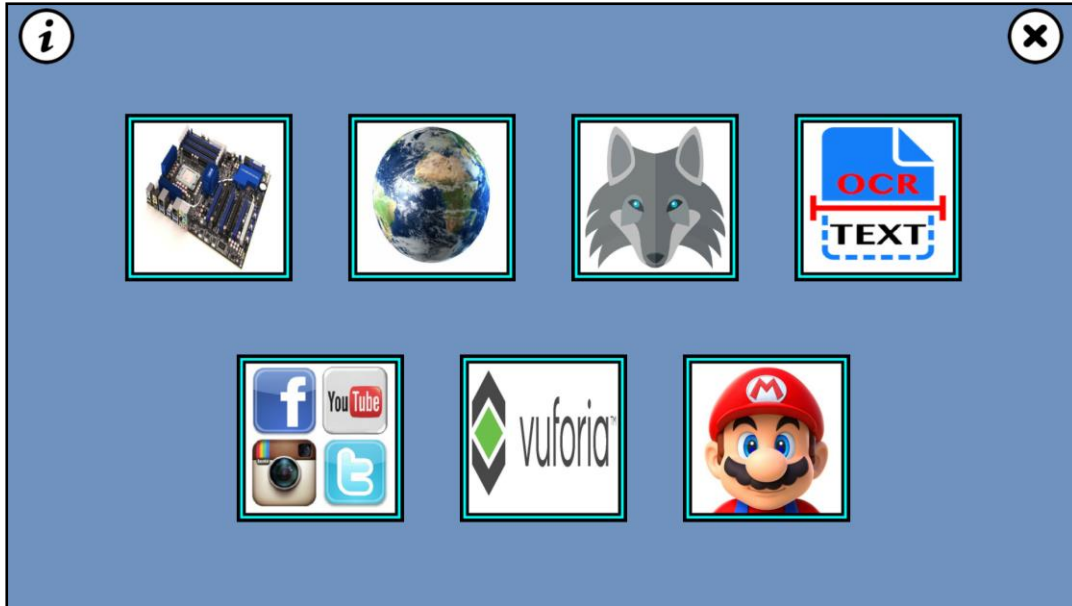
Στο σημείο αυτό έχουμε ολοκληρώσει τη διαδικασία δημιουργίας του εκτελέσιμου αρχείου της εφαρμογής μας, το οποίο και μπορούμε πλέον να εγκαταστήσουμε σε κατάλληλες συσκευές για να εκτελέσουμε την εφαρμογή μας.

7.2 Περιγραφή εφαρμογής android Επαυξημένης Πραγματικότητας εκπαιδευτικού υλικού

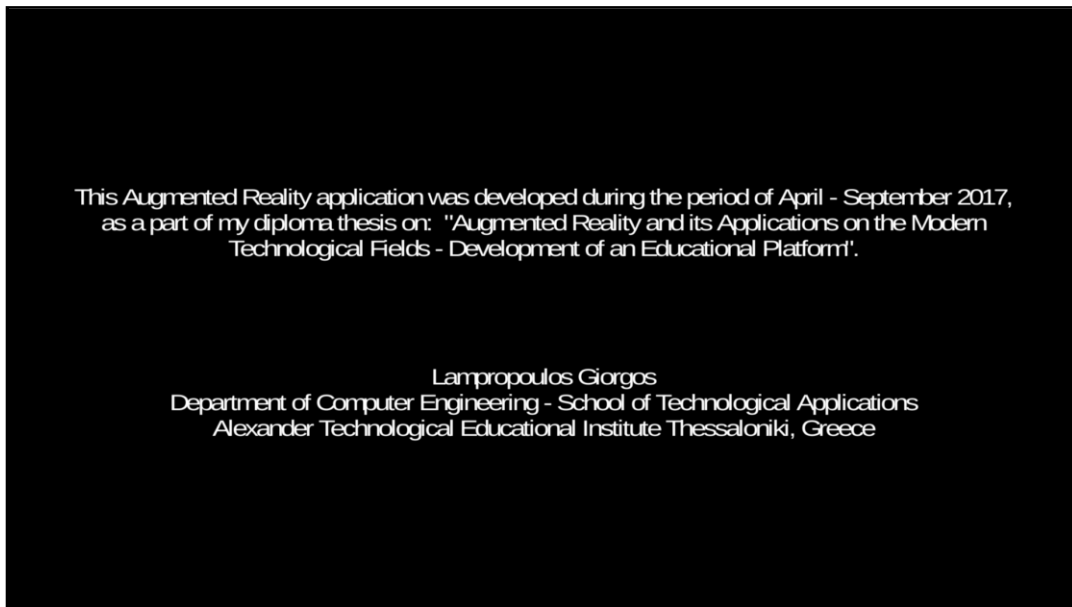
Η εφαρμογή android αναπτύχθηκε χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα Vuforia (www.vuforia.com) σε συνδυασμό με το Unity Editor (www.unity3d.com) και περιλαμβάνει χαρακτηριστικά παραδείγματα των δυνατοτήτων και των λειτουργιών της Επαυξημένης Πραγματικότητας.

Κεντρικό μενού

Στο κεντρικό μενού απεικονίζονται τα εικονίδια των επτά (7) παραδειγμάτων εφαρμογής Ε.Π., από τα οποία ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει (Εικόνα 3.1), το κουμπί τερματισμού της εφαρμογής (επάνω δεξιά) και το κουμπί εμφάνισης καθώς και το κουμπί εμφάνισης των διαπιστευτηρίων (επάνω αριστερά) (Εικόνα 3.2).



Εικόνα 3.1: Κεντρικό μενού εφαρμογής Ε.Π.

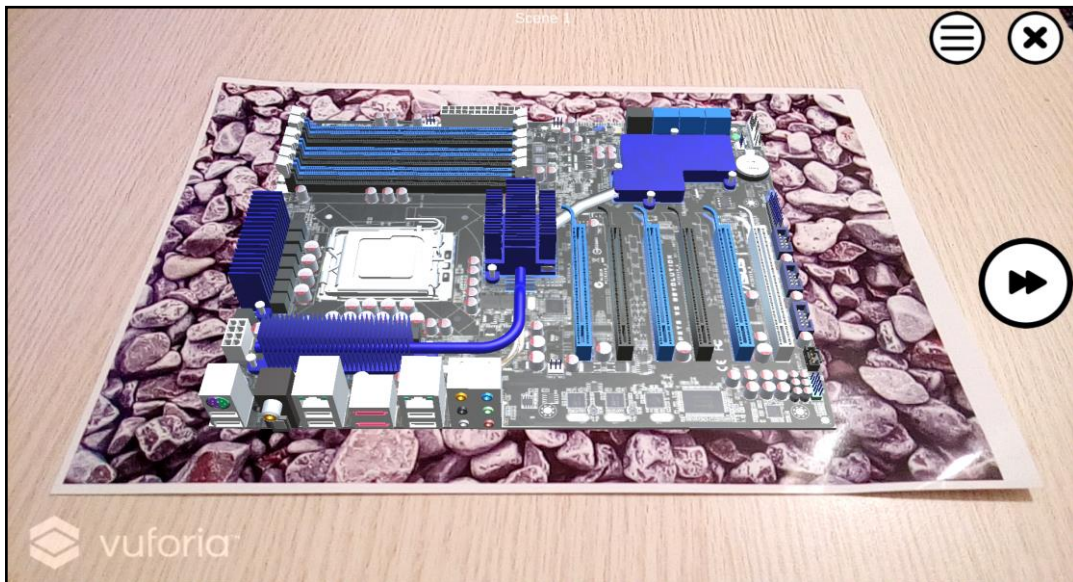


Εικόνα 3.2: Διαπιστευτήρια εφαρμογής Ε.Π.

Παράδειγμα 1

Το πρώτο παράδειγμα παρουσιάζει την δυνατότητα του Vuuforia να εντοπίζει και να αναγνωρίζει έναν δείκτη της τοπικής βάσης και να απεικονίζει σταθερά μη μεταβαλλόμενα τρισδιάστατα αντικείμενα (Εικόνα 3.3).

Ως δείκτης χρησιμοποιήθηκε το αντικείμενο ImageTarget.prefab του Vuuforia, στο οποίο ορίσαμε μία από τις εικόνες της τοπικής ενσωματωμένης βάσης.

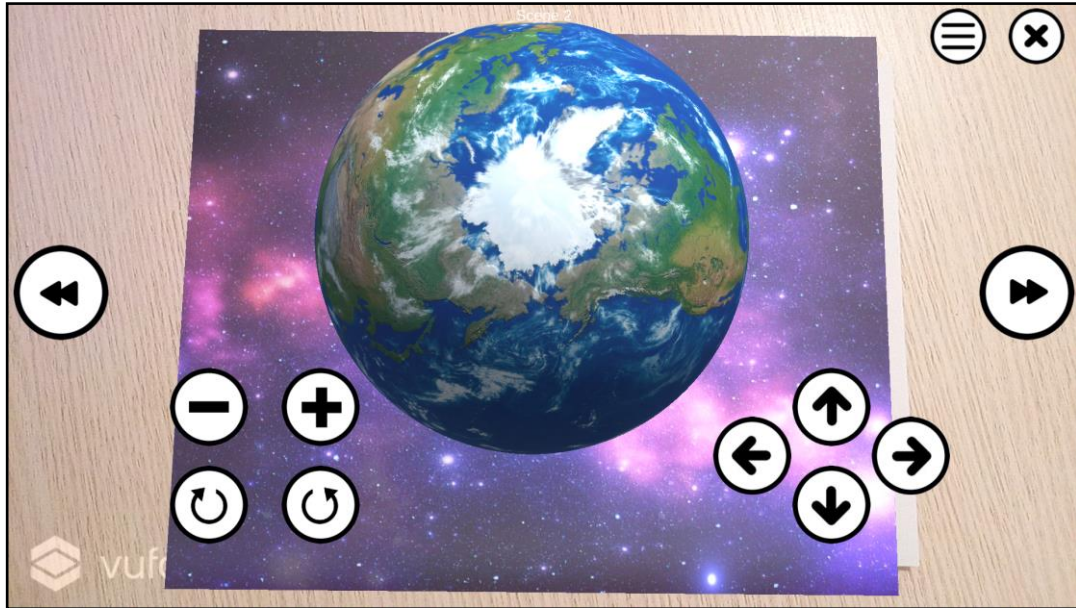


Εικόνα 3.3: Πρώτο παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π.

