



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΠΡΟΗΓΜΕΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

## ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μελέτη και επισκόπηση επαυξημένης και μεικτής πραγματικότητας:  
τεχνολογίες και εφαρμογές.

Συγγραφέας:  
Μανιάτη Ελένη,  
ΑΜ: mscacs22016

Επιβλέπων:  
Δρ. Φοίβος Μυλωνάς

ΑΘΗΝΑ-ΑΙΓΑΛΕΩ, Απρίλιος 2024

---



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA  
SCHOOL OF ENGINEERING  
DEPARTMENT OF INFORMATION AND COMPUTER ENGINEERING  
ADVANCED COMPUTER SYSTEMS TECHNOLOGIES**

## **MSc Thesis**

**Study and overview of augmented and mixed reality:  
Technologies and applications.**

**Student:  
Maniati Eleni,  
Registration Number: mscacs22016**

**MSc Thesis Supervisor:  
Dr. Foinos Mylonas**

**ATHENS-EGALEO, April 2024**



Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Μανιάτη Ελένη, ΑΜ: mscacs22016

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΠΡΟΗΓΜΕΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

**Μελέτη και επισκόπηση επαυξημένης και μεικτής πραγματικότητας:  
τεχνολογίες και εφαρμογές.**

**Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή**

**Η Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή, εξετάστηκε και βαθμολογήθηκε  
από την εξής τριμελή εξεταστική επιτροπή:**

A/α	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1.	Φοίβος Μυλωνάς	Αναπληρωτής Καθηγητής	
2.	Χρήστος Τρούσσας	Επίκουρος Καθηγητής	
3.	Ιωάννης Βογιατζής	Καθηγητής	

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Μανιάτη Ελένη του Χρήστου, με αριθμό μητρώου mscacs22016 φοιτήτρια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Προηγμένες Τεχνολογίες Υπολογιστικών Συστημάτων» του Τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής και Υπολογιστών της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας και κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Τέλος, βεβαιώνω ότι η εργασία αυτή δεν έχει κατατεθεί στο πλαίσιο των απαιτήσεων για τη λήψη άλλου τίτλου σπουδών ή επαγγελματικής πιστοποίησης πλην του παρόντος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

**Φοίβος Μυλωνάς / Αναπληρωτής Καθηγητής**  
**Ψηφιακή Υπογραφή Επιβλέποντα**

**Η Δηλούσα**



**(Υπογραφή)**  
**Μανιάτη Ελένη**

Copyright © Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ και Μανιάτη Ελένη,

Απρίλιος, 2024

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον/την συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον/την συγγραφέα του και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις θέσεις του επιβλέποντος μέλους ΔΕΠ, της επιτροπής εξέτασης ή τις επίσημες θέσεις του Τμήματος και του Ιδρύματος.

(Κενό Φύλλο)

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θέλω να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου προς τον κ. Φοίβο Μυλωνά, τον επιβλέποντα καθηγητή μου, για την πολύτιμη καθοδήγηση και υποστήριξή του κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών "Προηγμένες Τεχνολογίες Υπολογιστικών Συστημάτων" για την εξαιρετική συνεργασία μας.

Τέλος, εκφράζω τις θερμές μου ευχαριστίες προς την οικογένειά μου για τη συνεχή ενθάρρυνση και ηθική υποστήριξή τους κατά τη διάρκεια αυτής της απαιτητικής προσπάθειας.

(Κενό Φύλλο)



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί μέρος του Μεταπτυχιακού Προγράμματος "Προηγμένες Τεχνολογίες Υπολογιστικών Συστημάτων" που πραγματοποιείται στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής στην Ελλάδα. Αρκετές ερευνητικές εργασίες και άρθρα που έχουν δημοσιευτεί στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν επισημάνει ότι οι τεχνολογίες εικονικής πραγματικότητας (VR), επαυξημένης πραγματικότητας (AR) και μεικτής πραγματικότητας (MR) αποτελούν ένα επαναστατικό στοιχείο στον 21ο αιώνα. Ανάμεσα σε αυτές, η έμφαση δίνεται στις επαυξημένες και μεικτές περιηγήσεις ως μία από τις πλέον επιφανείς και επιδραστικές εφαρμογές αυτών των καθηλωτικών τεχνολογιών. Η μικτή πραγματικότητα (Mixed Reality - MR) και η επαυξημένη πραγματικότητα (Augmented Reality - AR) είναι δύο στενά συνδεδεμένες έννοιες στον χώρο των ψηφιακών τεχνολογιών. Στην Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR), ψηφιακά στοιχεία ενσωματώνονται στον πραγματικό κόσμο και ο χρήστης βλέπει τον πραγματικό κόσμο γύρω του, ενώ παράλληλα προστίθενται εικονικά στοιχεία στο οπτικό του πεδίο, επιτρέποντας του να αλληλεπιδρά με αυτά. Η μικτή Πραγματικότητα (MR) συνδυάζει τον πραγματικό κόσμο με εικονικά στοιχεία, δημιουργώντας ένα ενιαίο περιβάλλον. Σε αντίθεση με την AR, η MR προσπαθεί να επιτύχει μια στενότερη ενσωμάτωση των ψηφιακών και φυσικών στοιχείων, δίνοντας την αίσθηση αλληλεπίδρασης με το περιβάλλον. Και οι δύο τεχνολογίες έχουν εφαρμογές σε πολλούς τομείς, όπως η ψυχαγωγία, η εκπαίδευση, η υγεία, η βιομηχανία, και οι επιχειρηματικές δραστηριότητες. Η συνεχής εξέλιξη των τεχνολογιών αυτών επιτρέπει τη δημιουργία πρωτότυπων και πρωτοποριακών εφαρμογών για τη βελτίωση της αλληλεπίδρασης με τον περιβάλλοντα κόσμο.

**ΛΕΞΕΙΣ – ΚΛΕΙΔΙΑ:** αλληλεπίδραση, αναγνώριση αντικειμένων, εικονική πραγματικότητα, επαυξημένη πραγματικότητα, μεικτή πραγματικότητα, σύνδεση φυσικού και ψηφιακού κόσμου, τρισδιάστατη απεικόνιση.

## ABSTRACT

The present thesis is part of the Master's Programme "Advanced Computing Systems Technologies", which takes place at the University of West Attica in Greece. Several research papers and articles published in the international literature have pointed out that Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR) and Mixed Reality (MR) technologies are a revolutionary element in the 21st century. Among them, the emphasis is on augmented and mixed tours as one of the most prominent and influential applications of these immersive technologies. Mixed Reality (MR) and Augmented Reality (AR) are two closely related concepts in the field of digital technologies. In Augmented Reality (AR), digital elements are integrated into the real world and the user sees the real world around them, while virtual elements are added to their field of vision, allowing them to interact with them. Mixed Reality (MR) combines the real world with virtual elements, creating a single environment. Unlike AR, MR tries to achieve a closer integration of digital and physical elements, giving the feeling of interacting with the environment. Both technologies have applications in many fields, including entertainment, education, healthcare, industry, and business. The continuous evolution of these technologies allows for the creation of original and innovative applications to improve interaction with the surrounding world.

**KEYWORDS:** interaction, object recognition, virtual reality, augmented reality, mixed reality, linking the physical and digital worlds, 3D visualisation.

# ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ-ΑΚΡΩΝΥΜΙΩΝ-ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

**2D Two Dimensions**

**3D Three Dimensions**

**AR Augmented Reality**

**GPS Global Policy and Strategy**

**HMD Head Mounted Display**

**MARA (Mobile Augmented Reality Applications project)**

**MR Mixed Reality**

**QR-Code Quick Response code**

**RWWW Real-World Wide Web**

**VR Virtual Reality**

**RGB Red, Green, And Blue**

**ΤΠΕ Τεχνολογία Πληροφοριών και Επικοινωνίας**

**ΕΠ Επαυξημένη Πραγματικότητα**

**ΜΠ Μεικτή Πραγματικότητα**

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

- Εικόνα 1. Παράδειγμα μεταβαλλόμενης πινακίδας ανάγκης (πηγή: 7)
- Εικόνα 2. Συσκευές που επιτρέπουν τη φυσική αλληλεπίδραση (πηγή: 8 και 9)
- Εικόνα 3. Από αριστερά προς τα δεξιά: Εικονική, Επαυξημένη και Μικτή πραγματικότητα (πηγή: 13)
- Εικόνα 4. Σχηματική απεικόνιση της χωρικής τοποθέτησης και παρακολούθησης (πηγή: 2)
- Εικόνα 5. Παράδειγμα καθοδηγητικού δείκτη και εφαρμογής που χρησιμοποιεί δείκτη για χωρική τοποθέτηση.(πηγή: 15)
- Εικόνα 6. Παράδειγμα μεταβαλλόμενου καθοδηγητικού δείκτη σε οθόνη κινητού (πηγή: 16)
- Εικόνα 7. Παράδειγμα χρήσης κάμερας RGB κινητού τηλεφώνου για καθορισμό της θέσης και του προσανατολισμού και παρακολούθηση (πηγή: 17)
- Εικόνα 8. Κάμερες υπέρυθρου φάσματος σε εφαρμογές ακριβείας (πηγή: 18 και 19)
- Εικόνα 9. Κάμερα βάθους Microsoft Kinect 2 (πηγή: 20)
- Εικόνα 10. Χρήση GPS σε εφαρμογή ΕπΠ (πηγή: 21)
- Εικόνα 11. Συσκευή Wiimote με το πρόσθετο γυροσκόπιο MotionPlus (πηγή: 22)
- Εικόνα 12. Τυπικό κύκλωμα επιταχυνσιόμετρου κινητών συσκευών (πηγή: 23)
- Εικόνα 13. Παράδειγμα διεπαφής μέσω οθόνης αφής (πηγή: 24)
- Εικόνα 14. Παράδειγμα αισθητήρα αναγνώρισης χειρονομιών – Leap Motion Senso (πηγή: 25)
- Εικόνα 15. Παράδειγμα σταθερής οθόνης προβολής (πηγή: 26)
- Εικόνα 16. Παράδειγμα κινητής οθόνης προβολής (πηγή: 27)
- Εικόνα 17. Παράδειγμα δύο διαφορετικών τρόπων αντίληψης του πραγματικού κόσμου (πηγή: 28 και 29)
- Εικόνα 18. Οπτική see-through συσκευή Google Glass (πηγή: 30)
- Εικόνα 19: Τρισδιάστατη αναπαράσταση του εμβρύου (State, et al., 1994) (πηγή: 31)
- Εικόνα 20: Προσχέδιο της βιοψίας του μαστού (State, et al., 1996) (πηγή: 28)
- Εικόνα 21: Εξωτερική όψη της συντήρησης του εκτυπωτή (Feiner, et al., 1993) (πηγή: 22)
- Εικόνα 22: Εικονικές οδηγίες για την αφαίρεση του χαρτιού (Feiner, et al., 1993) (πηγή: 13)

Εικόνα 23: Σύνδεση δέσμης καλωδίων (Feiner, et al., 1993) (πηγή: 27)

Εικόνα 24: Κατάδειξη εξάτμισης με χρήση ετικέτας (Rose, et al., 1995) (πηγή: 15)

Εικόνα 25: Εικονικό παράθυρο το οποίο δίνει υπενθυμίσεις στον χρήστη (Feiner, et al., 1993) (πηγή: 12)

Εικόνα 26: Τρισδιάστατη απεικόνιση γραμμών στο εσωτερικό ενός διαστημικού λεωφορείου (Drascic, et al., 1993) (πηγή: 20)

Εικόνα 27: Εικονικό περίγραμμα του χεριού ενός ρομπότ (Drascic, 1993) (πηγή: 16)

# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

## Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	16
1.1. Σκοπός της διπλωματικής εργασίας .....	17
1.2. Διάρθρωση του περιεχομένου της εργασίας .....	18
2. Επαυξημένη και Μεικτή Πραγματικότητα.....	19
2.1. Ορισμοί Εικονικής, Επαυξημένης και Μεικτής Πραγματικότητας .....	19
2.2. Ιστορική Αναδρομή.....	24
3. Τεχνολογία Επαυξημένης Πραγματικότητας.....	29
3.1. Εισαγωγή.....	29
3.2. Αισθητήρες.....	31
3.3. Κάμερα.....	32
3.4. GPS (Global Positioning System).....	38
3.5. Γυροσκόπια, Επιταχυνσιόμετρα και άλλοι τύποι Αισθητήρων .....	40
3.6. Αισθητήρες Διεπαφής Χρήστη.....	42
3.7. Επεξεργαστής.....	43
3.8. Προβολή.....	44
4. Τεχνολογία Μεικτής Πραγματικότητας .....	48
4.1. Εισαγωγή.....	48
4.2. Υλικό.....	49
4.3. Λογισμικό .....	53
5. Εφαρμογές Επαυξημένης Πραγματικότητας.....	55
5.1. Εισαγωγή.....	55
5.2. Τομείς Εφαρμογής Επαυξημένης Πραγματικότητας .....	55
5.2.1. Ιατρική.....	56
5.2.2. Κατασκευή και επισκευή κτιρίων και Μηχανημάτων .....	59
5.2.3. Σχολιασμό και την οπτικοποίηση αντικειμένων.....	61
5.2.4. Ρομποτική .....	64
5.2.5. Ψυχαγωγία.....	65

5.2.6 Στρατιωτικά αεροσκάφη.....	66
6. Εφαρμογές Μεικτής Πραγματικότητας .....	66
6.1. Εισαγωγή.....	66
6.2. Τομείς Εφαρμογής Μεικτής Πραγματικότητας .....	67
6.2.1 Ιατρικός Τομέας .....	67
6.2.2 Ψυχαγωγία.....	69
6.2.3 Στρατιωτική Εκπαίδευση .....	71
6.2.4 Εφαρμοσμένη Μηχανική .....	72
6.2.5 Ρομποτική και Τηλερομποτική .....	72
6.2.6 Κατασκευαστικός Τομέας .....	73
6.2.7 Καταναλωτικός Τομέας.....	74
7. Μελλοντική Ανάπτυξη Εφαρμογών .....	75
8. Συμπεράσματα.....	78
9. Βιβλιογραφία .....	79

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι σημαντικές εξελίξεις στον χώρο της τεχνολογίας που αντιπροσωπεύουν η μεικτή και επαυξημένη πραγματικότητα (Mixed Reality - MR και Augmented Reality - AR), επιφέρουν επαναστατικές αλλαγές στην εμπειρία των ανθρώπων με τον ψηφιακό κόσμο. Ας εξετάσουμε μερικές σημαντικές πτυχές αυτών των τεχνολογιών και πώς επηρεάζουν την σημερινή κατάσταση. Η μεικτή πραγματικότητα συνδυάζει τον φυσικό και τον ψηφιακό κόσμο, ενώ η επαυξημένη πραγματικότητα προσθέτει ψηφιακά στοιχεία στον πραγματικό κόσμο. Αυτές οι τεχνολογίες βασίζονται σε αισθητήρες, όπως κάμερες και αισθητήρες κίνησης, για να δημιουργήσουν μια ενιαία εμπειρία. Σήμερα, η MR και η AR εφαρμόζονται ευρέως σε διάφορους τομείς. Σε παιχνίδια, εκπαίδευση, υγεία, κατασκευές, λιανικό εμπόριο και άλλους τομείς, έτσι ώστε δίνεται η δυνατότητα στους χρήστες να μπορούν να αλληλεπιδρούν με εικονικά στοιχεία στον πραγματικό κόσμο. Στον τομέα της εκπαίδευσης, η AR και η MR επιτρέπουν στους μαθητές να αλληλεπιδρούν με εκπαιδευτικό υλικό με πιο συναρπαστικό και αποτελεσματικό τρόπο. Αναπτύσσονται εφαρμογές που προσφέρουν εικονικές εκδρομές, εργαστήρια και πειράματα. Στη βιομηχανία και την κατασκευή, η επαυξημένη πραγματικότητα χρησιμοποιείται για εκπαίδευση εργαζομένων, επισκέψεις σε εργοτάξια με εικονικά μοντέλα, και αυξημένη ακρίβεια στην εκτέλεση εργασιών. Παρά τα θετικά, υπάρχουν προκλήσεις όπως η απορρόφηση στην κοινωνία, ζητήματα απόρρητου και η ανάγκη για εξέλιξη στους τομείς της τεχνολογίας και της νομοθεσίας. Η μεικτή και επαυξημένη πραγματικότητα συνεχίζουν να αναπτύσσονται και να ενσωματώνονται στις καθημερινές μας ζωές, διαμορφώνοντας ένα περιβάλλον όπου οι φυσικοί και ψηφιακοί κόσμοι συγκλίνουν για να προσφέρουν μια πλούσια και προηγμένη εμπειρία.