Παράδειγμα 2

Το δεύτερο παράδειγμα παρουσιάζει την δυνατότητα του Vuuforia να εντοπίζει και να αναγνωρίζει έναν δείκτη της τοπικής βάσης και να απεικονίζει σταθερά τρισδιάστατα αντικείμενα. Με την χρήση ψηφιακών κουμπιών δίνεται στον χρήστη η δυνατότητα τροποποίησης του αντικειμένου σε πραγματικό χρόνο και χώρο, είτε μετακινώντας το, είτε αυξομειώνοντας το μέγεθός του, είτε ακόμη και περιστρέφοντάς το (Εικόνα 3.4).

Ως δείκτης χρησιμοποιήθηκε το αντικείμενο ImageTarget.prefab του Vuuforia, στο οποίο ορίσαμε μία από τις εικόνες της τοπικής ενσωματωμένης βάσης.

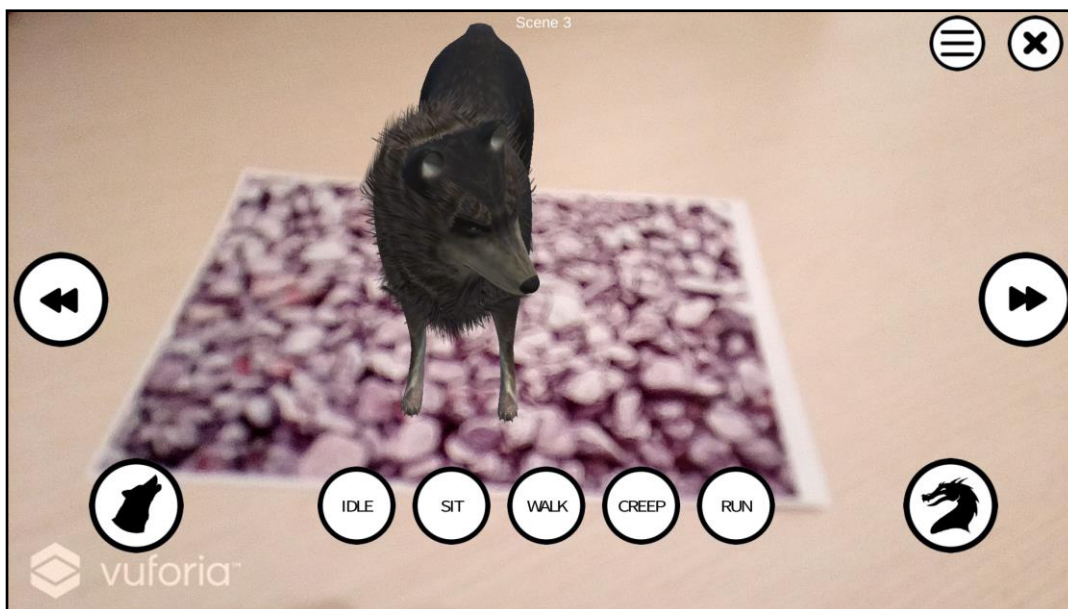


Εικόνα 3.4: Δεύτερο παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π.

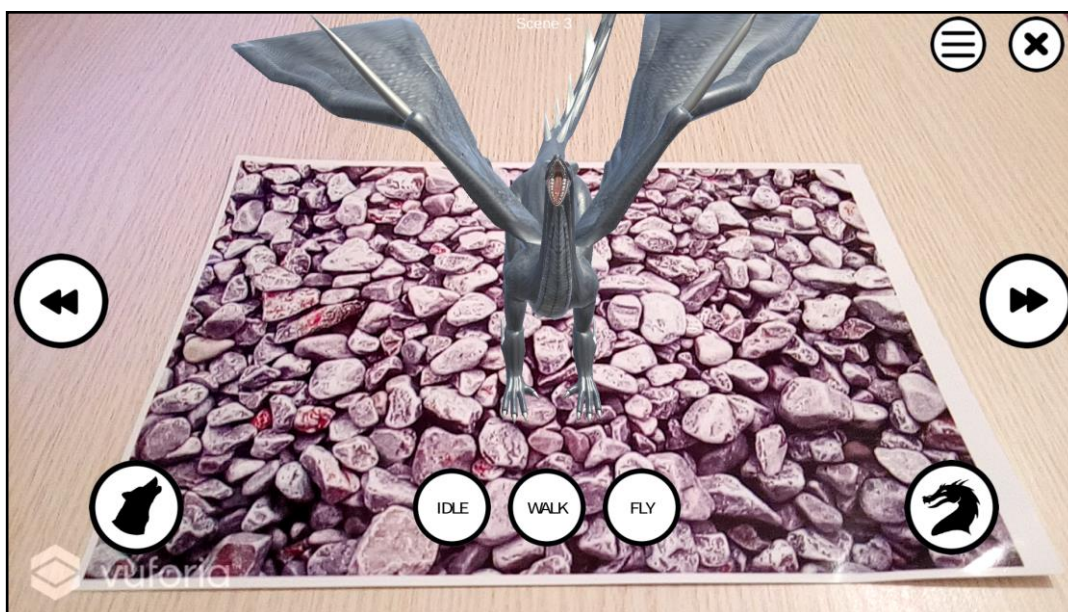
Παράδειγμα 3

Το τρίτο παράδειγμα παρουσιάζει την δυνατότητα του Vufo να εντοπίζει και να αναγνωρίζει έναν δείκτη της τοπικής βάσης και να απεικονίζει κινούμενα τρισδιάστατα αντικείμενα. Με την χρήση ψηφιακών κουμπιών δίνεται στον χρήστη η δυνατότητα να αλλάξει είτε το προβαλλόμενο αντικείμενο, είτε τις κινήσεις (animation) του. Μαζί με την αλλαγή του αντικειμένου πραγματοποιείται και η αλλαγή των κουμπιών του UI (Εικόνα 3.5 & Εικόνα 3.6).

Ως δείκτης χρησιμοποιήθηκε το αντικείμενο ImageTarget.prefab του Vufo, στο οποίο ορίσαμε μία από τις εικόνες της τοπικής ενσωματωμένης βάσης.



Εικόνα 3.5: Τρίτο παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. (α)



Εικόνα 3.6: Τρίτο παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. (β)

Παράδειγμα 4

Το τέταρτο παράδειγμα παρουσιάζει τη δυνατότητα του Vuforia να αναγνωρίζει λέξεις που υπάρχουν μέσα στο λεξιλόγιο Vuforia.vwl. Έπειτα από τον εντοπισμό και την αναγνώριση των λέξεων εμφανίζονται αντίστοιχα αντικείμενα (Εικόνα 3.7).

Ως δείκτες χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικά αντικείμενα TextRecognition.prefab του plugin Core Features του Vuforia, σε κάθε ένα από τα οποία ορίστηκε μία ξεχωριστή λέξη του λεξιλογίου Vuforia.vwl.

Για την λήψη του plugin μεταβαίνουμε στην ιστοσελίδα:

<https://developer.vuforia.com/downloads/samples> και επιλέγουμε το Core Features για Unity Editor.



Εικόνα 3.7: Τέταρτο παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π.

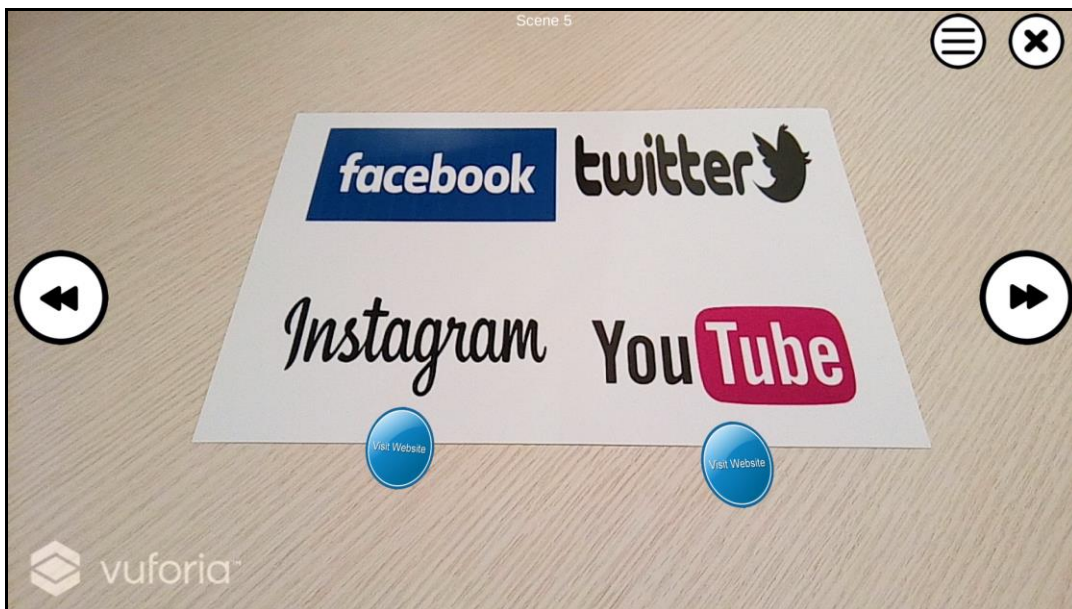
Παράδειγμα 5

Το πέμπτο παράδειγμα παρουσιάζει τη δυνατότητα του Vuforia να αναγνωρίζει ταυτόχρονα διαφορετικούς δείκτες. Έπειτα από την αναγνώριση των δεικτών, εμφανίζεται ένα ψηφιακό κουμπί, το οποίο σύμφωνα με το είδος του κάθε δείκτη ανακατευθύνει στην αντίστοιχη ιστοσελίδα (Εικόνα 3.8 & Εικόνα 3.9).

Ως δείκτες χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικά αντικείμενα ImageTarget.prefab του Vuforia, σε κάθε ένα από τα οποία ορίστηκε μία ξεχωριστή εικόνα της τοπικής ενσωματωμένης βάσης.



Εικόνα 3.8: Πέμπτο παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. (α)



Εικόνα 3.9: Πέμπτο παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π. (β)

Παράδειγμα 6

Το έκτο παράδειγμα παρουσιάζει τη δυνατότητα του Vuforia να αναπαράγει βίντεο σε πραγματικό χρόνο. Έπειτα από τον εντοπισμό και την αναγνώριση του δείκτη εμφανίζεται το βίντεο με το κουμπί έναρξης ή παύσης (Εικόνα 3.10).

Ως δείκτης χρησιμοποιήθηκε το αντικείμενο Video.Prefab, του plugin Advanced Topics του Vuforia, σε συνδυασμό με το αντικείμενο ImageTarget.prefab του vuforia.

Για την λήψη του plugin μεταβαίνουμε στην ιστοσελίδα:

<https://developer.vuforia.com/downloads/samples> και επιλέγουμε το Advanced Topics για Unity Editor.

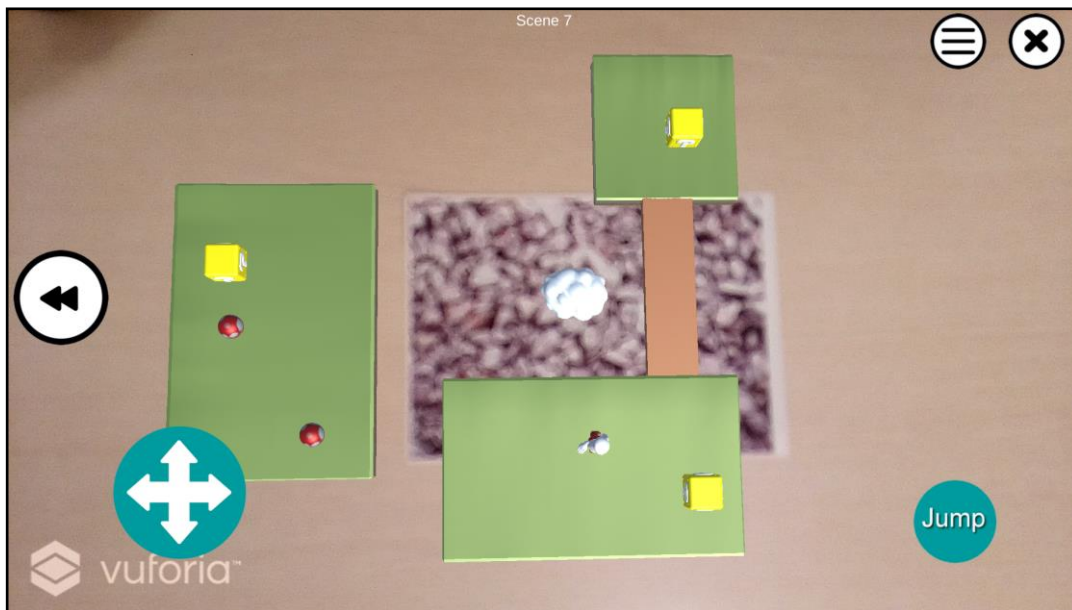


Εικόνα 3.10: Έκτο παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π.

Παράδειγμα 7

Το έβδομο παράδειγμα παρουσιάζει τη δυνατότητα του Vuforia να υποστηρίξει τρισδιάστατα παιχνίδια, καθώς και χειριστήρια άλλων πλατφόρμων (όπως π.χ. android συσκευών). Έπειτα από τον εντοπισμό και την αναγνώριση του δείκτη εμφανίζονται ο παίκτης, οι αντίπαλοι, η πίστα καθώς και τα κατάλληλα χειριστήρια (Εικόνα 3.11).

Ως δείκτης χρησιμοποιήθηκε το αντικείμενο ImageTarget.prefab του Vuforia, στο οποίο ορίσαμε μία από τις εικόνες της τοπικής ενσωματωμένης βάσης. Για την ενσωμάτωση του χειριστήριου android επιλέγουμε: Asset → Import Package → CrossPlatformInput και αφού αυτή ολοκληρωθεί, έχουμε την δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε το αντικείμενο MobileSingleStickControl.prefab.

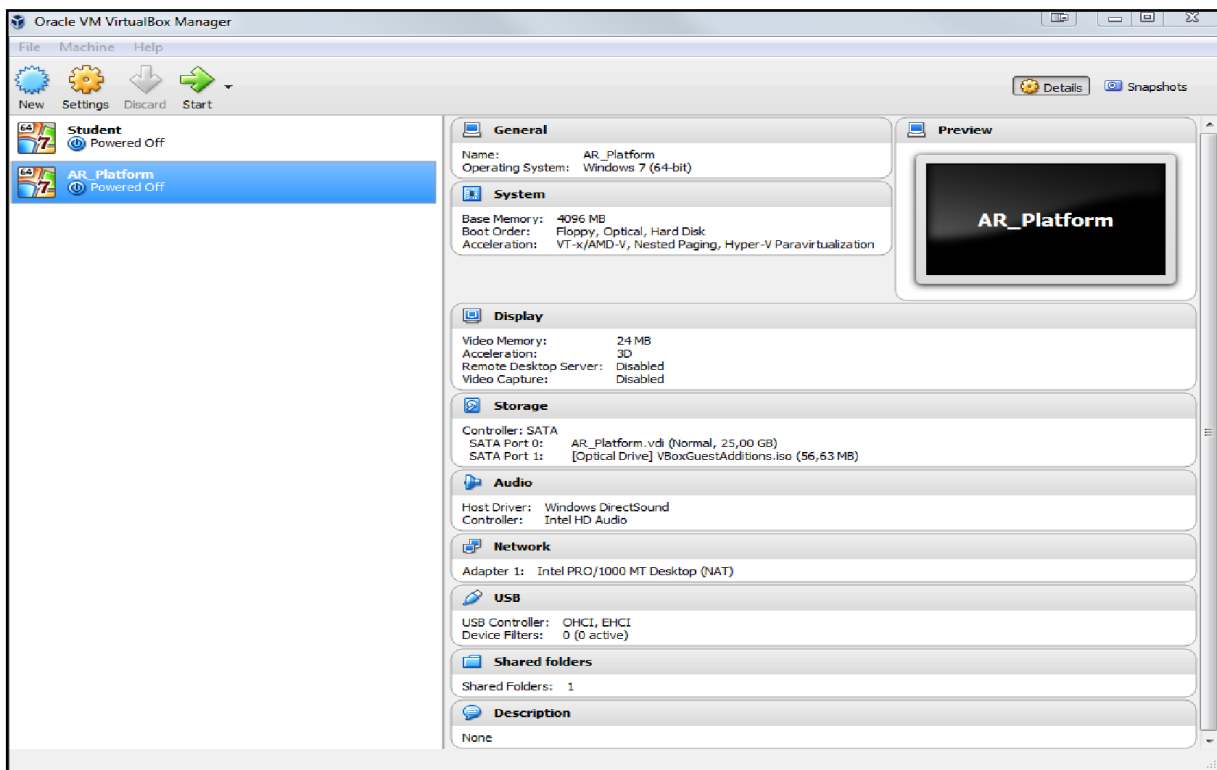


Εικόνα 3.11: Έβδομο παράδειγμα εφαρμογής Ε.Π.

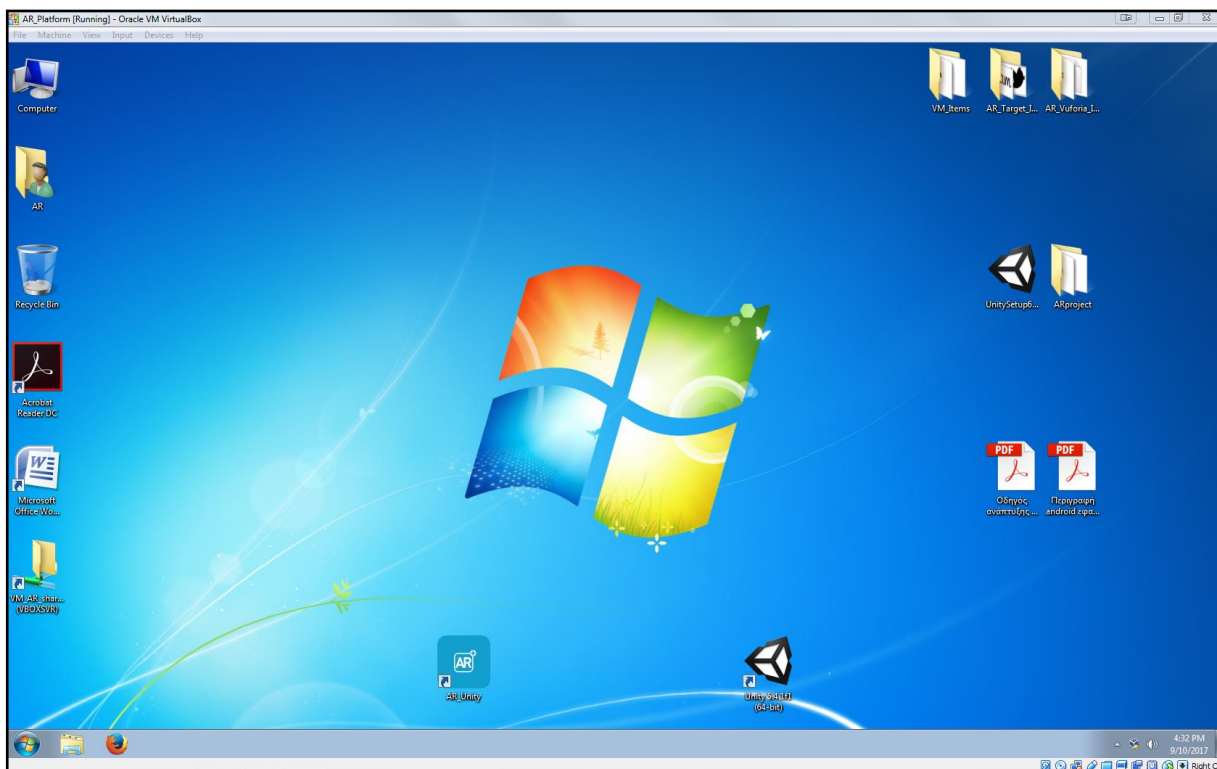
7.3 Πλατφόρμα Επαυξημένης Πραγματικότητας εκπαιδευτικού υλικού

Η πλατφόρμα εκπαιδευτικού υλικού αναπτύχθηκε με την χρήση του Virtual Box (www.virtualbox.org) και περιλαμβάνει: την υλοποίηση της εφαρμογής στο Unity Editor, την περιγραφή των παραδειγμάτων της και οδηγίες για την εκτέλεσή της, καθώς και οδηγίες για την ανάπτυξη εφαρμογών Ε.Π. βασισμένων στην χρήση δεικτών (Marker Based).