## **1.1. Σκοπός της διπλωματικής εργασίας**

Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στη μελέτη και ανασκόπηση των τεχνολογιών και εφαρμογών των μεικτών και επαυξημένων περιηγήσεων. Σκοπός της MR και AR είναι να ενισχύσουν και να εμπλουτίσουν την αληθινή πραγματικότητα με ψηφιακά στοιχεία, προσφέροντας μια εντελώς νέα εμπειρία στους χρήστες. Στο πλαίσιο αυτό, εξετάζονται διάφοροι τύποι μεικτών και επαυξημένων περιηγήσεων αλλά και η σχετική τους λειτουργία, προσδιορίζονται τα χαρακτηριστικά τους και αναδεικνύονται τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν αλλά και τα μειονεκτήματα που μπορούν να επιφέρουν. Καταγράφεται ο τρόπος με τον οποίο κάθε τύπος μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορους κλάδους της βιομηχανίας και της οικονομίας παγκοσμίως. Επιπλέον, παρουσιάζονται οι καθηλωτικές τεχνολογίες, αναδεικνύονται οι δυνατότητές τους και εξετάζονται οι διάφοροι τρόποι με τους οποίους η μεικτή και επαυξημένη πραγματικότητα τις υλοποιούν και τις παρουσιάζουν στον θεατή, τον επισκέπτη ή τον χρήστη. Με άλλα λόγια, δίνεται έμφαση στη δυναμική των καθηλωτικών τεχνολογιών και πώς αυτές μεταδίδονται και αναπαρίστανται σε ένα ευρύ φάσμα χρηστών που τις χρησιμοποιούν. Και οι δύο τεχνολογίες συνεχώς εξελίσσονται για να προσφέρουν πιο φυσικές, αποτελεσματικές και εντυπωσιακές δυνατότητες στους χρήστες, ενισχύοντας έτσι τη συνολική εμπειρία τους σε διάφορα πεδία, από την ψυχαγωγία έως την εκπαίδευση και την επιχειρηματικότητα.

## ***1.2. Διάρθρωση του περιεχομένου της εργασίας***

Στο δεύτερο κεφάλαιο της διπλωματικής εργασίας επικεντρώνεται στην έννοια της μεικτής και επαυξημένης περιήγησης. Αρχικά, ορίζονται οι έννοιες αυτές και αναδεικνύονται τα οφέλη που προκύπτουν από τη χρήση τους. Επίσης, γίνεται αναφορά στα χαρακτηριστικά της μεικτής και επαυξημένης περιήγησης, παρέχοντας μια επισκόπηση των στοιχείων που τις καθιστά ξεχωριστές. Αλλά και μια σύντομη αναφορά στην ιστορική εξέλιξη τους.

Στο τρίτο κεφάλαιο επικεντρώνεται στην λειτουργία της επαυξημένης πραγματικότητας. Αρχικά, αναφέρονται και περιγράφονται τα βασικά βήματα εκτέλεσης αλλά και ποιες τεχνολογίες χρησιμοποιούνται για την υλοποίησή τους. Επίσης, γίνεται αναφορά για τα δομικά στοιχεία που συνεργάζονται για την υποστήριξη της διαδικασίας αλλά και τον ρόλο που καθένα από αυτά παίζει στο σύνολο του συστήματος.

Στο τέταρτο κεφάλαιο επικεντρώνεται στην λειτουργία της μεικτής πραγματικότητας. Στον συνδυασμό υλικού και λογισμικού που χρησιμοποιεί για την λειτουργία της, που μας δίνει την δυνατότητα δημιουργίας μιας καθηλωτικής εμπειρίας.

Στο πέμπτο και έκτο κεφαλαίο γίνεται μια αναλυτική επισκόπηση της επαυξημένης και της μεικτής πραγματικότητας που εφαρμόζεται σε διάφορους τομείς όπως ο στρατιωτικός, ο βιομηχανικός, ο κατασκευαστικός και ο ιατρικός τομέας, αλλά και την σημαντική ανάπτυξη που έχει σημειώσει η τεχνολογία τα τελευταία χρόνια.

Τέλος, αναφέρονται οι μελλοντικές εξελίξεις της μεικτής και επαυξημένης πραγματικότητας και πως αυτές με την πάροδο του χρόνου θα μας βοηθήσουν στην οικονομική και τεχνολογική ανάπτυξη.

## **2. Επαυξημένη και Μεικτή Πραγματικότητα**

### ***2.1. Ορισμοί Εικονικής, Επαυξημένης και Μεικτής Πραγματικότητας***

Από την αρχή της ανθρωπότητας, ο άνθρωπος πάντα προσπαθούσε να επηρεάσει και να βελτιώσει το περιβάλλον του. Οι πρώτες προσπάθειες επικεντρώνονταν στον χειρισμό φυσικών αντικειμένων. Καθώς ο χρόνος προχωρούσε, οι άνθρωποι ανέπτυξαν τη δεξιότητα να συμβολίζουν πληροφορίες και να δημιουργούν εικόνες. Αρχικά, αυτή η δημιουργικότητα εστιάστηκε στον τρόπο που αλληλεπιδρούσαν με τον φυσικό κόσμο. Στη συνέχεια, οι άνθρωποι έμαθαν να χρησιμοποιούν σύμβολα και να δημιουργούν εικόνες, όπως πίνακες ζωγραφικής σε σπηλιές, όχι μόνο για πρακτικούς σκοπούς, αλλά και για να μεταδώσουν πληροφορίες, να δημιουργήσουν χάρτες, να αφηγηθούν ιστορίες ή ακόμα και για λόγους αισθητικής. Με αυτά τα μέσα, ο άνθρωπος συνέβαλε στη διαμόρφωση του περιβάλλοντός του, ενισχύοντας τη σχέση του με τη φύση και τους συνανθρώπους του, ενώ παράλληλα εκφράζοντας τη δημιουργικότητά του και την ανάγκη του για έκφραση.

Με την πάροδο του χρόνου η ανθρωπότητα και η τεχνολογία εξελίσσονταν, η σημασία των ιδεών έγινε πιο εμφανής και εκφράστηκε με διάφορους τρόπους, είτε με ρεαλιστικά μέσα όπως ένα λεκτικό σχέδιο, είτε με συμβολικά μέσα όπως ένας χάρτης. Έτσι φτάνουμε στο σημείο στο οποίο ο κόσμος δεν αποτελείται μόνο από φυσικά αντικείμενα, αλλά και από ιδέες και αναπαραστάσεις αυτών με διάφορα φυσικά μέσα, τα οποία εκφράστηκαν μέσα από τέχνες όπως ζωγραφική, γλυπτική, μουσική, χορός και άλλα. Έως τον 20ο αιώνα, η προσθήκη πληροφορίας σε έναν φυσικό χώρο γινόταν κυρίως μέσω της δημιουργίας φυσικών αντικειμένων ή αναπαράστασης πληροφοριών. Για παράδειγμα, αν θέλαμε να δείξουμε τις διόδους διαφυγής σε ένα κτίριο, θα αναγκαζόμασταν να χρησιμοποιήσουμε φυσικά μέσα όπως πινακίδες, χάρτες και γραπτές οδηγίες. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας, ωστόσο, άρχισαν να εμφανίζονται νέα μέσα όπως η ηλεκτρονική πινακίδα, η εικονική πραγματικότητα και άλλες ψηφιακές τεχνολογίες που επιτρέπουν την αποτελεσματική αναπαράσταση και διανοητική ανταλλαγή ιδεών. Συνεπώς, η εξέλιξη αυτή επέτρεψε στην

ανθρωπότητα να επικοινωνεί και να εκφράζει ιδέες της με πολύ πιο αποτελεσματικούς και ποικίλους τρόπους.



**Εικόνα 1.** Παράδειγμα μεταβαλλόμενης πινακίδας ανάγκης

Η εποχή της πληροφορίας και οι ψηφιακοί υπολογιστές μετέτρεψαν ριζικά τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε και αλληλεπιδρούμε με το περιβάλλον μας. Η δυνατότητα αποθήκευσης, επεξεργασίας και ανάκτησης μεγάλων όγκων πληροφοριών με υψηλή ταχύτητα αναπτύχθηκε, επιτρέποντας τη δημιουργία ενός ισχυρού τρόπου τροποποίησης και ενίσχυσης του περιβάλλοντός μας. Με την αυξημένη ισχύ, τη μείωση κόστους και μεγέθους των υπολογιστικών συσκευών, μπορούμε τώρα να δημιουργούμε πολύπλοκες προσομοιώσεις φυσικών ή φανταστικών γεγονότων. Η γραμμή μεταξύ του "πραγματικού" και του "εικονικού" γίνεται ολοένα και πιο δύσκολο να διακριθεί. Αυτό επιτρέπει τη δημιουργία προσομοιώσεων που μοιάζουν και συμπεριφέρονται όπως τα φυσικά αντικείμενα ή τα γεγονότα, αντικαθιστώντας ορισμένες φορές την ανάγκη για πραγματικές συσκευές. Η δυνατότητα αυτή επιτρέπει επίσης τη δημιουργία προσομοιώσεων που είναι πιο περίπλοκες και ρεαλιστικές, επιτρέποντας την πειραματική προσέγγιση σε πολλούς τομείς, όπως η επιστήμη, η τεχνολογία και η ιατρική. Συνεπώς, η εξέλιξη αυτή συμβάλλει στη δημιουργία ενός πιο ενδιαφέροντος, δυναμικού και συνδεδεμένου περιβάλλοντος.

Η δυνατότητα απεικόνισης τρισδιάστατων (3D) γραφικών σε πραγματικό χρόνο έχει ανοίξει νέους ορίζοντες στη δημιουργία εικονικών περιβαλλόντων. Αυτή η τεχνολογία επιτρέπει τη δημιουργία σκηνών και κόσμων που προηγουμένως ήταν αδύνατο να απεικονιστούν με τέτοια λεπτομέρεια και ρεαλισμό σε έναν φυσικό κόσμο. Σε αντίθεση με παλαιότερες

τεχνικές όπως τα φωτογραφικά και κινηματογραφικά τεχνάσματα, οι υπολογιστές μας επιτρέπουν να δημιουργούμε οποιαδήποτε φαντασία με ακρίβεια και ρεαλισμό. Η τεχνολογία αυτή μπορεί να ξεγελάσει τις αισθήσεις μας, προσφέροντας εμπειρίες που μπορεί να φαίνονται πραγματικές. Στις μέρες μας, πολλοί έχουν έλθει σε επαφή με τρισδιάστατες απεικονίσεις μέσα από ταινίες και ηλεκτρονικά παιχνίδια. Η χρήση συστημάτων στερεοσκοπικής απεικόνισης και η ενσωμάτωση φυσικής αλληλεπίδρασης μέσω συσκευών όπως το Nintendo Wii και το Microsoft Kinect προσθέτουν στοιχεία εμπειρίας που ενισχύουν τη σύνδεση του χρήστη με το εικονικό περιβάλλον. Κατ' αυτόν τον τρόπο, η τεχνολογία αυτή ανοίγει νέους δρόμους για διαδραστικές και εντυπωσιακές εμπειρίες.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, ανεξαρτήτως της τεχνολογικής εξέλιξης, οι εικόνες που βλέπουμε σε οθόνες, είτε πρόκειται για ταινίες είτε για ηλεκτρονικά παιχνίδια, είναι περιορισμένες στον χώρο της οθόνης και δεν αλληλεπιδρούν με τον πραγματικό κόσμο πέραν της προβολής τους σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία. Η τοποθεσία στην οθόνη είναι ανεξάρτητη από τον φυσικό κόσμο, και αν κινηθεί η οθόνη, η απεικόνιση ακολουθεί την κίνησή της. Για παράδειγμα, σε μια ταινία που παίζει σε έναν κινηματογράφο στην Αθήνα, η τοποθεσία των χαρακτήρων στην οθόνη είναι στον εικονικό κόσμο της ταινίας, ανεξάρτητα από το πού βρίσκεται ο κινηματογράφος. Αντίστοιχα, σε ηλεκτρονικά παιχνίδια, ο χώρος όπου εκτυλίσσεται το παιχνίδι δεν συνδέεται γεωγραφικά με τη θέση του παίκτη στον πραγματικό κόσμο. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι, παρά τις προόδους στην τεχνολογία, η αλληλεπίδραση με τον εικονικό κόσμο στις οθόνες παραμένει κυρίως οπτική και αποτελεί ανεξάρτητο κομμάτι της πραγματικότητας.



**Εικόνα 2.** Συσκευές που επιτρέπουν τη φυσική αλληλεπίδραση

Η εικονική πραγματικότητα ορίζεται ως ένα "αλληλεπιδραστικό, τρισδιάστατο περιβάλλον, φτιαγμένο από υπολογιστή, στο οποίο μπορεί κάποιος να εμβυθιστεί.", Σύμφωνα με τον Αμερικανό συγγραφέα και πρωτοπόρο της εικονικής πραγματικότητας, Τζάρον Λέινιερ (πηγή: 10).