«Πτυχιακή εργασία του φοιτητή Λαμπρόπουλου Γεώργιου»



Εικόνα 4.1: Πλατφόρμα Ε.Π. εκπαιδευτικού υλικού (α).



Εικόνα 4.2: Πλατφόρμα Ε.Π. εκπαιδευτικού υλικού (β).

Κεφάλαιο 8: Η τρέχουσα κατάσταση, οι περιορισμοί και οι μελλοντικές τάσεις της Επαυξημένης Πραγματικότητας

Η Ε.Π. εξελίσσεται ραγδαία σε μία τεχνολογία με καθοριστικό ρόλο στην ζωής μας. Το γεγονός ότι η τεχνολογία για την υποστήριξη της Ε.Π. γίνεται πιο εκλεπτυσμένη, η δημιουργία του ψηφιακού περιεχομένου γίνεται ευκολότερη και παράλληλα αναπτύσσονται νεώτεροι και καλύτεροι μηχανισμοί αλληλεπίδρασης και αναπαράστασης, έχει σαν αποτέλεσμα η Ε.Π. να γίνεται όλο και περισσότερο μέρος της καθημερινής ζωής, επηρεάζοντας την αίσθηση του κόσμου, την εκπαίδευσή μας, την ιατρική μας ανάλυση και θεραπεία, την ψυχαγωγία μας και πολλά άλλα.

8.1 Τρέχουσα κατάσταση

Παρόλο που το πεδίο της Ε.Π. αλλάζει και αναπτύσσεται ταχύτατα, είναι απαραίτητος ένας απολογισμός και μία αξιολόγηση της τρέχουσας κατάστασης στους τομείς των εφαρμογών, της τεχνολογίας και της ανάπτυξης του περιεχομένου της.

Η Κατάσταση των Εφαρμογών Επαυξημένης Πραγματικότητας

Η Ε.Π. υιοθετείται γρήγορα σε ποικίλους τομείς εφαρμογής που την καθιστούν επίκεντρο της προσοχής του κοινού, π.χ. πραγματοποιούνται ήδη διαφημιστικές καμπάνιες που χρησιμοποιούν την Ε.Π. ως βασικό μέρος της καμπάνιας τους.

Σημαντικές, έως σήμερα, είναι οι εφαρμογές της Ε.Π. στον ιατρικό και χειρουργικό τομέα, όπου η ανάπτυξή τους υπόσχεται τεχνολογικές βελτιώσεις προς όφελος της υγείας του πληθυσμού, αλλά και σε ένα άλλο βασικό τομέα, αυτόν της εκπαίδευσης, όπου, εκτός από τα “μαγικά” βιβλία, η Ε.Π. χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με παιχνίδια και επιτρέπει στους μαθητές να συμμετέχουν σε εικονικές “εργαστηριακές” εμπειρίες.

Επειδή οι καλλιτέχνες είναι συχνά οι πρώτοι που υιοθετούν τις νέες τεχνολογίες, καθώς τις θεωρούν ως ένα νέο μέσο, στο οποίο μπορούν να εκφράσουν τις ιδέες τους, ένας άλλος τομέας στον οποίο έχουν αναπτυχθεί πολλές εφαρμογές Ε.Π. είναι η

τέχνη, ενώ πολλές άλλες εφαρμογές της έχουν ήδη γίνει δημοφιλείς σε διάφορες ψυχαγωγικές δραστηριότητες (Craig, 2013).

Η Κατάσταση της Τεχνολογίας Επαυξημένης Πραγματικότητας

Το υλικό και το λογισμικό Ε.Π. βελτιώνονται με ραγδαίο ρυθμό. Μερικοί από τους περιοριστικούς παράγοντες σε αυτή την χρονική στιγμή είναι η ποσότητα μνήμης που διατίθεται σε φορητές συσκευές για την αποθήκευση ψηφιακών αντικειμένων. Η καθυστέρηση του δικτύου απαιτεί προσοχή στην επιλογή της αρχιτεκτονικής του συστήματος, για το αν το περιεχόμενο πρέπει να αποθηκεύεται στη συσκευή ή σε έναν απομακρυσμένο διακομιστή. Έχουν πραγματοποιηθεί σημαντικές βελτιώσεις στην ανίχνευση φυσικών χαρακτηριστικών, έτσι ώστε η χρήση τεχνητών δεικτών αναφοράς να είναι λιγότερο αναγκαία. Ωστόσο, υπάρχει ακόμα περιθώριο βελτίωσης στους αλγόριθμους ηλεκτρονικής όρασης που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση σκηνών και τον προσδιορισμό της θέσης των χρηστών (Craig, 2013).

Η κατάσταση της αύξησης του περιεχομένου της πραγματικότητας

Η ανάπτυξη του περιεχομένου αποτελεί σήμερα τη μεγαλύτερη συμφόρηση στη δημιουργία εφαρμογών Ε.Π.. Παρόλο που υπάρχουν διαθέσιμα περιβάλλοντα ανάπτυξης περιεχομένου που απλοποιούν τη διαδικασία αυτή, εξακολουθεί να απαιτείται αρκετός χρόνος και προγραμματιστική ικανότητα για τη δημιουργία του. Προκειμένου η Ε.Π. να γίνει πιο διαδεδομένη, πρέπει να γίνει πιο προσιτή, ώστε να μην απαιτούνται εξειδικευμένες τεχνικές και καλλιτεχνικές δεξιότητες για τη δημιουργία περιεχομένου και εφαρμογών. Φυσικά, θα εμφανίζεται πάντα μια διαφορά στο περιεχόμενο και τις εφαρμογές που αναπτύσσονται από ειδικούς, αλλά η τοποθέτηση των κατάλληλων εργαλείων στα χέρια των χρηστών θα επιτρέψει σε πολλούς να συμμετάσχουν στη δημιουργία και κατανάλωση του περιεχομένου και των εφαρμογών Ε.Π. (Craig, 2013).

8.2 Περιορισμοί

Η Ε.Π. αντιμετωπίζει τεχνικές προκλήσεις όσον αφορά π.χ. τη διοπτρική θέαση (binocular view), την υψηλή ανάλυση, το βάθος χρώματος, τη φωτεινότητα, την αντίθεση, το οπτικό πεδίο και το βάθος εστίασης.

Εντούτοις, πριν γίνει η αποδοχή της Ε.Π. ως μέρος της καθημερινής ζωής του χρήστη, όπως συνέβη με το κινητό τηλέφωνο, πρέπει επίσης να αντιμετωπιστούν ζητήματα σχετικά με τις διαισθητικές διεπαφές, το κόστος, το βάρος, τη χρήση ενέργειας, την εργονομία και την εμφάνιση.

Μία προσπάθεια κατηγοριοποίησης ορισμένων από τους περιορισμούς που προαναφέρθηκαν θα μπορούσε να είναι η εξής (D.W.F. van Krevelen, 2007; Craig, 2013):

Φορητότητα και εξωτερική χρήση (Portability and outdoor use)

Τα περισσότερα ολοκληρωμένα κινητά συστήματα Ε.Π. μεταφέρονται με δυσκολία, λόγω του εξοπλισμού που απαιτείται για τη μεταφορά του υπολογιστή, των αισθητήρων, της οθόνης, των μπαταριών και όλων των άλλων υλικών εξαρτημάτων τους. Οι συνδέσεις μεταξύ όλων των συσκευών πρέπει να είναι σε θέση να αντέχουν στην εξωτερική χρήση, συμπεριλαμβανομένων των καιρικών συνθηκών και των κραδασμών, αλλά οι δίαυλοι USB (Universal Serial Bus) είναι γνωστό ότι συχνά παρουσιάζουν δυσλειτουργίες. Ωστόσο, οι πρόσφατες εξελίξεις στην τεχνολογία της κινητής τηλεφωνίας, όπως είναι τα κινητά τηλέφωνα και τα PDAs, γεφυρώνουν το κενό προς τη κινητή Ε.Π. Οι οπτικές συσκευές και οι βιντεοσυσκευές απεικόνισης είναι συνήθως ακατάλληλες για εξωτερική χρήση λόγω της χαμηλής φωτεινότητας, της αντίθεσης, της ανάλυσης και του οπτικού πεδίου. Παρόλα αυτά, οι οθόνες με laser που αναπτύχθηκαν πρόσφατα προσφέρουν μια νέα διάσταση απεικόνισης που υπερνικά αυτό το πρόβλημα. Επιπλέον, οι περισσότεροι φορητοί υπολογιστές διαθέτουν μόνο έναν επεξεργαστή, ο οποίος περιορίζει την ποσότητα οπτικής και υβριδικής παρακολούθησης (D.W.F. van Krevelen, 2007; Craig, 2013).