Αντίθετα, η Επαυξημένη Πραγματικότητα αντιστρέφει τον παραπάνω ορισμό που βασίζεται στην «εμβύθιση» του χρήστη σε ένα φανταστικό κόσμο, ενσωματώνοντας την πληροφορία που παράγει ο υπολογιστής στον πραγματικό κόσμο του χρήστη. Σύμφωνα με τον Ronald Azuma (πηγή: 11).

Η επαυξημένη πραγματικότητα, σύμφωνα με τον Ronald Azuma, χαρακτηρίζεται από τρία βασικά χαρακτηριστικά:

1. **Συνδυάζει το πραγματικό και το εικονικό:** Σημαίνει ότι η επαυξημένη πραγματικότητα συνδυάζει τα στοιχεία του πραγματικού κόσμου με εικονικά, δημιουργώντας ένα ενιαίο περιβάλλον όπου η πραγματικότητα και η εικονική πληροφορία συνυπάρχουν.
2. **Είναι διαδραστική σε πραγματικό χρόνο:** Αυτό σημαίνει ότι οι χρήστες μπορούν να αλληλεπιδρούν με το επαυξημένο περιβάλλον σε πραγματικό χρόνο, ενώ η πληροφορία ενσωματώνεται άμεσα και ανταποκρίνεται στις δράσεις τους.

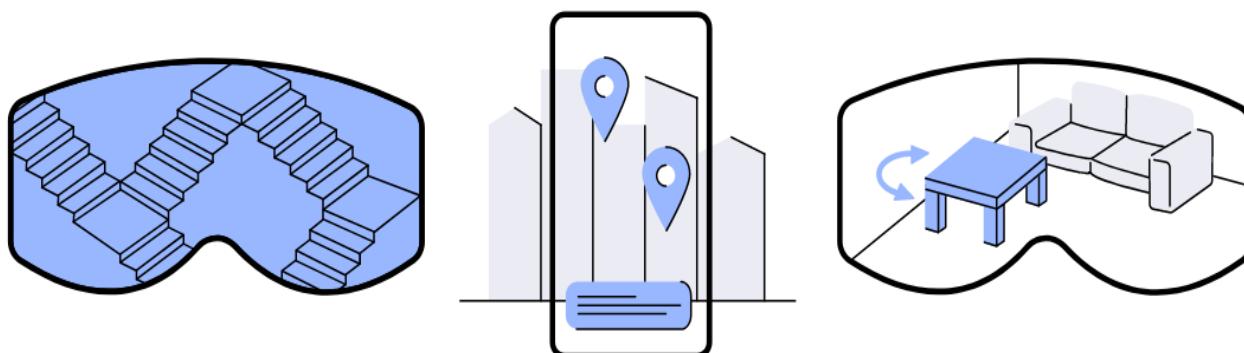
3. **Η πληροφορία χωροθετείται στις τρεις διαστάσεις:** Αυτό σημαίνει ότι η επαυξημένη πραγματικότητα ενσωματώνει πληροφορία στον πραγματικό κόσμο με τρόπο που λαμβάνει υπόψη τις τρεις διαστάσεις του χώρου.

Στην μεικτή πραγματικότητα οι συσκευές επιτρέπουν μια εμπυθιστική εμπειρία όπου συνδυάζονται ο πραγματικός με τον εικονικό (ψηφιακό) κόσμο. Ο χρήστης μπορεί να αλληλεπιδρά στον πραγματικό κόσμο με εικονικά αντικείμενα σαν να ήταν πραγματικά, και μπορεί να τα αγγίξει, να αλλάζει μέγεθος και πολλά άλλα. (πηγή: 12)

Η μεικτή πραγματικότητα χαρακτηρίζεται από τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

1. **Ενσωμάτωση του Πραγματικού και του Εικονικού:** Η μεικτή πραγματικότητα ενσωματώνει ψηφιακά στοιχεία στον πραγματικό κόσμο. Αυτά τα στοιχεία μπορεί να είναι γραφικά, πληροφορίες ή άλλα εικονικά αντικείμενα που εμφανίζονται και αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον.
2. **Διαδραστικότητα:** Η μεικτή πραγματικότητα παρέχει δυνατότητες διαδραστικότητας, επιτρέποντας στους χρήστες να αλληλεπιδρούν με τα εικονικά αντικείμενα ή πληροφορίες που εμφανίζονται στον πραγματικό κόσμο.
3. **Χωροθέτηση στον Πραγματικό Χώρο:** Οι εικονικές πληροφορίες είναι συνδεδεμένες με το φυσικό περιβάλλον και ακολουθούν τη γεωμετρία του πραγματικού χώρου. Αυτό σημαίνει ότι τα εικονικά αντικείμενα φαίνονται να υπάρχουν στον πραγματικό κόσμο και παραμένουν σταθερά σε σχέση με το περιβάλλον.
4. **Συνεργασία με το Φυσικό Περιβάλλον:** Η μεικτή πραγματικότητα επιτρέπει στους χρήστες να αλληλεπιδρούν ταυτόχρονα και με τον πραγματικό και τον εικονικό κόσμο, διατηρώντας τον συνεργατικό χαρακτήρα των εικονικών και πραγματικών στοιχείων.

Η εικόνα που ακολουθεί απεικονίζει τις διαφορές στα ιδιαίτερα πλαίσια αναπαράστασης, της εικονικής, επαυξημένης και μικτής πραγματικότητα:



**Εικόνα 3.** Από αριστερά προς τα δεξιά: Εικονική, Επαυξημένη και Μικτή πραγματικότητα

## 2.2. Ιστορική Αναδρομή

Η έννοια της επαυξημένης πραγματικότητας πρωτοεμφανίστηκε περίπου το 1900, ενώ η ιδέα της εικονικής πραγματικότητας υπήρχε ήδη από το 1860, περίπου μισό αιώνα πριν. Σήμερα, οι δύο αυτές τεχνολογίες θεωρούνται ως συνέχεια η μία της άλλης, αλλά η διαφορά μεταξύ τους δεν είναι ευρέως κατανοητή. Μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι η έννοια της επαυξημένης πραγματικότητας προήλθε από την εικονικής πραγματικότητας, σηματοδοτώντας μια εξέλιξη στην τεχνολογία επαύξησης της πραγματικότητας. Η εικονική πραγματικότητα και η επαυξημένη πραγματικότητα έχουν κοινό στόχο να εμβαθύνουν τον χρήστη σε ένα ψηφιακό περιβάλλον. Η κύρια διαφοροποίηση μεταξύ τους έγκειται στον τρόπο που υλοποιούν αυτόν τον στόχο. Η τεχνολογία της εικονικής πραγματικότητας επιδιώκει να βυθίσει τον χρήστη σε έναν εντελώς ψηφιακό κόσμο. Αυτός ο κόσμος είναι συχνά απομονωμένος από τον πραγματικό κόσμο, παρέχοντας μια εμβληματική εμπειρία που μπορεί να είναι εντελώς εικονική και αποκλειστική. Αντίθετα, η επαυξημένη πραγματικότητα συνδυάζει τον πραγματικό κόσμο με εικονικά αντικείμενα και πληροφορίες.



Σε αυτήν την περίπτωση, ο χρήστης βλέπει τον πραγματικό κόσμο γύρω του, ενώ παράλληλα επιπλέει εικονικό περιεχόμενο πάνω σε αυτόν. Αυτό καθιστά δυνατή την αλληλεπίδραση με το περιβάλλον του χρήστη, καθιστώντας ευκολότερη τη διάκριση μεταξύ του πραγματικού και του εικονικού κόσμου. Συνολικά, ενώ η εικονική πραγματικότητα αποσκοπεί στη δημιουργία μιας πλήρως εικονικής εμπειρίας, η επαυξημένη πραγματικότητα επιδιώκει να ενισχύσει και να εμπλουτίσει τον πραγματικό κόσμο με επιπλέον πληροφορίες και αλληλεπιδράσεις.

Ο συγγραφέας L. Frank Baum ήταν ο πρώτος που πρότεινε μια ιδέα που θα μπορούσε να θεωρηθεί ως πρόδρομος της επαυξημένης πραγματικότητας (ΕΠ) όπως την γνωρίζουμε σήμερα. Το 1901, διατύπωσε την ιδέα των "Character Markers," που ήταν ένα είδος ηλεκτρονικών γυαλιών που θα πρόβαλλαν δεδομένα στον πραγματικό κόσμο. Στη συνέχεια, κατά τα επόμενα χρόνια, πραγματοποιήθηκαν σημαντικές εφευρέσεις που βασίζονταν στη θεωρία της εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας. Ένα από τα πιο σημαντικά παραδείγματα είναι το "Sword of Damocles" του Sutherland το 1968 και το "EyeTap" του Mann το 1980. Το EyeTap ήταν η πρώτη φορητή συσκευή που ενσωμάτωνε ένα υπολογιστικό σύστημα όρασης με γραφικές επικαλύψεις, εισάγοντας έτσι την έννοια της επαυξημένης πραγματικότητας. Συνοψίζοντας, ο Baum προήγεται στη διατύπωση της ιδέας της ΕΠ, ενώ οι εφευρέσεις όπως το Sword of Damocles και το EyeTap αντιπροσωπεύουν κρίσιμα βήματα προς την ανάπτυξη της τεχνολογίας αυτής.

Τα πρώτα πρωτότυπα επαυξημένης πραγματικότητας δημιουργήθηκαν από τον Ivan Sutherland και τους φοιτητές του στα πανεπιστήμια του Harvard και της Utah κατά τη δεκαετία του 1960. Συγκεκριμένα, ανέπτυξαν μια τρισδιάστατη συσκευή απεικόνισης που τοποθετείται στο κεφάλι του χρήστη και κρέμεται από το ταβάνι. Ο σκοπός ήταν να επαυξήσει τη σκηνή με τρισδιάστατες πληροφορίες, παρουσιάζοντας στον χρήστη μια εικόνα που αλλάζει με την κίνηση του κεφαλιού ή του σώματος σε μια περιορισμένη περιοχή. Η συσκευή χρησιμοποιούσε ειδικά κατοπτρικά πρίσματα που επέτρεπαν στον χρήστη να βλέπει ταυτόχρονα τις εικόνες που προέρχονταν από τη συσκευή και τα πραγματικά αντικείμενα του

περιβάλλοντος. Οι εικόνες που παρουσιάζονταν στον χρήστη ήταν διαφανείς τρισδιάστατες αναπαραστάσεις αντικειμένων, αποτελούμενες μόνο από τις κύριες ακμές τους λόγω τεχνικών περιορισμών της εποχής. Αυτό το σύστημα θεωρείται το πρώτο πρωτότυπο επαυξημένης πραγματικότητας και ήταν πραγματικά καινοτόμο για την εποχή του, θέτοντας τις βάσεις για την εξέλιξη της τεχνολογίας αυτής.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1990, οι επιστήμονες Caudell και Mizell στη Boeing δημιούργησαν τον όρο "επαυξημένη πραγματικότητα." Ανέπτυξαν ένα πειραματικό σύστημα για τη βοήθεια των εργατών στη συναρμολόγηση πολύπλοκων δεσμών καλωδίων σε αεροσκάφη. Την ίδια χρονιά, οι Feiner, MacIntyre και Seligmann παρουσίασαν το πρώτο κύριο άρθρο σχετικά με ένα πρωτότυπο σύστημα επαυξημένης πραγματικότητας, το KARMA (Knowledge-based Augmented Reality Maintenance Assistance). Το σύστημα KARMA χρησιμοποιεί ένα κράνος εικονικής πραγματικότητας (HMD) για να υποστηρίξει τον χρήστη κατά τη συντήρηση ενός εκτυπωτή laser. Αυτή η πρωτοποριακή εφαρμογή έδωσε μία ώθηση στον τομέα της επαυξημένης πραγματικότητας, δείχνοντας τις δυνατότητές της για εφαρμογές στη βιομηχανία και τη συντήρηση.

Το 1994, ο Paul Milgram παρουσίασε το συνεχές εικονικότητας-πραγματικότητας, γνωστό και ως συνεχές επαυξημένης πραγματικότητας. Αυτό το πλαίσιο αναφέρεται σε μια κλίμακα που εκτείνεται από απόλυτα εικονικό (εικονική πραγματικότητα) έως απόλυτα πραγματικό (πραγματική πραγματικότητα). Το 1995, ο Jun Rekimoto ανέπτυξε το πρώτο φορητό σύστημα χειρός επαυξημένης πραγματικότητας με χρήση έγχρωμων markers, γνωστό ως NaviCam. Επίσης, το 1996, ο Rekimoto δημιούργησε το σύστημα CyberCode, ένα 2D barcode σύστημα για εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας, το οποίο βασίζεται σε ασπρόμαυρα τετράγωνα markers δύο διαστάσεων. Αυτός ο τύπος marker χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα, αποτελώντας έναν ευρέως χρησιμοποιούμενο τρόπο για την αναγνώριση και την επικοινωνία με συσκευές στον χώρο της επαυξημένης πραγματικότητας.

Το 1997, ο Ronald Azuma δημοσίευσε μια αναλυτική έρευνα στον τομέα της επαυξημένης πραγματικότητας, που συνέβαλε στην κατανόηση και την εξέλιξη αυτής της τεχνολογίας. Το

1999, ιδρύεται η εταιρία Total Immersion, μια από τις πρώτες που αναπτύσσει λύσεις επαυξημένης πραγματικότητας. Με το προϊόν της, το D'Fusion, παρέχει εργαλεία για τη δημιουργία εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας.

Την ίδια χρονιά, ο Hirokazu Kato αναπτύσσει τη βιβλιοθήκη ARToolKit, μια βιβλιοθήκη ανοικτού κώδικα για εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας. Αυτή η βιβλιοθήκη επιτρέπει τη λήψη βίντεο και την τοποθέτηση εικονικών μοντέλων σε πραγματικό χρόνο πάνω σε markers που εντοπίζονται στη σκηνή. Η ARToolKit έχει γίνει η βάση για πολλές εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας και χρησιμοποιείται ευρέως ακόμα και σήμερα, είτε ως έχει είτε με μικρές τροποποιήσεις.

Λόγω της ταχείας ανάπτυξης του κλάδου της επαυξημένης πραγματικότητας, ο R. Azuma δημοσίευσε μια νέα έρευνα το 2001, όπου αναλύει τις πιο πρόσφατες εφαρμογές και καινοτομίες που παρουσιάστηκαν. Την ίδια χρονιά δημιουργήθηκε το πρώτο πρόγραμμα περιήγησης επαυξημένης πραγματικότητας, το Real-World Wide Web (RWWW), από τους Bob Kooper και Blair MacIntyre το 2003.

Το RWWW ήταν μια εφαρμογή που συνδύαζε δεδομένα από τον Παγκόσμιο Ιστό με τον πραγματικό κόσμο, χρησιμοποιώντας μια συσκευή HMD. Τα δεδομένα αυτά ανανεώνονταν δυναμικά ανάλογα με τη θέση και τον προσανατολισμό του χρήστη. Με άλλα λόγια, ο RWWW επέτρεπε στους χρήστες να αλληλεπιδρούν με επαυξημένες πληροφορίες που ενσωματώνονταν στον πραγματικό κόσμο με τη χρήση της τεχνολογίας επαυξημένης πραγματικότητας. Την ίδια χρονιά, η ομάδα των Vlahakis και συνεργάτες (2000) παρουσίασαν το Archeoguide, ένα σύστημα επαυξημένης πραγματικότητας που σχεδιάστηκε για μνημεία πολιτιστικής κληρονομιάς. Το Archeoguide αναπτύχθηκε ειδικά για τον ιστορικό χώρο της Αρχαίας Ολυμπίας στην Ελλάδα. Το σύστημα περιλάμβανε μια διεπαφή πλοήγησης στον χώρο, τρισδιάστατα μοντέλα αρχαίων ναών και αγαλμάτων, καθώς επίσης και εικονικούς δρομείς που συμμετείχαν σε αγώνες στο αρχαίο στάδιο. Αυτή η εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας είχε σκοπό να εμπλουτίσει την επίσκεψη των επισκεπτών σε

μνημεία με εικονικά στοιχεία και πληροφορίες, δημιουργώντας έναν εκπαιδευτικό και ενδιαφέροντα τρόπο να αλληλεπιδρούν με τον ιστορικό περίγραμμα του τόπου.

Το 2006, η Nokia παρουσίασε το πρόγραμμα MARA (Mobile Augmented Reality Applications project). Αυτή η πρωτότυπη εφαρμογή χρησιμοποιεί εργαλεία όπως επιταχυνσιόμετρο, πυξίδα και GPS για τον υπολογισμό της θέσης και του προσανατολισμού του κινητού τηλεφώνου. Αυτό επιτρέπει την υπέρθεση πληροφοριών για πραγματικά αντικείμενα σε ζωντανό βίντεο, εκμεταλλευόμενη τις δυνατότητες του κινητού τηλεφώνου. Το 2008, δημιουργήθηκε το πρόγραμμα περιήγησης επαυξημένης πραγματικότητας Wikitude. Αυτή η εφαρμογή βασίζεται στη θέση και χρησιμοποιεί τα χαρακτηριστικά και την κάμερα ενός κινητού τηλεφώνου για να υπερθέσει πληροφορίες από το διαδίκτυο για τον περιβάλλοντα χώρο σε πραγματικό χρόνο. Κατά αυτόν τον τρόπο, οι χρήστες μπορούν να δουν επιπλέον πληροφορίες και στοιχεία πάνω σε αντικείμενα που βλέπουν μέσω της κάμερας του κινητού τους τηλεφώνου.

Το 2010, η Microsoft κυκλοφόρησε τη συσκευή Kinect, η οποία αποτέλεσε τη βάση για την ανάπτυξη εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας, κυρίως για βιντεοπαιχνίδια σε μεγαλύτερη κλίμακα. Δύο χρόνια αργότερα, το 2012, η εταιρεία Oculus VR ανακοίνωσε τη συσκευή ανάπτυξης Oculus Rift, ένα Head-Mounted Display (HMD) για εικονική πραγματικότητα. Η επιτυχία και η δημοσιότητα που συγκέντρωσε η δημιουργία αυτού του προϊόντος αποτέλεσε την αρχή για την ανάπτυξη μιας σειράς HMDs, ειδικά στον τομέα της βιομηχανίας των βιντεοπαιχνιδιών. Η Microsoft ανακοίνωσε τη συσκευή HoloLens τον Ιανουάριο του 2015. Πρόκειται για μια συσκευή που συνδυάζει την εικονική και την επαυξημένη πραγματικότητα. Η HoloLens είναι ένας ολοκληρωμένος υπολογιστής με μία διαφανή οθόνη (see-through display) και διαθέτει αρκετούς αισθητήρες. Αυτή η συσκευή επιτρέπει στους χρήστες να βλέπουν εικονικά αντικείμενα που ενσωματώνονται στον πραγματικό κόσμο γύρω τους, προσφέροντας έναν νέο τρόπο διάδρασης με την περιβάλλουσα πραγματικότητα.

Το 2013, το Google Glass διατίθεται μέσω του προγράμματος "Explorer". Το Google Glass προκάλεσε ποικίλες αντιδράσεις, συγκεντρώνοντας τόσο θετικά όσο και αρνητικά σχόλια, καθώς και ανησυχίες σχετικά με την προστασία των προσωπικών δεδομένων.

Επιπλέον, το 2015, η Metaio, μια από τις μεγαλύτερες εταιρείες ανάπτυξης λογισμικού επαυξημένης πραγματικότητας, που δημιούργησε το Junaiο, έναν περιηγητή επαυξημένης πραγματικότητας για φορητές συσκευές Android και iOS, εξαγοράστηκε από την Apple. Αυτή η κίνηση αποδεικνύει τη σημασία που αποκτά η επαυξημένη πραγματικότητα στον σύγχρονο κόσμο.

### **3. Τεχνολογία Επαυξημένης Πραγματικότητας**

#### **3.1. Εισαγωγή**

Οι εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας λειτουργούν συνήθως μέσω διαδικασίας σε δύο βασικά στάδια. Ας εξετάσουμε πιο λεπτομερώς τι περιλαμβάνει καθένα από αυτά τα βήματα και ποιες τεχνολογίες χρησιμοποιούνται για την υλοποίησή τους.

Τα βασικά βήματα που πρέπει να εκτελέσει μια εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας είναι τα ακόλουθα:

#### **Βήμα 1: Καθορισμός Κατάστασης τρέχοντος και εικονικού κόσμου**

##### **1. Ανίχνευση Περιβάλλοντος:**

- Χρήση αισθητήρων όπως κάμερες, αισθητήρες κίνησης και GPS για την αναγνώριση της τρέχουσας κατάστασης του περιβάλλοντος.

##### **2. Καταγραφή Δεδομένων:**

- Συλλογή και αποθήκευση δεδομένων από το περιβάλλον, όπως εικόνες, βίντεο, και άλλες πληροφορίες.

#### **Βήμα 2: Εμφάνιση Εικονικής Πληροφορίας**

### 1. Συσχέτιση Δεδομένων:

- Σύνδεση των δεδομένων της πραγματικής κατάστασης με τα εικονικά στοιχεία, δημιουργώντας ένα ενοποιημένο περιβάλλον.

### 2. Επικοινωνία Χρήστη:

- Παρουσίαση της εικονικής πληροφορίας στον πραγματικό κόσμο μέσω συσκευών όπως γυαλιά ή κινητά τηλέφωνα.

### 3. Συνεχής Ενημέρωση:

- Ανανέωση της εικονικής πληροφορίας καθώς ο χρήστης κινείται ή αλληλεπιδρά με το περιβάλλον.

Αυτά τα βήματα επαναλαμβάνονται διαρκώς, προσφέροντας στον χρήστη μια συνεχή και αληθοφανή εμπειρία Επαυξημένης Πραγματικότητας. Για την υλοποίηση αυτών των βημάτων, χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνολογίες όπως η υπολογιστική όραση, η επεξεργασία εικόνας, η αυξημένη πραγματικότητα (AR) SDKs (Software Development Kits), και άλλες σχετικές τεχνολογίες.

Στο σύστημα επαυξημένης πραγματικότητας, υπάρχουν τρία βασικά δομικά στοιχεία που συνεργάζονται για την υποστήριξη της διαδικασίας. Ας εξετάσουμε τον ρόλο που καθένα από αυτά παίζει στο σύνολο του συστήματος:

#### 1. Αισθητήρες:

Οι αισθητήρες χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση της κατάστασης του πραγματικού κόσμου. Παρέχουν δεδομένα σχετικά με το περιβάλλον, όπως εικόνες, βίντεο, ήχο, και πληροφορίες κίνησης.

## **2. Επεξεργαστής:**

Ο επεξεργαστής αξιολογεί τα δεδομένα από τους αισθητήρες και υλοποιεί τους κανόνες της εφαρμογής. Επεξεργάζεται την πληροφορία του πραγματικού κόσμου και δημιουργεί σήματα που απαιτούνται για την οδήγηση της παρουσίασης.

## **3. Παρουσίαση Κατάλληλης Συσκευής:**

Η συσκευή παρουσίασης (όπως γυαλιά AR ή κινητό τηλέφωνο) δημιουργεί την αίσθηση συνύπαρξης του εικονικού και πραγματικού κόσμου. Εμφανίζει τα εικονικά στοιχεία με χωρική και χρονική συσχέτιση με τον πραγματικό κόσμο.

Κάθε στοιχείο συμβάλλει στη διαδικασία της επαυξημένης πραγματικότητας, με τους αισθητήρες να παρέχουν τα αρχικά δεδομένα, τον επεξεργαστή να τα επεξεργάζεται και να υλοποιεί τους κανόνες, και τη συσκευή παρουσίασης να δημιουργεί τη συνολική εμπειρία για τον χρήστη.

### **3.2. Αισθητήρες**

Για να ανταποκριθεί σωστά στον φυσικό κόσμο, μια εφαρμογή ΕπΠ χρησιμοποιεί τρεις κύριες κατηγορίες αισθητήρων:

#### **1. Αισθητήρες Παρακολούθησης (Tracking):**

Χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της θέσης και του προσανατολισμού του χρήστη στον πραγματικό κόσμο. Αυτοί οι αισθητήρες καταγράφουν την κίνηση και τις περιστροφές της συσκευής ή του χρήστη.

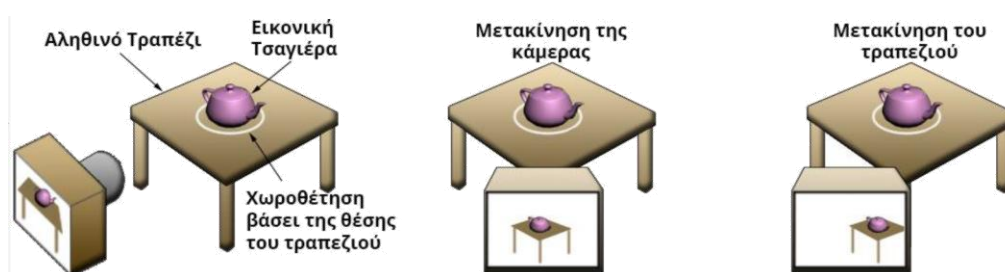
#### **2. Αισθητήρες Περιβαλλοντικών Πληροφοριών:**

Χρησιμοποιούνται για τη συλλογή πληροφοριών σχετικά με το περιβάλλον, όπως εικόνες, βίντεο, ήχο, και άλλα δεδομένα που αφορούν τον πραγματικό κόσμο.

### 3. Αισθητήρες Διάδρασης του Χρήστη:

Χρησιμοποιούνται για την αλληλεπίδραση του χρήστη με το επαυξημένο περιβάλλον. Συμπεριλαμβάνουν αισθητήρες αφής, χειρονομίες, ή φωνητικές εντολές.

Συνολικά, αυτοί οι αισθητήρες εξασφαλίζουν την ακριβή και συνεχή αντίληψη του συστήματος για τη θέση του χρήστη και το περιβάλλον του. Η διαδικασία αυτή, γνωστή ως χωρική τοποθέτηση και παρακολούθηση, είναι κρίσιμη για τη σωστή λειτουργία της Επαυξημένης Πραγματικότητας, καθώς εξασφαλίζει τον συγχρονισμό των εικονικών και πραγματικών στοιχείων στον χώρο.



*Εικόνα 4.* Σχηματική απεικόνιση της χωρικής τοποθέτησης και παρακολούθησης

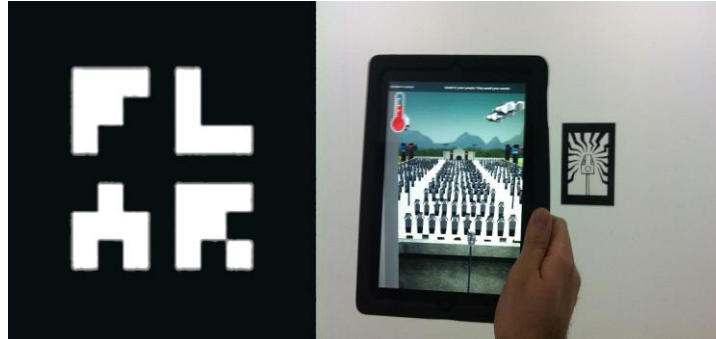
### 3.3. Κάμερα

Η υπολογιστική όραση βασίζεται στη χρήση μιας κάμερας για την καταγραφή του περιβάλλοντος. Το λογισμικό ανάλυσης εικόνας επεξεργάζεται τις εικόνες που παρέχει η κάμερα και προσπαθεί να καθορίσει τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος. Για να επιτευχθεί αυτό, το λογισμικό χρησιμοποιεί ορόσημα, τα οποία μπορεί να είναι φυσικά χαρακτηριστικά που υπάρχουν στο περιβάλλον, όπως κτίρια, δέντρα ή άλλα διακριτικά σημεία, ή τα οποία μπορούν να τοποθετηθούν τεχνητά στο περιβάλλον, όπως ειδικά γραφικά, QR codes, ή άλλα αναγνωριστικά σύμβολα. Με βάση αυτά τα ορόσημα, το λογισμικό



υπολογίζει τη θέση και τον προσανατολισμό της κάμερας σε σχέση με το περιβάλλον. Αυτή η διαδικασία επιτρέπει στην υπολογιστική συσκευή να κατανοήσει τον πραγματικό κόσμο και να παρέχει πληροφορίες σχετικά με τη θέση και τον προσανατολισμό της κάμερας.

Οι καθοδηγητικοί δείκτες (fiducial markers) είναι ειδικά σχεδιασμένα σύμβολα ή εικόνες που τοποθετούνται τεχνητά στο περιβάλλον και χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση και τον προσδιορισμό θέσης και προσανατολισμού σε εφαρμογές υπολογιστικής όρασης. Οι καθοδηγητικοί δείκτες είναι ειδικά σχεδιασμένες εικόνες, συχνά με γεωμετρικά ή αναγνωρίσιμα χαρακτηριστικά, που μπορούν να αναγνωριστούν εύκολα από το λογισμικό υπολογιστικής όρασης. Η αναγνώριση αυτών των δεικτών επιτρέπει στο λογισμικό να προσδιορίσει τη θέση και τον προσανατολισμό της κάμερας ή του συστήματος που το χρησιμοποιεί. Αυτοί οι καθοδηγητικοί δείκτες είναι χρήσιμοι σε πολλές εφαρμογές, όπως η επαυξημένη πραγματικότητα, η ρομποτική όραση, ο εντοπισμός κίνησης, η επανόρθωση θέσης, και άλλα πεδία όπου η γνώση της ακριβούς θέσης και προσανατολισμού είναι κρίσιμη.