Ανίχνευση και (αυτόματη) βαθμονόμηση (Tracking and (auto)calibration)

Η ανίχνευση αντικειμένων σε τυχαία διαμορφωμένα περιβάλλοντα, αν και παραμένει μια πρόκληση, εντούτοις οι υβριδικές προσεγγίσεις εξελίσσονται ραγδαία, σε σημείο που να μπορούν να ενσωματωθούν σε κινητά τηλέφωνα ή PDA. Η βαθμονόμηση αυτών των συσκευών είναι ακόμα πολύπλοκη και εκτεταμένη, αλλά αυτό μπορεί να επιλυθεί με προσεγγίσεις χωρίς βαθμονόμηση ή αυτόματης βαθμονόμησης που ελαχιστοποιούν τις απαιτούμενες ρυθμίσεις (Azuma et al., 2001).

Υπερφόρτωση και υπερβολική εξάρτηση (Overload and over-reliance)

Εκτός από τις τεχνικές προκλήσεις, η διεπαφή του χρήστη πρέπει επίσης να ακολουθεί κάποιες βασικές αρχές για την προβολή των πληροφοριών και να φιλτράρει τα δεδομένα, ώστε να μην επιβαρύνει τον χρήστη με ανεπιθύμητες πληροφορίες, αναγκάζοντάς τον να επικαλείται υπερβολικά το σύστημα Ε.Π., με αποτέλεσμα να χάνει την επαφή του με σημαντικά στοιχεία του περιβάλλοντος (Tang et al., 2003).

Καθυστέρηση (Latency)

Μια μεγάλη πηγή δυναμικών σφαλμάτων καταγραφής είναι οι καθυστερήσεις του συστήματος. Τεχνικές όπως ο εκ των προτέρων υπολογισμός και η πρόβλεψη μελλοντικών απόψεων, καθώς επίσης ο προσεκτικός σχεδιασμός και προγραμματισμός του συστήματος μπορούν να μειώσουν ή και να επιλύσουν κάποια ζητήματα - σφάλματα καθυστέρησης που μπορεί να προκύψουν. Επιπλέον, οι προκαθορισμένες εικόνες μπορούν να μετατοπιστούν την τελευταία στιγμή για να αντισταθμίσουν τις οριζόντιες και κάθετες κλίσεις των αντικειμένων.

Η δυνατότητα να μπορεί ο χρήστης να εντοπίζει με ακρίβεια την τοποθεσία του, το τι βλέπει και πώς κινείται το κεφάλι του και, στη συνέχεια, να προσδιορίζει πού πρέπει να τοποθετηθούν οι εικονικές πληροφορίες “πάνω” στην απεικόνιση του πραγματικού περιβάλλοντος –και όλα αυτά σε λίγα μόνο χιλιοστά του δευτερολέπτου– είναι απαραίτητη σε μια ρεαλιστική εφαρμογή Ε.Π. Οι ενσωματωμένοι αισθητήρες κίνησης και κάμερες πρέπει να συνεργάζονται για τη σταθεροποίηση της εικονικής προβολής,

προσθέτοντας ένα άλλο επίπεδο πολυπλοκότητας (Ellis et al., 1997; Azuma et al., 2001).

Αντίληψη του βάθους (Depth perception)

Ένα δύσκολο πρόβλημα καταγραφής είναι η ακριβής αντίληψη του βάθους. Οι στερεοσκοπικές συσκευές απεικόνισης βοηθούν σε πολλές περιπτώσεις, ωστόσο πρόσθετα προβλήματα, όπως είναι η χαμηλή ανάλυση και οι αμυδρές παρουσιάσεις, κάνουν το αντικείμενο να εμφανίζεται πιο μακριά από ότι πραγματικά είναι (Drascic and Milgram, 1996; Vaissie and Rolland, 2000).

Κοινωνική Αποδοχή (Social acceptance)

Η εξοικείωση όλο και περισσότερων ανθρώπων με την χρήση της Ε.Π. μπορεί να είναι μεγαλύτερη πρόκληση από ότι αρχικά διαφαίνεται, καθώς πολλοί παράγοντες παίζουν ρόλο στην κοινωνική αποδοχή των διάφορων εφαρμογών της, οι οποίες κυμαίνονται από τη διακριτική εμφάνιση (π.χ. γάντια, κράνη κλπ), έως και τις ανησυχίες περί προστασίας της ιδιωτικής ζωής. Αυτά τα θεμελιώδη ζητήματα πρέπει να αντιμετωπιστούν προτού η Ε.Π. γίνει ευρέως αποδεκτή (Durlach and Mavor, 1995; Höllerer and Feiner, 2004).

Προβλήματα στο φωτισμό

Οι διαφορετικές συνθήκες φωτισμού και η πιστότητα των χρωμάτων στο εξωτερικό περιβάλλον, θεωρείται ένα εξαιρετικά δύσκολο θέμα. Οι συχνές αλλαγές των εξωτερικών συνθηκών επηρεάζουν, σε διαφορετικό βαθμό ανάλογα με το είδος και την ποιότητα της κάμερας και της οθόνης, την γκάμα των χρωμάτων, την απεικόνιση και την αναγνώριση των αντικειμένων του πραγματικού κόσμου, με αποτέλεσμα οι εικόνες να αλλοιώνονται παρουσιάζοντας μεταβολές στον χρωματισμό τους ή ακόμα και θόλωμα (Kruijff et al., 2010; Arth and Schmalstieg, 2011).

Προβλήματα περιβάλλοντος

Υπάρχουν μερικά θέματα αντίληψης σχετικά με το ίδιο το περιβάλλον. Τα θέματα αυτά μπορούν να προκαλέσουν περαιτέρω προβλήματα κατά την αλληλεπίδραση του

περιβάλλοντος με τα επαυξημένα αντικείμενα. Ανεξάρτητα με τους αλγόριθμους που χρησιμοποιούνται, οι πιο σημαντικές προκλήσεις που δημιουργούνται και επηρεάζουν την ποιότητα και την εμφάνιση των σημείων - οροσήμων που είχαν αρχικά ορισθεί και κάνουν, έτσι, τον εντοπισμό τους πιο δύσκολο, είναι ο φωτισμός, ο συνδυασμός των χρωμάτων, οι καιρικές συνθήκες και η ποικιλομορφία του περιβάλλοντος (π.χ. της σκιάς, της αντανάκλασης κλπ.) (Kruijff et al., 2010; Arth and Schmalstieg, 2011).

Διαχείριση Περιεχομένου

Πολλά από τα τρέχοντα συστήματα Ε.Π. είναι ελλιπή σχετικά με τον τρόπο εισαγωγής νέων περιεχομένων και πληροφοριών σε αυτά. Σε γενικές γραμμές η προσθήκη νέου περιεχομένου στα συγκεκριμένα συστήματα δίνεται μόνο σε προγραμματιστές εφαρμογών, καθώς απαιτούνται δεξιότητες και γνώσεις προγραμματισμού για την πραγματοποίηση ενός συνδέσμου ανάμεσα στα τωρινά συστήματα και τις πηγές δεδομένων. Οι χρήστες των συστημάτων αυτών θα πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να προσθέτουν οι ίδιοι το περιεχόμενο και τις πληροφορίες που επιθυμούν, χωρίς να απαιτούνται μεγάλες τεχνικές προσπάθειες (Kurkovsky et al., 2012).

Τεχνικές Ανίχνευσης

Η κύρια δυσκολία της ανίχνευσης σε πραγματικό χρόνο έγκειται στην πολυπλοκότητα της σκηνής και τον βαθμό ελευθερίας των κινήσεων των μεμονωμένων αντικειμένων-στόχων. Μια άλλη πρόκληση έγκειται στον ακριβή εντοπισμό των διακριτών καθοδηγητικών δεικτών, δεδομένου ότι αυτοί δεν είναι πάντα διαθέσιμοι (D.W.F. van Krevelen, 2007; Craig, 2013).

8.3 Μελλοντικές τάσεις

Παρ' όλους τους περιορισμούς που παρατέθηκαν προηγουμένως, η Ε.Π. παραμένει μια εντυπωσιακή και πολύ χρήσιμη νέα τεχνολογία, οι εφαρμογές της οποίας εξαπλώνονται σε όλο και περισσότερους τομείς της καθημερινής ζωής, καθορίζοντας έτσι ανάλογα και τις αυξητικές μελλοντικές τάσεις της ανάπτυξής της.

Τάση ανάπτυξης κινητών εφαρμογών Επαυξημένης Πραγματικότητας

Η επικράτηση των κινητών συσκευών και η προσδοκία ότι οι πληροφορίες είναι διαθέσιμες όπου και εάν βρισκόμαστε και σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή, υποδεικνύει την αναγκαιότητα διαρκούς έμφασης στις κινητές εφαρμογές Ε.Π. Πράγματι, ένα από τα βασικά κριτήρια των εφαρμογών Ε.Π. είναι ότι λαμβάνουν χώρα στον πραγματικό κόσμο και σε πραγματικές τοποθεσίες και ως εκ τούτου, είναι προφανές ότι η τάση για κινητές εφαρμογές Ε.Π. θα συνεχίσει να αυξάνεται επ' αόριστο.

Μερικές από τις πιο σημαντικές εξελίξεις της κινητής τεχνολογίας, προκειμένου να υποστηρίξουν τις ανάγκες των εφαρμογών Ε.Π., είναι ότι διαθέτουν αυξημένη ενσωματωμένη μνήμη και περισσότερες συνδέσεις δικτύου με υψηλότερο εύρος ζώνης και χαμηλότερη καθυστέρηση, ώστε να είναι διαθέσιμο για τις κινητές εφαρμογές περισσότερο περιεχόμενο, είτε αυτό ανακτάται από τη συσκευή, είτε από κάποιον απομακρυσμένο διακομιστή.

Άλλες μελλοντικές εξελίξεις στις κινητές συσκευές είναι ότι θα διαθέτουν οθόνες υψηλότερης ανάλυσης, οι οποίες θα μπορούν να λειτουργήσουν με μεγαλύτερη ευκρίνεια σε ένα ευρύτερο φάσμα συνθηκών φωτισμού, οι επεξεργαστές τους θα είναι ταχύτεροι και τα γραφικά τους θα είναι καλύτερα με υψηλότερη ανάλυση, ταχύτερη απόδοση και ταχύτερη εμφάνιση. Επιπλέον, οι κινητές συσκευές τείνουν προς την κατεύθυνση της μικρότερης κατανάλωσης ρεύματος και της μεγαλύτερης διάρκειας ζωής της μπαταρίας, επιτρέποντας την εκτέλεση των εφαρμογών για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, χωρίς να χρειάζεται επαναφόρτιση της συσκευής. Η ευρεία διάδοση και διαθεσιμότητα της ασύρματης υπηρεσίας, επίσης, θα επιτρέπει στο μέλλον την λειτουργία δικτύων εφαρμογών κινητής τηλεφωνίας σε περισσότερες γεωγραφικές τοποθεσίες από ότι είναι δυνατό σήμερα.