**Εικόνα 5.** Παράδειγμα καθοδηγητικού δείκτη και εφαρμογής που χρησιμοποιεί δείκτη για χωρική τοποθέτηση.

Επίσης οι καθοδηγητικοί δείκτες μπορούν να λαμβάνουν ποικίλες μορφές, είτε ως φυσικά αντικείμενα, όπως χαρτί με εκτυπωμένα σύμβολα, είτε ως ηλεκτρονικές αναπαραστάσεις σε οθόνες φορητών συσκευών, όπως τα tablet, smartphones ή οθόνες φορητών υπολογιστών. Η

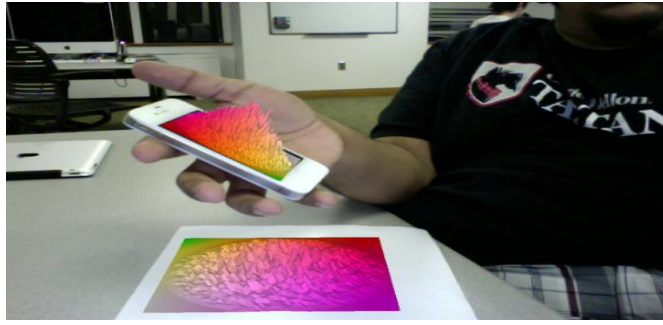
δυνατότητα δημιουργίας δυναμικών δεικτών είναι σημαντική, καθώς επιτρέπει στους δείκτες να προσαρμόζονται στην περιβαλλοντική κατάσταση, να αλλάζουν με βάση την κίνηση, τον χρόνο ή άλλες παραμέτρους. Αυτό μπορεί να βελτιώσει την ακρίβεια και την ευελιξία της υπολογιστικής όρασης. Τόσο η εκτύπωση σε φυσικά αντικείμενα όσο και η ηλεκτρονική αναπαράσταση σε οθόνες επιτρέπουν την εύκολη αναγνώριση των δεικτών από το λογισμικό υπολογιστικής όρασης. Η επιλογή μεταξύ αυτών των μεθόδων εξαρτάται συχνά από τις απαιτήσεις και τον σκοπό της συγκεκριμένης εφαρμογής.

### **Κάμερες Ορατού Φωτός**

Οι κάμερες ορατού φωτός λειτουργούν με τον εξής τρόπο:

1. **Ανίχνευση Φωτεινότητας και Χρώματος:** Ο αισθητήρας της κάμερας καταγράφει το φως που πέφτει πάνω σε αυτόν και μετατρέπει αυτό το φως σε ηλεκτρικά σήματα. Στη συνέχεια, αυτά τα σήματα επεξεργάζονται στο επίπεδο του χρώματος RGB (κόκκινο, πράσινο, μπλε), τα οποία αντιπροσωπεύουν τη φωτεινότητα και το χρώμα των αντικειμένων στη σκηνή.
2. **Αναγνώριση Μοτίβων:** Με βάση την επεξεργασία των σημάτων RGB, το λογισμικό αναζητά συγκεκριμένα μοτίβα ή χαρακτηριστικά που αντιστοιχούν σε προκαθορισμένα αντικείμενα. Αυτό μπορεί να είναι χαρακτηριστικά σχήματος, χρώματος, ή άλλες παραμέτρους που βοηθούν στην αναγνώριση των αντικειμένων.
3. **Επεξεργασία σε Πραγματικό Χρόνο:** Η κάμερα λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο, προσπαθώντας να διατηρήσει μια συνεχή ροή εικόνας και να επεξεργαστεί τα καρέ (frames) της με την απαιτούμενη ταχύτητα για να διατηρηθεί η ομαλή λειτουργία του συστήματος.

Η επιτυχία της υπολογιστικής όρασης μέσω κάμερας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ποιότητα του αισθητήρα, τον τύπο του λογισμικού επεξεργασίας εικόνας, και τις απαιτήσεις της συγκεκριμένης εφαρμογής.



*Εικόνα 6.* Παράδειγμα μεταβαλλόμενου καθοδηγητικού δείκτη σε οθόνη κινητού



*Εικόνα 7.* Παράδειγμα χρήσης κάμερας RGB κινητού τηλεφώνου για καθορισμό της θέσης και του προσανατολισμού και παρακολούθηση

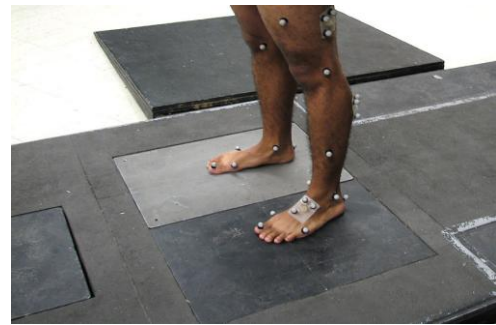
### **Κάμερες Υπέρυθρου Φάσματος**

Οι κάμερες υπέρυθρου φάσματος προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις κάμερες ορατού φωτός, κυρίως λόγω των εξής χαρακτηριστικών:

1. **Λειτουργία στο Σκοτάδι:** Η κύρια πλεονεκτική δυνατότητα των καμερών υπέρυθρου φάσματος είναι η ικανότητά τους να λειτουργούν σε συνθήκες χαμηλού ή μηδενικού φωτισμού, χάρη στην αντίχτυση του υπέρυθρου φωτός που διαπερνά σκοτεινά περιβάλλοντα.

2. **Αναγνώριση με Καθοδηγητικούς Δείκτες:** Η χρήση ειδικών καθοδηγητικών δεικτών που είναι ανακλαστικοί προς το υπέρυθρο φως επιτρέπει στις κάμερες να παρέχουν ακριβείς πληροφορίες σχετικά με τη θέση και την περιστροφή πολλαπλών αντικειμένων ταυτόχρονα.
3. **Ευρύ Φάσμα Εφαρμογών:** Επιλέγονται σε εφαρμογές που απαιτούν ακρίβεια, όπως η παρακολούθηση κίνησης. Επίσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εξωτερικούς χώρους όπου ο φωτισμός μπορεί να είναι περιορισμένος τη νύχτα.

Αυτά τα χαρακτηριστικά καθιστούν τις κάμερες υπέρυθρου φάσματος ιδανικές για εφαρμογές όπου η ακρίβεια, η ευαισθησία στο φως και η ανίχνευση κίνησης είναι κρίσιμες παράμετροι.



*Εικόνα 8.* Κάμερες υπέρυθρου φάσματος σε εφαρμογές ακριβείας

### **Κάμερες Βάθους**

Οι κάμερες βάθους ανήκουν σε μια εξειδικευμένη κατηγορία αισθητήρων παρακολούθησης που έχουν κατακτήσει σημαντική θέση τα τελευταία χρόνια. Ορισμένα χαρακτηριστικά και εφαρμογές των καμερών βάθους περιλαμβάνουν:

1. **Ανίχνευση Απόστασης:** Οι κάμερες βάθους είναι σε θέση να μετρούν την ακριβή απόσταση αντικειμένων από τον αισθητήρα, παρέχοντας πληροφορίες βάθους για κάθε σημείο της σκηνής.
2. **Εφαρμογές Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR):** Στον τομέα της επαυξημένης πραγματικότητας, οι κάμερες βάθους χρησιμοποιούνται για την ακριβή ανίχνευση της τοποθεσίας και της κίνησης αντικειμένων στον πραγματικό κόσμο, επιτρέποντας τη συμπίλησή τους σε εικόνες ή βίντεο AR.
3. **Παρακολούθηση Κίνησης:** Οι κάμερες βάθους είναι χρήσιμες σε εφαρμογές παρακολούθησης κίνησης, όπου η ακριβής ανίχνευση της απόστασης ενός αντικειμένου είναι κρίσιμη.
4. **Συνδυασμός με Διάφορες Τεχνολογίες:** Οι κάμερες βάθους μπορούν να συνδυαστούν με διάφορες τεχνολογίες όπως οπτικές, ακουστικές (υπέρηχος), ραντάρ κ.λπ., για να παρέχουν πλήρεις και ακριβείς πληροφορίες σχετικά με το περιβάλλον.

Η κάμερα Kinect της Microsoft αποτελεί ένα παράδειγμα πρωτοποριακής κάμερας βάθους, η οποία επιτρέπει πολλές εφαρμογές σε διάφορους τομείς.



*Εικόνα 9.* Κάμερα βάθους Microsoft Kinect 2

Τα οπτικά συστήματα παρακολούθησης αντιμετωπίζουν προκλήσεις που προκύπτουν από τη χρονική καθυστέρηση και την απαιτούμενη διαρκή θέαση του αντικειμένου. Ορισμένα κύρια ζητήματα περιλαμβάνουν:

1. **Χρονική Καθυστέρηση:** Η διαδικασία απόκτησης, μεταφοράς και επεξεργασίας της εικόνας απαιτεί χρόνο, ο οποίος προσθέτει μια χρονική καθυστέρηση στο σύστημα παρακολούθησης.
2. **Καταστάσεις “Κρυψίματος”:** Αν το αντικείμενο που παρακολουθείται κρυφτεί ή αποκτήσει οποιαδήποτε μορφή εμποδίου, η δυσκολία παρακολούθησης αυξάνεται.
3. **Κόστος:** Αν και τα οπτικά συστήματα παρακολούθησης είναι οικονομικά και ενσωματώνονται εύκολα σε φορητές συσκευές, η απόκτηση υψηλής ακρίβειας και ταχείας απόκρισης εξακολουθεί να είναι πρόκληση.

Παρά τα προβλήματα αυτά, τα οπτικά συστήματα παρακολούθησης εξακολουθούν να αποτελούν την κυρίαρχη λύση για πολλές εφαρμογές Επαυξημένης Πραγματικότητας (ΕΠΠ), καθώς προσφέρουν ικανοποιητική απόδοση σε συνδυασμό με χαμηλό κόστος και ευελιξία χρήσης σε φορητές συσκευές.

### **3.4. GPS (Global Positioning System)**

Το GPS (Global Positioning System) είναι ένα σύστημα πλοήγησης που εκμεταλλεύεται τη χρήση δορυφόρων στο διάστημα για τον καθορισμό της θέσης και της ταχύτητας ενός δέκτη στην επιφάνεια της Γης. Ας διερευνήσουμε πιο αναλυτικά τα στοιχεία του συστήματος:

1. **Δορυφόροι GPS:** Υπάρχουν συνολικά 24 δορυφόροι που περιφέρονται γύρω από τη Γη και συνεργάζονται για την παροχή πληροφοριών.
2. **Καθορισμός Θέσης (2D):** Εάν ο δέκτης συνδεθεί με τουλάχιστον τρεις δορυφόρους, μπορεί να υπολογίσει τη θέση του στον οριζόντιο άξονα (X, Y).
3. **Καθορισμός Ταχύτητας:** Με τη χρήση τριών δορυφόρων, ο δέκτης μπορεί επίσης να υπολογίσει την ταχύτητά του.

4. **Καθορισμός Θέσης (3D):** Εάν συνδεθεί με τέσσερις ή περισσότερους δορυφόρους, μπορεί να υπολογίσει το υψόμετρο του δέκτη.
5. **Χρήση Χρόνου Πτήσης Σημάτων:** Το σύστημα βασίζεται στη μέτρηση του χρόνου που απαιτείται για τη μετάδοση των σημάτων από τους δορυφόρους στον δέκτη.
6. **Ακρίβεια Θέσης:** Η ακρίβεια του GPS εξαρτάται από τον αριθμό των δορυφόρων που μπορούν να "δουν" τα σήματα τους ταυτόχρονα. Όσο περισσότεροι δορυφόροι, τόσο μεγαλύτερη ακρίβεια.



*Εικόνα 10.* Χρήση GPS σε εφαρμογή ΕπΠ

Συνολικά, το GPS παρέχει μια αξιόπιστη και ακριβή μέθοδο για τον καθορισμό της θέσης και της ταχύτητας σε παγκόσμια κλίμακα, με ευρεία εφαρμογή σε ποικίλους τομείς, όπως η πλοήγηση, η χαρτογράφηση, και η επιστημονική έρευνα. Το GPS παρέχει πολύτιμες πληροφορίες θέσης σε συστήματα ΕπΠ, ειδικά στους άξονες X, Y και πιθανώς Z. Παρόλα αυτά, υπάρχουν περιορισμοί όσον αφορά τον προσδιορισμό του προσανατολισμού του δέκτη. Οι πληροφορίες από το GPS μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προσδιορίσουν περίπου τη γεωγραφική θέση της συσκευής, αλλά όχι απαραίτητα τον προσανατολισμό της. Παραδείγματος χάριν, εάν ένα σύστημα ΕπΠ χρησιμοποιεί ένα GPS για να προσδιορίσει τη θέση του, αυτό μπορεί να είναι χρήσιμο για να γνωρίζει την πόλη ή την περιοχή στην οποία βρίσκεται. Αυτή η πληροφορία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καθοδηγητικό δείκτη για την περαιτέρω αναζήτηση ή παρακολούθηση μέσω συστημάτων υπολογιστικής όρασης. Ωστόσο, για εφαρμογές που απαιτούν ακρίβεια στον προσανατολισμό ή υψηλή ανάλυση σε άξονες

πέραν των γεωγραφικών, επιπέδου πληροφοριών, είναι πιθανό να χρειαστεί η συμπληρωματική χρήση άλλων τεχνολογιών, όπως αισθητήρες περιστροφής ή κάμερες που μπορούν να προσδιορίσουν τον προσανατολισμό της συσκευής με μεγαλύτερη ακρίβεια.

### ***3.5. Γυροσκόπια, Επιταχυνσιόμετρα και άλλοι τύποι Αισθητήρων***

Οι αισθητήρες όπως τα επιταχυνσιόμετρα, οι πυξίδες, και τα γυροσκόπια είναι χρήσιμοι για εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας (ΕπΠ). Αυτοί οι αισθητήρες παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες που ενισχύουν την αλληλεπίδραση με τον πραγματικό κόσμο και βελτιώνουν την εμπειρία του χρήστη.