Παρόλα αυτά δεν είναι απαραίτητο όλες οι εφαρμογές να είναι κινητές, καθώς υπάρχουν πολλές εφαρμογές, όπως ορισμένες εκπαιδευτικές, ιατρικές κ.α., οι οποίες

έχουν την ιδιαιτερότητα να μην απαιτούν κινητές συσκευές προκειμένου να πραγματοποιούν τους αναμενόμενους στόχους τους (Craig, 2013).

Τάση απομάκρυνσης από τη χρήση καθοδηγητικών δεικτών

Έχει ήδη διαπιστωθεί μια ταχεία απομάκρυνση από τη χρήση καθοδηγητικών δεικτών, καθώς η ανάπτυξη της υλοποίησης της υπολογιστικής όρασης έχει επιτρέψει την χρήση πιο φυσικών χαρακτηριστικών και πιο ρεαλιστικών εικόνων ως βασικούς καθοδηγητικούς δείκτες. Αυτή η τάση θα συνεχιστεί και θα κινηθεί προς την κατεύθυνση της χρήσης πραγματικών φυσικών χαρακτηριστικών, όπως χάρτες πόλεων και κοινών ορόσημων σε συνδυασμό με πληροφορίες που παρέχονται από το GPS (Global Positioning System), ώστε η χρήση τους σε εφαρμογές Ε.Π. να βασίζεται σε πραγματικές πληροφορίες, χωρίς να απαιτείται η χρήση ειδικών καθοδηγητικών δεικτών (Craig, 2013).

Τάση βελτίωσης της ανίχνευσης και ανάπτυξης υβριδικών τεχνολογιών εντοπισμού

Για τις μελλοντικές εφαρμογές Ε.Π. θα είναι απαραίτητη η ταχύτερη, λιγότερο δαπανηρή και επιβαρυντική και με μεγαλύτερη ακρίβεια ανίχνευση. Οι τρέχουσες μέθοδοι ανίχνευσης λειτουργούν αποδοτικά για συγκεκριμένους σκοπούς, αλλά για να επιτευχθεί η δημιουργία ενός επαυξημένου κόσμου σε ευρέως διαδεδομένες εφαρμογές πρέπει να υπάρχουν μέθοδοι ανίχνευσης που λειτουργούν ανεξάρτητα από τη γεωγραφική θέση και την απόσταση από συγκεκριμένες συσκευές, όπως είναι η χρήση υβριδικών τεχνολογιών παρακολούθησης και ανίχνευσης.

Το πιο πιθανό μελλοντικό σενάριο ανίχνευσης είναι ένας συνδυασμός τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται για να παρέχουν μια συνολική ικανότητα ανίχνευσης και παρακολούθησης καλύτερη από το άθροισμα των μεμονωμένων τμημάτων που την απαρτίζουν. Για παράδειγμα, ο συνδυασμός των πληροφοριών του GPS (για τον εντοπισμό της γενικής περιοχής), των επιταχυνσιόμετρων (για ανίχνευση επιταχυνόμενων κινήσεων) και της οπτικής παρακολούθησης (για τον προσδιορισμό

της ακριβούς θέσης) μπορούν να προσφέρουν ένα πιο ολοκληρωμένο και αποδοτικό αποτέλεσμα από ότι θα μπορούσε να προσφέρει το καθένα ξεχωριστά (Craig, 2013).

Τάση ανάπτυξης πολυαισθητικών συστημάτων Επαυξημένης Πραγματικότητας

Προς το παρόν, το μεγαλύτερο ποσοστό των συστημάτων Ε.Π. επικεντρώνεται κυρίως στην παροχή πληροφοριών μέσω οπτικών οθονών, ενώ ορισμένα από αυτά προσφέρουν πληροφορίες μέσω ήχου. Με την πάροδο του χρόνου, όμως, εμφανίζεται μια διαρκώς αναπτυσσόμενη τάση για την παροχή πληροφοριών μέσω άλλων αισθήσεων, όπως της οσμής, της γεύσης και της αφής, η οποία τελικά θα οδηγήσει στη δημιουργία πολυαισθητικών– πολυτροπικών συστημάτων Ε.Π. για εκτεταμένη χρήση.

Ένας άλλος μελλοντικός τομέας που διερευνάται είναι η συνδυαστική χρήση της Ε.Π. με “συναισθηματικές αισθήσεις”, δηλαδή οι εφαρμογές θα συμβάλλουν στην οικοδόμηση της ενσυναίσθησης, της αυτοπεποίθησης και άλλων λιγότερο απτών αισθητήριων εμπειριών (Craig, 2013).

Τάση ανάπτυξης καλύτερης και τυπικότερης αξιολόγησης των συστημάτων Επαυξημένης Πραγματικότητας

Παράλληλα με την ανάπτυξη και τη διάδοση της Ε.Π., αυξάνεται και το ενδιαφέρον των ανθρώπων όσον αφορά την χρησιμότητα και την αποτελεσματικότητα των εφαρμογών της για την επίτευξη διαφορετικών σκοπών, καθώς και η ανάγκη των εταιρειών που επενδύουν στην ανάπτυξη ή στη χρήση συστημάτων Ε.Π. να γνωρίζουν εάν διασφαλίζουν μια σταθερή απόδοση της επένδυσής τους. Κατά συνέπεια, είναι δεδομένη η εμφάνιση μίας συνεχούς τάσης για την ανάπτυξη νέων μεθόδων και οργάνων μέτρησης της αποτελεσματικότητας και αποδοτικότητάς των εφαρμογών Ε.Π. (Craig, 2013).

Τάση δημιουργίας νέων μηχανισμών για την ενημέρωση της ύπαρξης της επαύξεσης

Επί του παρόντος, όσοι ενδιαφέρονται για την χρήση της Ε.Π. πρέπει να ενημερώνονται ενεργά ή τουλάχιστον να διακρίνουν κάποιον ευδιάκριτο δείκτη που να υποδεικνύει ότι σε ορισμένα σημεία υπάρχουν επαυξήσεις του πραγματικού κόσμου. Με την αναπτυσσόμενη τάση για την ανίχνευση φυσικών χαρακτηριστικών και άλλων τεχνολογιών χωρίς τη χρήση καθοδηγητικών δεικτών, θα πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον ένας τρόπος για τους ανθρώπους να γνωρίζουν ότι μπορούν να επικαλεστούν την Ε.Π. σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία και χρονική στιγμή.

Σήμερα, η ανακάλυψη και η χρήση της Ε.Π. στηρίζεται σε ένα μοντέλο, στο οποίο οι συμμετέχοντες πρέπει να αναζητούν κατάλληλους χώρους και τοποθεσίες με δυνατότητα επαύξεσης της πραγματικότητας και στη συνέχεια να κατεβάζουν και να εγκαθιστούν μια εφαρμογή της. Ωστόσο, διεξάγονται συζητήσεις για την υλοποίηση ενός μοντέλου, στο οποίο οι χρήστες θα ειδοποιούνται αυτόματα, ότι υπάρχει διαθέσιμη επαύξεση στο χώρο που βρίσκονται και η απαιτούμενη εφαρμογή θα προωθείται στη συσκευή τους αυτόματα ή θα ενεργοποιείται μία ενυπάρχουσα εφαρμογή (Craig, 2013).

Κεφάλαιο 9: Συμπεράσματα

Παρόλο που η Ε.Π. αποτελεί μία σχετικά νέα τεχνολογία, η οποία αναπτύσσεται σε ένα διαρκώς εξελισσόμενο επιστημονικό και ερευνητικό πεδίο, πολλά προϊόντα και εφαρμογές της έχουν ήδη αναπτυχθεί και εξαπλωθεί σε ολόκληρο τον κόσμο.

Μέσω των τεχνολογικών εφαρμογών της, οι οποίες παρέχουν τη δυνατότητα εμπλουτισμού – επαύξησης του υλικού περιβάλλοντος του χρήστη με επιπλέον εικονικά στοιχεία, ενσωματώνοντας στον πραγματικό κόσμο ψηφιακά εικονικά αντικείμενα και δεδομένα και οδηγώντας έτσι στη δημιουργία μιας μεικτής πραγματικότητας, όπου συνυπάρχουν φυσικά και εικονικά στοιχεία, η Ε.Π. προσφέρει πολλές νέες δυνατότητες και μοναδικές διαδραστικές εμπειρίες χρήσης και προσελκύει όλο και πιο έντονα το ενδιαφέρον πολλών ερευνητών, επιστημόνων, αλλά και μεγάλων εταιριών.

Στα πλαίσια της μελέτης των εφαρμογών της Ε.Π. στα σύγχρονα τεχνολογικά πεδία, η παρούσα εργασία προσπάθησε να προσδιορίσει την έννοιά της, να περιγράψει την ιστορική εξέλιξη της ανάπτυξής της, να διερευνήσει την τεχνολογία της, να παρουσιάσει τα σύγχρονα πεδία εφαρμογών της, να αναλύσει την αρχιτεκτονική δομή των συστημάτων της και του λογισμικού εφαρμογών της, να εξετάσει και να συγκρίνει ορισμένες από τις διαθέσιμες πλατφόρμες ανάπτυξης λογισμικού της και να αναδείξει την τρέχουσα κατάσταση, τους περιορισμούς και τις μελλοντικές τάσεις της.

Παρουσιάζει, επίσης, την ανάπτυξη μίας διαδραστικής android εφαρμογής Ε.Π. εκπαιδευτικού υλικού με τη χρήση της πλατφόρμας Vuforia σε συνδυασμό με το Unity Editor, καθώς και την ανάπτυξη πλατφόρμας εκπαιδευτικού υλικού χρησιμοποιώντας το Virtualbox, όπου περιλαμβάνονται: η υλοποίηση της εφαρμογής στο Unity Editor, η περιγραφή των παραδειγμάτων της και οδηγίες για την εκτέλεσή της, καθώς και οδηγίες για την ανάπτυξη εφαρμογών Ε.Π. βασισμένων στην χρήση δεικτών (marker based).

Την ανάγκη για πρόσβαση στις ταχύτατα ρέουσες πληροφορίες, όχι απλώς γρήγορα, αλλά, κυρίως, κατά το σωστό χρόνο και στον ανάλογο χώρο, στην οποία οδήγησαν οι γοργοί ρυθμοί εξέλιξης των σημερινών κοινωνιών και η ραγδαία πρόοδος των τεχνολογιών, έρχεται να καλύψει η τεχνολογία της Ε.Π. που με την ταχύτατη εξέλιξη της τεχνολογίας της, την ανάπτυξη του πεδίου μελέτης της, την δημιουργία πολλών διαφορετικών πλατφόρμων ανάπτυξης λογισμικού της και την αύξηση του πλήθους των εφαρμογών και των συστημάτων της, έχει σταδιακά εισχωρήσει σε όλο και πιο πολλούς και διαφορετικούς τομείς της καθημερινής ζωής.

Αναφορές – Βιβλιογραφία

- Βερυκόκου, Σ. (2013), Ανάπτυξη Εφαρμογών Επαυξημένης Πραγματικότητας Βάσει Επιπέδου Προτύπου, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Τομέας Τοπογραφίας, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Λέπουρας, Γ., Αντωνίου, Α., Πλατής, Ν. και Χαρίτος, Δ. (2015), *Ανάπτυξη συστημάτων εικονικής πραγματικότητας*, [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.
- Μουστάκας, Κ., Παλιόκας, Ι., Τζοβάρας, Δ. και Τσακίρης, Α. (2015), *Γραφικά και εικονική πραγματικότητα: Εισαγωγή*. [Κεφάλαιο Συγγράμματος]. Στο Μουστάκας, Κ., Παλιόκας, Ι., Τζοβάρας, Δ., Τσακίρης, Α. 2015. *Γραφικά και εικονική πραγματικότητα*. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.
- Τσιρίδου, Ε. (2015), *Κινητές Εφαρμογές Επαυξημένης Πραγματικότητας*, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Τμήματος Εφαρμοσμένης Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας.
- Alkhamisi, A. and Monowar M. (2013), Rise of Augmented Reality: Current and Future Application Areas, *International Journal of Internet and Distributed Systems*, November 2013, 1, pp. 25-34.
- Arth, C. and Schmalstieg, D. (2011), *Challenges of Large-Scale Augmented Reality*
- Azuma, R. T. (1997), A Survey of Augmented Reality, *Presence*, 6.4, pp. 355-385.
- Azuma, R. T., Bailiot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S. and Macintyre, B. (2001), *Recent advances in augmented reality*, *Computer Graphics and Applications* 21, 6 (Nov./Dec. 2001), pp. 34–47.
- Beichel, R., Pock, T. and Janko, C. (2004), *Liver segment approximation in CT data for surgical resection planning*, In Proceedings of the SPIE Medical Imaging '04, San Diego, vol. 5370, pp. 1435–1446.
- Belimpasakis, P., You, Y. and Selonon, P. (2010), “Enabling Rapid Creation of Content for Consumption in Mobile Augmented Reality”, 2010 *Fourth International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies (NGMAST)*, Amman, 27-29 July 2010, pp.1-6.

- Billinghurst M., Kato H. and Poupyrev I. (2001), The Magic Book: An Interface that Moves Seamlessly between Reality and Virtuality, *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21(3), pp. 6-8.
- Caarls, J., Jonker, P., Kolstee, Y., Rotteveel, J. and van Eck W. (2009), Augmented Reality for Art, Design and Cultural Heritage, System Design and Evaluation, *EURASIP Journal on Image and Video Processing*, doi:10.1155/2009/716160.
- Cai, S., Wang, X., Gao, M. and Yu S. (2012), Simulation Teaching in 3D Augmented Reality Environment, 2012 IIAI *International Conference on Advanced Applied Informatics (IIAIAI)*, Fukuoka, 20-22 September 2012, pp. 83- 88.
- Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani E. and Ivkovic, M. (2011), *Augmented Reality Technologies, Systems and Applications*, Multimedia Tools and Applications, Vol. 51, No. 1, 2011, pp. 341-377.
- Chang, G., Morreale, P. and Medicherla, P. (2010), Applications of augmented reality systems in education, in: D. Gibson & B. Dodge (Eds.), *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2010*, pp. 1380-1385. Chesapeake, VA: AACE.
- Chen, P., Liu, X., Cheng, W. and Huang, R. (2017), A review of using Augmented Reality in Education from 2011 to 2016, in: *Innovations in Smart Learning* (pp. 13-18). Springer Singapore.
- Cirulis, A. and Brigmanis, K. B. (2012), *3D Outdoor Augmented Reality for Architecture and Urban Planning*, In Proceedings of the 2013 International Conference on Virtual and Augmented Reality in Education, *Procedia Computer Science*, 25, pp. 71-79.
- Craig, A. B. (2013), *Understanding Augmented Reality Concepts and Applications*, ISBN 978-0-240-82408-6.
- D.W.F. van Krevelen. (2007), *Augmented Reality: Technologies, Applications, and Limitations*, Vrije Universiteit Amsterdam, Department of Computer Science, De Boelelaan 1081a, 1081 HV Amsterdam, The Netherlands, April 2007.
- Di Serio, Á., Ibáñez, M. B. and Kloos, C. D. (2013), Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course, *Computers & Education*, 68, 586-596.

- Drascic, D. and Milgram, P. (1996), *Perceptual issues in augmented reality*, in: Proc. SPIE, Stereoscopic Displays VII and Virtual Systems III (Bellingham, WA, USA, 1996), vol. 2653, SPIE Press, pp. 123-134.
- Drascic, D., Grodski, J., Milgram, P., Ruffo, K., Wong, P. and Zhai, S. (1993), ARGOS: A Display System for Augmenting Reality, *Video Proceedings of INTERCHI '93: Human Factors in Computing Systems* (Amsterdam, the Netherlands, 24-29 April 1993), Also in ACM SIGGRAPH Technical Video Review, Volume 88, Extended abstract in *Proceedings of INTERCHI '93*, pp. 521.
- Dunleavy, M. (2014), Design principles for augmented reality learning, *TechTrends*, 58(1), 28-34.
- Durlach, N. I. and Mavor, A. S. (editors). (1995), *Virtual Reality: Scientific and Technological Challenges*, (Report of the Committee on Virtual Reality Research and Development to the National Research Council) National Academy Press (1995), ISBN 0-309-05135-5.
- Ellis, S. R., Breant, F., Manges, B., Jacoby, R. and Adelstein, B. D. (1997), *Factors influencing operator interaction with virtual objects viewed via headmounted seethrough displays: Viewing conditions and rendering latency*, in: VRAIS'97: Proc. Virtual Reality Ann. Intl Symp. (Washington, DC, USA, 1997), IEEE CS Press, pp. 138–145. ISBN 0-8186-7843-7.
- Enyedy, N., Danish, J. A. and DeLiema, D. (2015), Constructing liminal blends in a collaborative augmented-reality learning environment, *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 10(1), 7-34.
- Feiner, S., Anthony, K., Webster, C., Theodore, E., Krueger III, MacIntyre, B. and Keller, E. J. (1995), Architectural Anatomy, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 4, 3 (Summer 1995), pp. 318-325.
- Feiner, S., MacIntyre, B. and Seligmann, D. (1993), Knowledge-based Augmented Reality, *Communications of the ACM* 36, 7 (July 1993), pp. 52-62.
- Feiner, S., MacIntyre, B., Haupt, M. and Solomon, E. (1990), *Windows on the World: 2D Windows for 3D Augmented Reality*, *Proceedings of UIST '93* (Atlanta, GA, 3-5 November 1993), pp. 145-155.

- Feiner, S., MacIntyre, B., Hollerer, T. and Webster, A. (1997), *A Touring Machine: Prototyping 3D Mobile Augmented Reality Systems for Exploring the Urban Environment*, In proceedings of the ISWC '97 (Int. Symp. on Wearable Computing), Cambridge, pp. 74–81.
- Fitzmaurice, G. (1993), *Situated Information Spaces: Spatially Aware Palmtop Computers*, *CACM* 36, 7 (July 1993), pp. 38-49.
- Furata, H., Takahashi, K., Nakatsu, K., Ishibashi, K. and Aira, M. (2012), “A Mobile Application System for Sightseeing Guidance Using Augmented Reality”, 2012 *Joint 6th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems (SCIS) and 13th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS)*, Kobe, 20-24 November 2012, pp. 1903-1906.
- Furht, B. and Carmigniani, J. (2001), *Handbook of Augmented Reality*, Springer, New York, ISBN 978-1-4614-0064-6.
- Guyen, S., Oda, O., Podlaseck, M., Stavropoulos, H., Kolluri, S. and Pingali, G. (2009), “Social Mobile Augmented Reality for Retail”, *IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, PerCom 2009* 13 March 2009, pp. 1-3.
- Harders, M., Bianchi, G. and Knoerlein B. (2007), *Multimodal Augmented Reality in Medicine*, *Universal Access in HCI, HCII 2007, LNCS 4555*, pp. 652-658.
- Henderson, J. and Feiner, S. (2009), Evaluating the benefits of augmented reality for task localization in maintenance of an armored personnel carrier turret, *Proc. Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality (ISMAR '09)*, 2009, pp. 135-144.
- Hirokazu, K. and Billinghamurst, M. (1999), *Marker tracking and hmd calibration for a video-based augmented reality conferencing system*, In *Proceedings of the 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality (IWAR'99)*, IEEE.
- Höllerer, T. H. and Feiner, S. (2004), *Telegeoinformatics: Location-Based Computing and Services*, Taylor & Francis Books Ltd., 2004, ch. Mobile Augmented Reality.
- Holloway, R. (1995), *Registration Errors in Augmented Reality*, Ph.D. dissertation, UNC Chapel Hill Department of Computer Science technical report TR95-016 (August 1995).