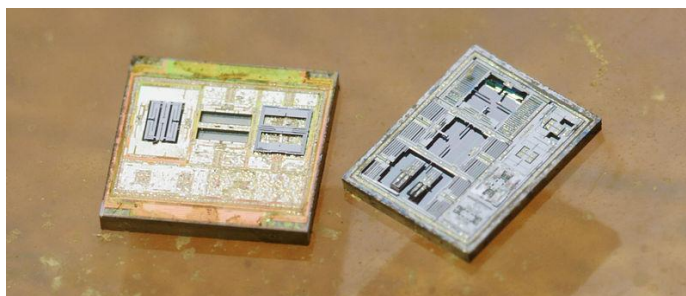
Τα επιταχυνσιόμετρα μετρούν την επιτάχυνση που υφίσταται μια συσκευή και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό της θέσης και της κίνησης. Οι πυξίδες παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τον προσανατολισμό της συσκευής σε σχέση με το μαγνητικό πεδίο της Γης. Τα γυροσκόπια μετρούν την ταχύτητα περιστροφής και παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τον προσανατολισμό και τις γωνίες περιστροφής. Αυτοί οι αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν συνδυαστικά για τον προσδιορισμό του προσανατολισμού μιας φορητής συσκευής στον πραγματικό κόσμο. Με τη χρήση αυτών των δεδομένων, οι εφαρμογές ΕπΠ μπορούν να προσαρμόζονται και να αντιδρούν στις κινήσεις και το περιβάλλον του χρήστη, δημιουργώντας μια πιο αληθοφανή και αφοσιωμένη εμπειρία επαυξημένης πραγματικότητας. Οι ηλεκτρονικές πυξίδες παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τη διεύθυνση, δίνοντας πληροφορίες σχετικά με το προσανατολισμό της συσκευής σε σχέση με τα σημεία της πυξίδας (βόρειο, νότιο, ανατολικό, δυτικό).





**Εικόνα 11.** Συσκευή Wiimote με το πρόσθετο γυροσκόπιο MotionPlus

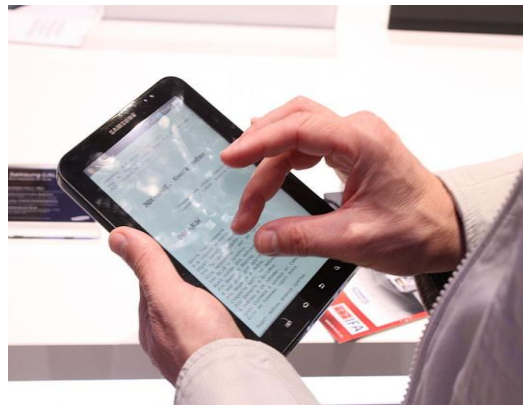
Αντίθετα, τα επιταχυνσιόμετρα μετρούν την επιτάχυνση και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προσδιορίσουν την κατεύθυνση κίνησης και να ανιχνεύσουν αλλαγές στην ταχύτητα χωρίς εξάρτηση από το GPS. Τα επιταχυνσιόμετρα όντως εμφανίζουν μειονεκτήματα όσον αφορά την ακρίβεια, καθώς οι μετρήσεις τους εξαρτώνται από προηγούμενες μετρήσεις και ενδέχεται να παρουσιάζουν σφάλματα που αυξάνονται με τον χρόνο. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα, είναι σημαντικό να εφαρμόζονται μηχανισμοί διόρθωσης σφαλμάτων ή να συνδυάζονται με άλλους αισθητήρες που μπορούν να παρέχουν έλεγχο. Παρόλα αυτά, τα επιταχυνσιόμετρα παραμένουν μια οικονομική λύση που παρέχει χρήσιμα δεδομένα σε συστήματα ΕπΠ χωρίς την απαραίτητη εξάρτηση από το GPS.



**Εικόνα 12.** Τυπικό κύκλωμα επιταχυνσιόμετρου κινητών συσκευών

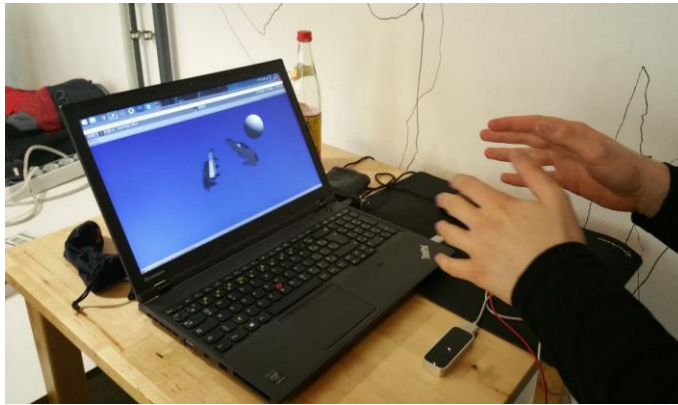
### 3.6. Αισθητήρες Διεπαφής Χρήστη

Οι αισθητήρες που περιγράφονται προηγουμένως είναι κυρίως παθητικοί, δηλαδή λειτουργούν χωρίς τη συνειδητή συμμετοχή του χρήστη στη λειτουργία τους. Καθώς ο χρήστης κινείται, αυτοί οι αισθητήρες καταγράφουν αυτόματα τις μεταβολές στην κίνηση και ενημερώνουν την εφαρμογή ΕπΠ αναλόγως. Παρόλα αυτά, ο χρήστης δεν αλληλεπιδρά συνειδητά με αυτούς τους αισθητήρες.



*Εικόνα 13.* Παράδειγμα διεπαφής μέσω οθόνης αφής

Επιπλέον, υπάρχουν και ενεργοί αισθητήρες που λειτουργούν με τη συμμετοχή του χρήστη, παρέχοντας του έναν ενεργό ρόλο στη διεπαφή. Αυτοί περιλαμβάνουν κουμπιά, οθόνες αφής, πληκτρολόγια και άλλες αφητικές συσκευές. Συχνά χρησιμοποιούνται σε φορητές συσκευές όπως smartphones και tablets, όπου ο χρήστης μπορεί να αλληλεπιδράσει άμεσα με τη συσκευή. Αυτοί οι αισθητήρες είναι σημαντικοί για τον έλεγχο και για τη δημιουργία ενός διαδραστικού περιβάλλοντος. Οι κάμερες, που αναφέρθηκαν προηγουμένως, επίσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αισθητήρες διεπαφής με τη χρήση συστημάτων αναγνώρισης χειρονομιών. Σε αυτή την περίπτωση, η κάμερα παρακολουθεί τις κινήσεις των χεριών ή των δαχτύλων του χρήστη, επιτρέποντας του να ελέγχει την εφαρμογή με κινήσεις και χειρονομίες, προσφέροντας μια ενεργή μέθοδο αλληλεπίδρασης.



*Εικόνα 14.* Παράδειγμα αισθητήρα αναγνώρισης χειρονομιών – Leap Motion Senso

### **3.7. Επεξεργαστής**

Κάθε σύστημα επαυξημένης πραγματικότητας έχει στο κέντρο του έναν επεξεργαστή, ο οποίος λειτουργεί ως κεντρικός χειριστής. Αυτός ο επεξεργαστής συντονίζει τις εισόδους από τους αισθητήρες, αναλύει τα δεδομένα, αποθηκεύει και ανακτά πληροφορίες, εκτελεί τις λειτουργίες της εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας και παράγει τα κατάλληλα σήματα για να εμφανίζονται στην οθόνη ή σε άλλες εξόδους, δημιουργώντας έτσι τη συνδυασμένη εικόνα του εικονικού και πραγματικού κόσμου. Η πολυπλοκότητα των υπολογιστικών συστημάτων επαυξημένης πραγματικότητας μπορεί να ποικίλει, ανάλογα με τη χρήση και την εφαρμογή. Αυτά τα συστήματα μπορούν να είναι από απλές φορητές συσκευές, όπως smartphones και tablets, έως επιτραπέζιους υπολογιστές, επιχειρησιακούς σταθμούς εργασίας και ακόμη και σε ισχυρά καταναμημένα συστήματα. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι φορητοί υπολογιστές συνδέονται με ισχυρούς διακομιστές που μπορεί να βρίσκονται σε απόσταση, παρέχοντας επιπλέον υπολογιστική ισχύ.

Σε κάθε περίπτωση, η απαιτούμενη υπολογιστική ικανότητα είναι κρίσιμη για την παροχή ενιαίας και ρεαλιστικής εμπειρίας επαυξημένης πραγματικότητας σε πραγματικό χρόνο.

Ο όρος "πραγματικό χρόνο" αναφέρεται στην άμεση και ανεπηρέαστη ανταπόκριση του συστήματος κατά την εκτέλεση μιας ενέργειας. Στον τομέα της επαυξημένης πραγματικότητας, αυτό σημαίνει ότι κάθε φορά που γίνεται μια αλλαγή στον φυσικό κόσμο ή

στην εικονική εικόνα, το σύστημα πρέπει να ενημερώνει τον χρήστη άμεσα και χωρίς καθυστέρηση, ώστε η εμπειρία να είναι φυσική και συναρπαστική.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την αίσθηση του πραγματικού χρόνου σε μια εφαρμογή ΕπΠ περιλαμβάνουν τον ρυθμό ανανέωσης της οθόνης, την ανταπόκριση των αισθητήρων, και την επεξεργαστική ικανότητα του συστήματος. Οι περισσότερες εφαρμογές απαιτούν έναν ρυθμό ανανέωσης οθόνης τουλάχιστον 15 καρέ ανά δευτερόλεπτο για να παρέχουν μια ομαλή και φυσική αίσθηση κίνησης. Ωστόσο, για μια πιο άριστη εμπειρία, το νούμερο αυτό συνήθως ξεπερνά τα 30 καρέ ανά δευτερόλεπτο.

Η χρήση των επεξεργαστών γραφικών (GPU) και ειδικών κυκλωμάτων σε κάμερες συμβάλλει στην επιτάχυνση αυτής της διαδικασίας, επιτρέποντας την ομαλή ενημέρωση των σκηνών με υψηλό ρυθμό καρέ. Αυτές οι τεχνολογίες επιτρέπουν στις εφαρμογές ΕπΠ να παρέχουν μια ρεαλιστική και άμεση εμπειρία στον χρήστη.

### **3.8. Προβολή**

Στον χώρο της επαυξημένης πραγματικότητας (ΕπΠ), οι οπτικές προβολές παίζουν ένα ζωτικό ρόλο στην ανάμειξη του εικονικού με τον πραγματικό κόσμο. Ας εξετάσουμε τις τρεις κύριες κατηγορίες οθονών οπτικής προβολής που χρησιμοποιούνται σε αυτές τις εφαρμογές:

#### **Σταθερές Οθόνες Προβολής:**

Στην πρώτη κατηγορία οπτικών προβολών, περιλαμβάνονται οι κλασικές οθόνες υπολογιστή και τηλεοράσεις. Αυτές οι οθόνες αποτελούν σταθερές προβολές που εμφανίζουν πληροφορίες στον χρήστη. Συνήθως, σε εφαρμογές ΕπΠ, συνδυάζονται και με κάμερες, είτε οπτικές είτε βήθους, που παρακολουθούν το χρήστη. Αυτές οι κάμερες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εισάγουν εικονική πληροφορία στο περιβάλλον του χρήστη, είτε με την επικάλυψη εικονικών αντικειμένων στον πραγματικό κόσμο είτε πάνω στο σώμα του χρήστη. Η συνδυασμένη χρήση των οθονών με κάμερες επιτρέπει τη δημιουργία ενισχυμένης

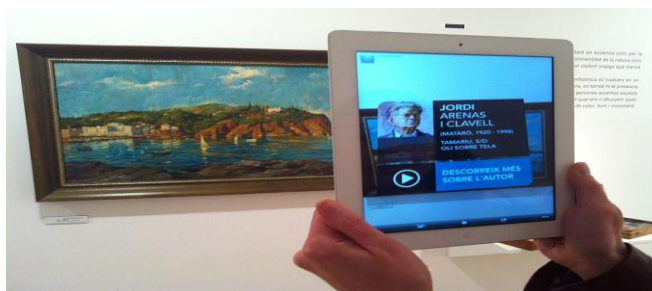
πραγματικότητας που αλληλεπιδρά με το περιβάλλον του χρήστη. Αυτό μπορεί να επιτρέψει την προβολή εικονικών αντικειμένων που φαίνονται να υπάρχουν στον πραγματικό χώρο ή ακόμα και την επέκταση του περιεχομένου των οθονών στον περιβάλλοντα χώρο. Αυτή η τεχνολογία δημιουργεί μια εμβληματική εμπειρία επαυξημένης πραγματικότητας, παρέχοντας προηγμένες δυνατότητες αλληλεπίδρασης και ενσωμάτωσης του εικονικού με τον πραγματικό κόσμο.



*Εικόνα 15.* Παράδειγμα σταθερής οθόνης προβολής

### **Κινητές Οθόνες Προβολής:**

Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν οι φορητές συσκευές προβολής, όπως τα smartphones και τα tablets. Αυτές οι συσκευές δίνουν στον χρήστη τη δυνατότητα να κρατά την οθόνη προβολής στα χέρια του, ενώ παράλληλα μπορεί να μετακινείται στον πραγματικό κόσμο. Η οθόνη αποτελεί το "παράθυρο θέασης" στον πραγματικό κόσμο, και με τη χρήση αισθητήρων και καμερών, οι εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας μπορούν να προσθέσουν εικονικά αντικείμενα ή πληροφορίες στο περιβάλλον του χρήστη. Η διάδοση των smartphones και tablets έχει καταστήσει αυτήν την κατηγορία προβολής την πιο διαδεδομένη για εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας, καθώς αυτές οι συσκευές είναι καταναλωτικές, φορητές και πάντα διαθέσιμες. Παρόλο που οι φορητές συσκευές έχουν περιορισμούς σε ορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά, η ευκολία χρήσης και η φορητότητά τους τις καθιστούν ιδανικές για τις ανάγκες των εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας.

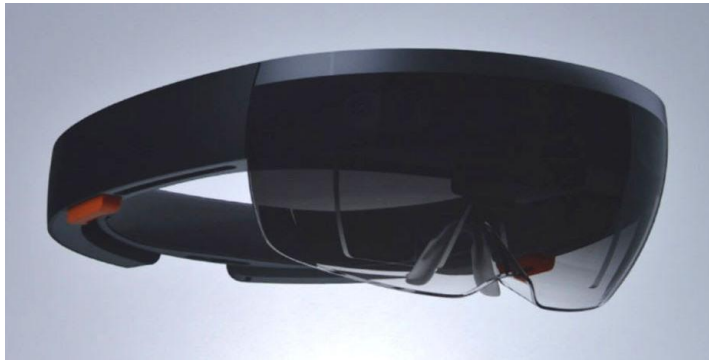


*Εικόνα 16.* Παράδειγμα κινητής οθόνης προβολής

### **Εφαρμοζόμενες στο Χρήστη Οθόνες Προβολής:**

Αυτές οι κατηγορίες παρέχουν ευελιξία στον τρόπο που η ΕπΠ ενσωματώνεται στην περιβάλλουσα πραγματικότητα, εξαρτώμενες από το πεδίο εφαρμογής και τις απαιτήσεις του χρήστη. Οι οθόνες προβολής που είναι εφαρμοζόμενες στο χρήστη (HMD) είναι διαθέσιμες σε διάφορες μορφές, κυρίως ως head-mounted displays (κράνη ή γυαλιά προβολής). Στα HMDs, υπάρχουν δύο βασικά σενάρια για τον τρόπο με τον οποίο ο χρήστης βλέπει τον πραγματικό κόσμο:

1. **Οπτικά Διαφανείς (Optically Transparent):** Σε αυτήν τη μορφή, οι οθόνες προβολής είναι διαφανείς, επιτρέποντας στον χρήστη να δει απευθείας τον πραγματικό κόσμο. Αυτή η τεχνολογία είναι χρήσιμη για εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας, όπου ο συμμετέχων χρειάζεται να διατηρεί επαφή με το περιβάλλον του.
2. **Βίντεο-Διαφανείς (Video-See-Through):** Σε αυτό το σενάριο, χρησιμοποιείται τεχνολογία βίντεο για να καταγράψει τον πραγματικό κόσμο μέσω κάμερας και στη συνέχεια να ενσωματώσει εικονικά στοιχεία στην εικόνα. Ο χρήστης βλέπει μια συνδυασμένη εικόνα του πραγματικού και του εικονικού κόσμου.