- Holzinger, K., Lehner, M., Fassold, M. and Holzinger, A. (2010), *Ubiquitous Computing for Augmenting the Learning Experience within an Urban Archaeological Tour in the City of Graz by use of an ArcheoApp for the iPhone*, in: Proceedings of the 15th International Conference on Cultural Heritage and New Technologies, Vienna, pp.348-356.
- Jackson, T., Angermann, F. and Meier, P. (2011), "Survey of Use Cases for Mobile Augmented Reality Browsers," In: Jackson, T., Angermann, F., Meier, P., Eds., *Handbook of Augmented Reality*, Springer New York, 2011, pp. 409- 431.
- Januszka, M. and Moczulskia, W. (2010), "Augmented Reality for Machinery Systems Design and Development," *New World Situation: New Directions in Concurrent Engineering*, 2010, pp. 79-86.
- Johnson, L. and Smith, R. S. (2005), *Horizon Report*. Austin, TX: The New Media Consortium, 2005.
- Johnson, L., Levine, A., Smith, R. and Stone, S. (2010), *The 2010 Horizon Report*, New Media Consortium, 6101 West Courtyard Drive Building One Suite 100, Austin, TX 78730.
- Juan, C., Toffetti, G., Abad, F. and Cano, J. (2010), "Tangible Cubes Used as the User Interface in an Augmented Reality Game for Edutainment", 2010 *IEEE 10th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, Sousse, 5-7 July 2010, pp. 599-603.
- Kim, Y. G. and Kim, W. J. (2014), Implementation of Augmented Reality System for Smartphone Advertisements, *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, 9(2), pp.385-392.
- Kruijff, E., Swan, E. and Feiner, S. (2010), *Perceptual Issues in Augmented Reality Revisited*, 2010 9th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR), Seoul, 13-16 October 2010, pp. 3-12.
- Kurkovsky, S., Koshy, R., Novak, V. and Szul, P. (2012), *Current Issues in Handheld Augmented Reality*, 2012 International Conference on Communications and Information Technology (ICCIT), Hammamet, 26-28 June 2012, pp. 68-72.
- Lee, K. (2012), Augmented reality in education and training, *TechTrends*, 56(2), 13-21.

- Lepetit, V. (2008), On Computer Vision for Augmented Reality, *Ubiquitous Virtual Reality, ISUVR 2008, International Symposium on*, vol., no., pp.13–16, 10–13 July 2008.
- Livingston, M. A., Brown, D. G., Julier, S. J. and Schmidt, G. S. (2006), *Mobile Augmented Reality: Applications and Human Factors Evaluations*, in: Proceedings of the Virtual Media for Military Applications, NATO Human Factors and Medicine Panel Workshop, pp. 25-1 – 25-16.
- López, H., Navarro, A. and Relaño, J. (2010), An Analysis of Augmented Reality Systems, *2010 Fifth International Multi Conference on Computing in the Global Information Technology (ICCGI 2010)*, 20-25 September 2010, Valencia, pp. 245-250.
- Mackay, W. (1998), *Augmented Reality: Linking real and virtual worlds A new paradigm for interacting with computers*, Department of Computer Science, Université de Paris-Sud, May 24 - 27, 1998.
- Maes, P. (1995), Artificial Life Meets Entertainment: Lifelike Autonomous Agents, *CACM* 38, 11 (November 1995), pp. 108-114.
- McGee, K. M. (1999), Integral perception in augmented reality: Dissertation submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Industrial and Systems Engineering, August 1999, Blacksburg, Virginia.
- Milgram, P. and Kishino, F. (1994), A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays, *IEICE Transactions on Information Systems*, 1994, Vols. E77-D, 12, pp. 1321-1329.
- Mine, M. R. (1995), *Virtual environment interaction techniques*, science technical report, University of North Carolina, Chapel Hill, NC.
- Mohana, Z., Musae, I., Tahir, M. A., Parhizkar, B., Ramachandran, A. and Habibi, A. (2012), “Ubiquitous Medical Learning Using Augmented Reality Based on Cognitive Information Theory,” *Advances in Computer Science, Engineering & Applications*, Vol. 167, 2012, pp. 305-312.
- Navab, N., Bani-Hashemi, A. and Mitschke, M. (1999), Merging visible and invisible: Two camera augmented mobile C-arm (CAMC) applications, in: IWAR’99: Proc.

- 2nd *Int'l Workshop on Augmented Reality (Washington, DC, USA, 1999)*, IEEE CS Press, pp. 134–141, ISBN 0-7695-0359-4.
- Oda, O., Lister, L. J., White, S. and Feiner, S. (2008), *Developing an Augmented Reality Racing Game*, in: *Proceedings of the 2nd International Conference on Intelligent Technologies for Interactive Entertainment (ICST INTETAIN '08)*, Mexico.
- Özbek, C., Giesler, B. and Dillmann, R. (2004), *Jedi Training: Playful Evaluation of Head-Mounted Augmented Reality Display Systems*, in: *Proceedings of the Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems, XI-SPIE 5291 Conference Medical Imaging*, pp. 454-463.
- Pereira, F., Silva, C. and Alves, M. (2011), "Virtual Fitting Room Augmented Reality Techniques for e Commerce," *ENTERprise Information Systems, Communications in Computer and Information Science*, Vol. 220, 2011, pp. 62-71.
- Rekimoto, J., and Katashi N. (1995), *The World Through the Computer: Computer Augmented Interaction with Real World Environments*, *Proceedings of UIST '95* (Pittsburgh, PA, 14-17 November 1995), pp. 29-36.
- Rolland, J. and Fuchs, H. (2000), *Optical versus video seethrough head-mounted displays in medical visualization*, *Presence* 9, 3 (June 2000), pp. 287–309.
- Rolland, J., Holloway, R. and Fuchs, H. (1994), *A Comparison of Optical and Video See-Through Head-Mounted Displays*, *SPIE Proceedings volume 2351: Telemanipulator and Telepresence Technologies* (Boston, MA, 31 October - 4 November 1994), pp. 293-307.
- Rose, E., Breen, D., Ahlers, K., Crampton, C., Tuceryan, M., Whitaker, R. and Greer, D. (1995), *Annotating Real World Objects Using Augmented Reality*, *Proceedings of Computer Graphics International '95* (Leeds, UK, 25-30 June 1995), pp. 357-370.
- Schmalstieg, D., Fuhrmann, A., Hesina, G., Zsalavari, Z., Encarnacao, Miguel L., Gervautz, M. and Purgathofer, W. (2002), "The Studierstube Augmented Reality Project", *Presence*, Vol. 11, No. 1, February 2002, 33–54, Massachusetts Institute of Technology, 2002.

- Sherman, W. R. and Craig, A. B. (2002), *Understanding virtual reality: Interface, application, and design*, The Morgan Kaufmann Series in Computer Graphics, Morgan Kaufmann.
- Siltanen, S. and Oksman, V. (2013), User-centered design of augmented reality interior design service, *International Journal of Arts & Sciences*, 6(1), pp. 547–563.
- Singh, P. and Pandey, M. (2014), Augmented Reality Advertising: An Impactful Platform for New Age Consumer Engagement, *IOSR Journal of Business and Management (IOSR-JBM)*, 16(2), pp. 24-28.
- Tand, A., Owen, C., Biocca, F. and Mou, W. (2003), *Comparative effectiveness of augmented reality in object assembly*, in: CHI'03: Proc. SIGCHI Conf. on Human Factors in Computing Systems (Ft. Lauderdale, Florida, USA, 2003), ACM Press, pp. 73–80, ISBN 1-58113-630-7.
- Vaissie, L. and Rolland, J. (2000), *Accuracy of rendered depth in head-mounted displays: Choice of eyepoint locations*, in: Proc. AeroSense (Bellingham, WA, 2000), vol. 4021, SPIE, pp. 343–353.
- Ververidis, D., Nikolopoulos, S. and Kompatsiaris, I. (2015), *Transforming your website to an augmented reality view*, In Proceedings of the IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR), Fukuoka, 2015.
- Vlahakis, V., Ioannidis, N., Karigiannis, J., Tsotros, M., Gounaris, M., Almeida, L. and Christou, I. (2002), ARCHEOGUIDE: First results of an augmented reality, mobile computing system in cultural heritage sites, *Computer Graphics and Applications*, IEEE, 52-60.
- Vogt, S., Khamene, A. and Sauer, F. (2006), Reality augmentation for medical procedures: System architecture, single camera marker tracking, and system evaluation, *Int'l Journal of Computer Vision* 70, 2 (2006), pp. 179–190.
- Wang, X. (2007), Using Augmented Reality to Plan Virtual Construction Worksite, *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 4(4), pp. 501-512.
- Wanstall, B. (1989), HUD on the Head for Combat Pilots, *Interavia* 44 (April 1989), pp. 334-338, [A89-39227].
- Wasko, C. (2013), What teachers need to know about augmented reality enhanced learning environments, *TechTrends*, 57(4), 17-21.

- Wellner, P., Mackay, W. and Gold, R. (Editors), (1993), Computer Augmented Environments: Back to the Real World, Special Issue of *Communications of the ACM*, July, Vol. 36 (July 1993), No. 7, pp. 24-26.
- Wu, H. K., Lee, S. W. Y., Chang, H. Y. and Liang, J. C. (2013), Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education, *Computers & Education*, 62, 41-49.
- Yuen, S., Yaoyuneyong, G. and Johnson, E. (2011), Augmented Reality: An Overview and Five Directions for AR in Education, *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, Vol. 4, No. 1, 2011, pp. 119-140.
- Zhou, F., Duh, H. and Billinghamurst, M. (2008), *Trends in Augmented Reality Tracking, Interaction and Display: A Review of Ten Years of ISMAR*, International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2008, ISMAR 2008, 7th IEEE/ACM, September, 2008, pp. 15-18.