*Εικόνα 17.* Παράδειγμα δύο διαφορετικών τρόπων αντίληψης του πραγματικού κόσμου



*Εικόνα 18.* Οπτική see-through συσκευή Google Glass

Στις δύο αυτές περιπτώσεις, η προβολή μπορεί να είναι είτε στερεοσκοπική (παρουσιάζοντας τρισδιάστατες εικόνες) είτε μονοσκοπική, ανάλογα με την τεχνολογία και τις εφαρμογές. Η εξέλιξη των HMDs, όπως το Google Glass, αποτελεί παράδειγμα οπτικά-διαφανούς συσκευής που ενσωματώνει στοιχεία επαυξημένης πραγματικότητας.

## 4. Τεχνολογία Μεικτής Πραγματικότητας

### 4.1. Εισαγωγή

Η μικτή πραγματικότητα (Mixed Reality) αποτελεί μια τεχνολογία που συνδυάζει τα ψηφιακά και τα φυσικά στοιχεία, δημιουργώντας ένα ενιαίο περιβάλλον που ενσωματώνει τον πραγματικό κόσμο με εικονικά αντικείμενα ή πληροφορίες. Επιπλέον, ο συνδυασμός υλικού και λογισμικού που χρησιμοποιεί για την λειτουργία της μας δίνει την δυνατότητα δημιουργίας μιας καθηλωτικής εμπειρίας. Αυτή η τεχνολογία χρησιμοποιεί συνήθως αισθητήρες, κάμερες και οθόνες για να ανιχνεύσει το περιβάλλον και να επιτρέψει στον χρήστη να αλληλεπιδρά με αυτό. Κατά τη χρήση της μικτής πραγματικότητας, οι χρήστες μπορούν να βλέπουν τον πραγματικό κόσμο γύρω τους, ενώ ταυτόχρονα ενσωματώνονται ψηφιακά στοιχεία, όπως εικονικά αντικείμενα, πληροφορίες ή εφαρμογές. Αυτή η συνένωση δημιουργεί μια ενιαία εμπειρία που επιτρέπει την αλληλεπίδραση με το περιβάλλον τους με πρωτοποριακό και εκπληκτικό τρόπο.

Η διαδικασία ξεκινά με την καταγραφή εικόνων από τον πραγματικό κόσμο, χρησιμοποιώντας κάμερες και αισθητήρες, συμπεριλαμβανομένης της τεχνολογίας όρασης υπολογιστή. Αυτές οι εικόνες μεταφράζονται σε ένα τρισδιάστατο μοντέλο του περιβάλλοντος του χρήστη. Στη συνέχεια, το τρισδιάστατο μοντέλο συνδυάζεται με ψηφιακό περιεχόμενο, όπως εικονικά αντικείμενα ή πληροφορίες. Μέσω προηγμένων τεχνολογιών προβολής, όπως γυαλιά AR ή άλλες συσκευές, το ψηφιακό περιεχόμενο ενσωματώνεται στον πραγματικό κόσμο του χρήστη. Αυτή η διαδικασία δημιουργεί μια συνδυαστική εμπειρία, όπου το φυσικό και το εικονικό περιβάλλον ενώνονται αρμονικά. Το αποτέλεσμα είναι μια απρόσκοπτη μικτή πραγματικότητα, προσφέροντας στον χρήστη μια πλούσια και εντυπωσιακή εμπειρία που συνδυάζει τον πραγματικό και τον εικονικό κόσμο.



Η χωρική χαρτογράφηση διαδραματίζει κεντρικό ρόλο σε αυτήν τη διαδικασία, επιτρέπει στο σύστημα να κατανοήσει τη θέση και το περιβάλλον του χρήστη, ενσωματώνοντας έξυπνα το ψηφιακό περιεχόμενο στον πραγματικό κόσμο. Αυτή η τεχνολογία εξασφαλίζει μια ομαλή και συνεκτική εμπειρία, όπου το εικονικό και το πραγματικό συνδυάζονται φυσικά, προσφέροντας έναν απρόσκοπτο συνδυασμό των δύο κόσμων.

## **4.2. Υλικό**

Η μικτή πραγματικότητα χρησιμοποιεί συγκεκριμένο υλικό για την αποτελεσματική λειτουργία της.

### **1. Ακουστικά:**

- Τα ακουστικά είναι κρίσιμα για την ηχητική εμπειρία του χρήστη.
- Προσφέρουν τον ήχο του εικονικού κόσμου και συχνά υποστηρίζουν 3D ήχο για ενισχυμένη αίσθηση πραγματικότητας.

Τα ακουστικά που χρησιμοποιούνται στα συστήματα μικτής πραγματικότητας πρέπει να είναι σχεδιασμένα για να παρέχουν ήχο υψηλής ποιότητας και να επιτρέπουν την εμπύθιση του χρήστη στον εικονικό κόσμο. Συνήθως, αυτά τα ακουστικά περιλαμβάνουν τα εξής χαρακτηριστικά:

1. **Υψηλής Ποιότητας Ήχος:** Τα ακουστικά πρέπει να διαθέτουν ηχεία υψηλής ποιότητας για να αναπαράγουν ρεαλιστικό ήχο, βοηθώντας στη δημιουργία πιο αφοσιωμένης εμπειρίας.
2. **Ακύρωση Θορύβου:** Η τεχνολογία ακύρωσης θορύβου μπορεί να είναι σημαντική για να εξασφαλίσει ότι ο χρήστης είναι απομονωμένος από τον πραγματικό κόσμο και εστιάζει πλήρως στο εικονικό περιεχόμενο.

3. **Ενσωματωμένα Μικρόφωνα:** Με ενσωματωμένα μικρόφωνα, τα ακουστικά μπορούν να χρησιμοποιούνται για φωνητικές εντολές και αλληλεπίδραση με το σύστημα μικτής πραγματικότητας.
4. **Άνεση και Εργονομία:** Είναι σημαντικό να παρέχουν άνετη εφαρμογή για μακροχρόνια χρήση και να είναι εργονομικά σχεδιασμένα.
5. **Συμβατότητα με Άλλα Στοιχεία:** Πολλά συστήματα μικτής πραγματικότητας συνδυάζουν τα ακουστικά με άλλα στοιχεία, όπως ενσωματωμένους αισθητήρες για την παρακολούθηση κινήσεων.

Συνολικά, τα ακουστικά αποτελούν σημαντικό κομμάτι της τεχνολογίας μικτής πραγματικότητας, παρέχοντας πλούσιο και αφοσιωμένο ήχο που συμβάλλει στην ενίσχυση της εμπειρίας του χρήστη.

## 2. Αισθητήρες και κάμερες:

- Χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση των κινήσεων του χρήστη και τον εντοπισμό της θέσης του στον πραγματικό χώρο.
- Οι κάμερες καταγράφουν το περιβάλλον και επιτρέπουν τη δημιουργία τρισδιάστατου μοντέλου.

Οι αισθητήρες και οι κάμερες που χρησιμοποιούνται στα συστήματα μικτής πραγματικότητας είναι ουσιαστικά για την καταγραφή του περιβάλλοντος του χρήστη και τη δημιουργία ενός τρισδιάστατου μοντέλου. Αναλυτικά, αυτά τα στοιχεία περιλαμβάνουν:

1. **Αισθητήρες Κίνησης (Motion Sensors):** Οι αισθητήρες κίνησης, όπως επιταχυνσιόμετρα, γυροσκόπια και μαγνητόμετρα, χρησιμοποιούνται για να ανιχνεύουν τις κινήσεις του χρήστη. Αυτά τα δεδομένα είναι κρίσιμα για την ακριβή παρακολούθηση της θέσης και του προσανατολισμού του κεφαλιού και του σώματος του χρήστη.

2. **Κάμερες Καταγραφής Κίνησης:** Οι ειδικές κάμερες καταγραφής κίνησης χρησιμοποιούνται για την αποτύπωση των κινήσεων του χρήστη και του περιβάλλοντος. Η εικόνα που καταγράφεται από αυτές τις κάμερες είναι σημαντική για την ανίχνευση αντικειμένων και τον προσδιορισμό του περιβάλλοντος.
3. **Κάμερες - Βίντεο:** Κάμερες που καταγράφουν βίντεο χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία μιας συνεχούς ροής εικόνας. Αυτές οι κάμερες συχνά τοποθετούνται στο κεφάλι ή σε άλλα σημεία του σώματος του χρήστη και παρέχουν πλούσιες πληροφορίες για το περιβάλλον και τη θέση του.
4. **Κάμερες Βαθύτητας (Depth Cameras):** Οι κάμερες βαθύτητας μετρούν την απόσταση από τον αισθητήρα στα αντικείμενα. Αυτή η πληροφορία είναι καίρια για τον προσδιορισμό της τρισδιάστατης δομής του περιβάλλοντος και τη δημιουργία ενός βαθύτερου επιπέδου ρεαλισμού.

Ο συνδυασμός αυτών των αισθητήρων και καμερών επιτρέπει στα συστήματα μικτής πραγματικότητας να παρακολουθούν τον χρήστη, να αναγνωρίζουν το περιβάλλον του, και να ενσωματώνουν εικονικά αντικείμενα με αξιοσημείωτο ρεαλισμό.

### 3. Ελεγκτές:

- Χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των κινήσεων του χρήστη και την αλληλεπίδραση με τον εικονικό κόσμο.
- Μπορεί να περιλαμβάνουν αισθητήρες κίνησης, κουμπιά ελεγκτές για ποικίλες εμπειρίες.

Οι ελεγκτές που χρησιμοποιούνται στα συστήματα μικτής πραγματικότητας αποτελούν κρίσιμο στοιχείο για την αλληλεπίδραση του χρήστη με τον εικονικό κόσμο. Εδώ είναι μερικά από τα βασικά χαρακτηριστικά και λειτουργίες που μπορεί να προσφέρουν οι ελεγκτές σε αυτό το περιβάλλον:

1. **Κουμπιά:** Οι ελεγκτές διαθέτουν κουμπιά για την εκτέλεση διάφορων ενεργειών. Αυτά τα κουμπιά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο εφαρμογών ή την αλληλεπίδραση με αντικείμενα στον εικονικό χώρο.
2. **Αισθητήρες Κίνησης:** Πολλοί ελεγκτές διαθέτουν αισθητήρες κίνησης, που επιτρέπουν στο σύστημα να παρακολουθεί τη θέση και τις κινήσεις του ελεγκτή στον χώρο.
3. **Αισθητήρες Αφής:** Ορισμένοι ελεγκτές διαθέτουν αισθητήρες αφής που επιτρέπουν στον χρήστη να αλληλεπιδρά με εικονικά αντικείμενα με αφή των δακτύλων.
4. **Ενσωματωμένα Ηχεία και Μικρόφωνα:** Ορισμένοι ελεγκτές περιλαμβάνουν ενσωματωμένα ηχεία και μικρόφωνα για την παραγωγή ήχου και τη φωνητική επικοινωνία.
5. **Ανίχνευση Κίνησης:** Οι πιο εξελιγμένοι ελεγκτές μπορεί να χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση της κίνησης των χεριών και των δακτύλων του χρήστη, επιτρέποντας την ακριβή αλληλεπίδραση με τον εικονικό χώρο.
6. **Ασύρματη Συνδεσιμότητα:** Οι ελεγκτές συνδέονται συνήθως ασύρματα με το κεντρικό σύστημα, παρέχοντας ελευθερία κινήσεων στον χρήστη.

Οι ελεγκτές συμβάλλουν στην εμπύθιση του χρήστη στον εικονικό κόσμο και στη δημιουργία μιας πιο φυσικής εμπειρίας μικτής πραγματικότητας.

Το συνολικό υλικό περιλαμβάνει επίσης επεξεργαστές και γραφικές μονάδες για την απαιτητική επεξεργασία γραφικών που απαιτείται για τη δημιουργία ενός ρεαλιστικού εικονικού περιβάλλοντος. Επιπλέον, οι αισθητήρες περιλαμβάνουν συχνά επιταχυνσιόμετρα, γυροσκόπια και αισθητήρες βάθους για ακριβή παρακολούθηση κινήσεων και αντίληψη του περιβάλλοντος.

### 4.3. Λογισμικό

Το λογισμικό που απαιτείται για τη λειτουργία της μικτής πραγματικότητας περιλαμβάνει:

1. **Λογισμικό Χωρικής Χαρτογράφησης:** Αυτό το λογισμικό χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ενός χωρικού χάρτη του περιβάλλοντος του χρήστη. Ανιχνεύει και αναγνωρίζει τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, επιτρέποντας στο σύστημα να τοποθετεί εικονικά αντικείμενα με ακρίβεια σε σχέση με το πραγματικό περιβάλλον.

Το λογισμικό χωρικής χαρτογράφησης στα συστήματα μικτής πραγματικότητας έχει ως στόχο τη δημιουργία ενός χάρτη του φυσικού περιβάλλοντος και τη διαχείριση του ψηφιακού περιεχομένου μέσα σε αυτό το περιβάλλον. Αναλυτικότερα, αυτό συμπεριλαμβάνει:

- i. **Αναγνώριση Χαρακτηριστικών Περιβάλλοντος:** Το λογισμικό αναγνωρίζει τα χαρακτηριστικά του πραγματικού περιβάλλοντος, όπως τοποθετήσεις αντικειμένων, γεωμετρικά χαρακτηριστικά κτιρίων ή άλλα στοιχεία που βοηθούν στον προσδιορισμό της θέσης, όπως αναγνώριση σημείων όπως γωνίες, ακμές.
- ii. **Ανίχνευση Κίνησης του Χρήστη:** Το λογισμικό παρακολουθεί τις κινήσεις του χρήστη, συμπεριλαμβανομένου του προσανατολισμού και της θέσης του, χρησιμοποιώντας αισθητήρες κίνησης, κάμερες και άλλα μέσα.
- iii. **Καταγραφή Χωρικών Δεδομένων:** Το λογισμικό καταγράφει δεδομένα σχετικά με τον χώρο, όπως αποστάσεις, γωνίες, και χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος που χρειάζονται για τον χωρικό χάρτη.
- iv. **Συνεχής Ενημέρωση του Χάρτη:** Ο χωρικός χάρτης ενημερώνεται διαρκώς καθώς ο χρήστης κινείται στο περιβάλλον. Αυτή η δυνατότητα συνεχούς ανανέωσης είναι κρίσιμη για την ακρίβεια της ενσωμάτωσης του εικονικού περιεχομένου.

- v. **Ενσωμάτωση Ψηφιακού Περιεχομένου:** Το λογισμικό διαχειρίζεται το πώς το ψηφιακό περιεχόμενο ενσωματώνεται στον πραγματικό κόσμο, λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος.
2. **Λογισμικό Δημιουργίας Εικονικού Περιεχομένου:** Αυτό το λογισμικό χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ψηφιακού περιεχομένου που συνδυάζεται με τον πραγματικό κόσμο. Συνήθως περιλαμβάνει εργαλεία για τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη εικονικών αντικειμένων, εφαρμογών ή εμπειριών που μπορούν να ενσωματωθούν στον πραγματικό κόσμο.

Το λογισμικό δημιουργίας εικονικού περιεχομένου είναι υπεύθυνο για την ανάπτυξη και τη διαχείριση του ψηφιακού περιεχομένου που ενσωματώνεται στον πραγματικό κόσμο κατά την εμπειρία της μικτής πραγματικότητας. Περιλαμβάνει:

1. **Σχεδίαση 3D Αντικειμένων:** Δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων αντικειμένων που θα ενσωματωθούν στον πραγματικό κόσμο.
2. **Εφέ Εικονικής Πραγματικότητας:** Ενσωμάτωση εφέ και αλγορίθμων για την αλληλεπίδραση με το χρήστη.
3. **Προγραμματισμός Αλληλεπίδρασης:** Κώδικας που επιτρέπει την αλληλεπίδραση με τα εικονικά αντικείμενα, όπως κινήσεις, αλλαγές και εφέ.
4. **Συμβατότητα με Αισθητήρες:** Ενσωμάτωση λειτουργιών που ανταποκρίνονται σε κινήσεις και ενέργειες του χρήστη.

Το λογισμικό χωρικής χαρτογράφησης επιτρέπει στο σύστημα να κατανοήσει τον χώρο γύρω από τον χρήστη, ενώ το λογισμικό δημιουργίας εικονικού περιεχομένου επιτρέπει την ανάπτυξη περιεχομένου που μπορεί να ενσωματωθεί στον πραγματικό κόσμο, προσφέροντας έτσι την εμπειρία της μικτής πραγματικότητας.

## **5. Εφαρμογές Επαυξημένης Πραγματικότητας**

### **5.1. Εισαγωγή**

Η επαυξημένη πραγματικότητα (Ε.Π.) αρχικά εφαρμόστηκε σε τομείς με υψηλό κόστος, όπως ο στρατιωτικός, ο βιομηχανικός, ο κατασκευαστικός και ο ιατρικός τομέας. Ωστόσο, η τεχνολογία αυτή έχει σημειώσει σημαντική ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια, με αποτέλεσμα να μειωθούν τα κόστη ανάπτυξης και χρήσης της. Το φάσμα των εφαρμογών της Ε.Π. έχει επεκταθεί σε διάφορους τομείς, όπως η εκπαίδευση, η διαφήμιση, η ψυχολογία, η ψυχαγωγία και οι κατασκευές. Οι εν λόγω τομείς επωφελούνται από τις ταχύτερες, οικονομικότερες και αποτελεσματικότερες λύσεις που προσφέρει η Ε.Π. Στο εν λόγω κεφάλαιο γίνεται εκτενής αναφορά σε αρκετά θέματα. Καταρχάς, εξετάζεται η σχεδίαση μιας εφαρμογής Ε.Π., ενώ επίσης εξετάζεται η υιοθέτηση νέων τεχνολογιών από τους χρήστες. Επιπλέον, αναλύονται οι κύριοι τομείς εφαρμογής της Ε.Π., όπως η εκπαίδευση, η διαφήμιση, η ψυχολογία και οι κατασκευές. Τέλος, γίνεται αναφορά στη μελλοντική ανάπτυξη των εφαρμογών Ε.Π. και τα κύρια θέματα που τις διέπουν. Συνολικά, προκύπτει μία εκτενής επιστημονική ανασκόπηση της Ε.Π., παρέχοντας την εισαγωγή της σε επίκαιρα θέματα και προοπτικές εξέλιξης της τεχνολογίας αυτής.

### **5.2. Τομείς Εφαρμογής Επαυξημένης Πραγματικότητας**

Η επαυξημένη πραγματικότητα προσφέρει σημαντικές ευκαιρίες σε τομείς όπως ο ιατρικός, ο κατασκευαστικός, ο βιομηχανικός και ο στρατιωτικός. Στον ιατρικό τομέα, για παράδειγμα, η επαυξημένη πραγματικότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εκπαίδευση των επαγγελματιών υγείας, για την προσομοίωση χειρουργικών επεμβάσεων ή ακόμη και για την ανάπτυξη προσαρμοσμένων θεραπειών. Στον κατασκευαστικό τομέα, η επαυξημένη πραγματικότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον σχεδιασμό και την επίβλεψη κατασκευαστικών έργων, προσφέροντας έναν πραγματικά ενισχυμένο τρόπο προεπισκόπησης. Στο βιομηχανικό πεδίο, η επαυξημένη πραγματικότητα μπορεί να βοηθήσει

στην εκπαίδευση εργαζομένων, στην συντήρηση εγκαταστάσεων και στην βελτιστοποίηση διαδικασιών παραγωγής. Στον στρατιωτικό τομέα, η επαυξημένη πραγματικότητα μπορεί να παρέχει εκπαίδευση σε περιβάλλοντα επιχειρησιακής προσομοίωσης, ενισχύοντας την ετοιμότητα και την αποτελεσματικότητα των στρατιωτικών δυνάμεων. Συνολικά, η επαυξημένη πραγματικότητα διαμορφώνει θετικά αυτούς τους τομείς, προσφέροντας καινοτόμες, οικονομικές και αποτελεσματικές λύσεις για προκλήσεις και ανάγκες που αντιμετωπίζουν.

### **5.2.1. Ιατρική**

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα μπορεί να λειτουργήσει ως ένα ισχυρό εκπαιδευτικό και οπτικοποιητικό εργαλείο για τους γιατρούς, κυρίως στον τομέα της χειρουργικής. Με τη χρήση μη επεμβατικών αισθητήρων όπως η Υπολογιστική Μαγνητική Τομογραφία (MRI) ή οι υπέρηχοι, οι γιατροί μπορούν να συλλέγουν τρισδιάστατα δεδομένα του ασθενούς σε πραγματικό χρόνο. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να ενσωματωθούν στην επαυξημένη πραγματικότητα, δημιουργώντας μια εικονική αναπαράσταση του εσωτερικού του ασθενούς. Ο γιατρός μπορεί να δει αυτήν την εικονική αναπαράσταση κατά τη διάρκεια μιας επέμβασης, παρέχοντας του μια πραγματική εικόνα του εσωτερικού του ασθενούς. Αυτή η εφαρμογή της τεχνολογίας δίνει τη δυνατότητα στους γιατρούς να έχουν πρόσβαση σε σύνθετες πληροφορίες κατά τη διάρκεια της επέμβασης, ενισχύοντας την ακρίβεια και την ασφάλεια των ιατρικών παρεμβάσεων.

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα θα μπορούσε να αποτελέσει κρίσιμο εργαλείο για τους γιατρούς κατά τη διάρκεια μιας μικρής χειρουργικής επέμβασης. Καθώς οι μικρές επεμβατικές τεχνικές συχνά προοδεύουν προς τη μείωση των τραυμάτων με χρήση μικρών τομών ή ακόμη και χωρίς τομή, η πρόκληση είναι να διατηρηθεί η ικανότητα του γιατρού να έχει οπτική πρόσβαση στο χειρουργικό πεδίο.

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα επιτρέπει την εστίαση σε εσωτερικές δομές και όργανα, ενώ παράλληλα διατηρεί τις μικρές τομές. Ο γιατρός μπορεί να δει εικονικές αναπαραστάσεις



των εσωτερικών δομών του ασθενούς σε πραγματικό χρόνο, παρέχοντας ολοκληρωμένη οπτική καθοδήγηση κατά τη διάρκεια της επέμβασης.

Συνεπώς, η τεχνολογία Επαυξημένης Πραγματικότητας μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας και της ασφάλειας των μικρών επεμβατικών χειρουργικών επεμβάσεων.

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα θα μπορούσε να παίξει κρίσιμο ρόλο στις εργασίες γενικής ιατρικής απεικόνισης εντός των χειρουργείων. Αντιμετωπίζοντας την πρόκληση του εντοπισμού ορισμένων χαρακτηριστικών που δεν είναι ορατά με γυμνό μάτι ή με παραδοσιακές εικονικές μεθόδους, η Ε.Π μπορεί να προσφέρει στους χειρουργούς πρόσβαση τόσο σε εικόνες υψηλής ανάλυσης από μαγνητικές ή αξονικές τομογραφίες.

Οι χειρουργοί μπορούν να επιτελέσουν ακριβείς εργασίες, όπως τον εντοπισμό της θέσης για τοποθέτηση τρύπας στο κρανίο ή την εισαγωγή βελόνας βιοψίας, με την εικονική καθοδήγηση που παρέχει η Ε.Π. Επιπλέον, οι πληροφορίες από τους μη επεμβατικούς αισθητήρες μπορούν να εμφανίζονται απευθείας στον ασθενή, βοηθώντας στην επέμβαση που θα υποστεί.

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα θα μπορούσε επίσης να χρησιμοποιηθεί για εκπαιδευτικούς σκοπούς, προσφέροντας εικονικές οδηγίες και αντικείμενα που καθοδηγούν αρχάριους χειρουργούς. Αυτό θα μπορούσε να επιτρέψει στους νέους επαγγελματίες να εκπαιδευτούν και να εξασκηθούν σε διάφορες διαδικασίες χωρίς την ανάγκη να διαβάσουν πρώτα ένα εγχειρίδιο. Επιπλέον, η χρήση εικονικών αντικειμένων μπορεί να βοηθήσει στον καθορισμό των οργάνων και των τοποθεσιών που απαιτούνται για μια εγχείρηση. Αυτή η προσέγγιση μπορεί να ενισχύσει την εκπαίδευση και την κατανόηση των διαδικασιών, επιτρέποντας στους εκπαιδευόμενους να αναπτύξουν δεξιότητες με πιο πρακτικό και αναλυτικό τρόπο.

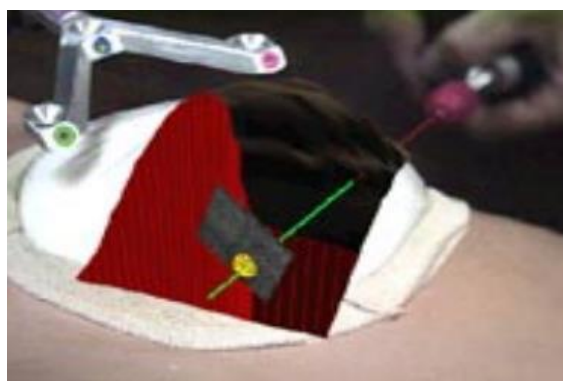
Στο UNC Chapel Hill, μια ερευνητική ομάδα έχει πραγματοποιήσει δοκιμές όπου σάρωσαν τη μήτρα μιας εγκύου γυναίκας χρησιμοποιώντας έναν αισθητήρα υπερήχων. Αυτή η διαδικασία επέτρεψε τη δημιουργία μιας τρισδιάστατης αναπαράστασης του εμβρύου μέσα στη μήτρα της γυναίκας. Η αναπαράσταση αυτή παρουσιάζεται με HMD, παρέχοντας μια εντυπωσιακή εικόνα στους ερευνητές. Αυτή η τεχνολογία επιτρέπει στους ερευνητές να

εξερευνήσουν τη χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην ιατρική, παρέχοντας πρωτοποριακές δυνατότητες για την ανάπτυξη και την εκτίμηση διαγνωστικών και εκπαιδευτικών εφαρμογών.



**Εικόνα 19:** Τρισδιάστατη αναπαράσταση του εμβρύου (State, et al., 1994)

Στόχος της έρευνας είναι να επιτρέψει στον γιατρό να παρακολουθεί την κίνηση του εμβρύου εντός της μήτρας. Η ελπίδα είναι ότι αυτή η παρακολούθηση θα εξελιχθεί σε ένα τρισδιάστατο στηθοσκόπιο στο μέλλον. Προηγούμενες προσπάθειες επικεντρώνονται στη βιοψία του όγκου του μαστού, χρησιμοποιώντας μια εικονική βελόνα για τον προσδιορισμό της θέσης του όγκου και την καθοδήγηση της βελόνας προς τον στόχο (State, et al., 1996).



**Εικόνα 20:** Προσχέδιο της βιοψίας του μαστού (State, et al., 1996)

Άλλες έρευνες, όπως αυτές από το MIT AI Lab και την General Electric, εξετάζουν την ενσωμάτωση δεδομένων από τη μαγνητική τομογραφία (MRI) ή την αξονική τομογραφία (CT) στο πεδίο του ασθενούς. Αυτή η προσέγγιση συνεπάγεται την απευθείας καταγραφή των δεδομένων στον ασθενή, επιτρέποντας στον γιατρό να έχει πρόσβαση σε ενσωματωμένα δεδομένα εικόνας κατά τη διάρκεια της επέμβασης.

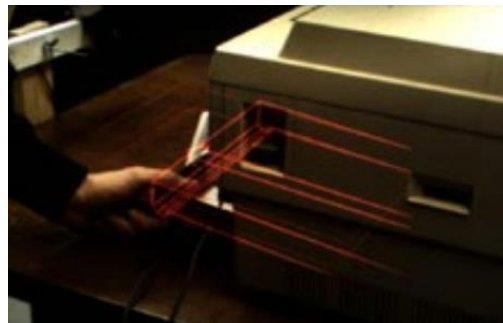
### **5.2.2. Κατασκευή και επισκευή κτιρίων και Μηχανημάτων**

Σε αυτήν την κατηγορία εφαρμογών Επαυξημένης Πραγματικότητας, η συνδεσμολογία, η συντήρηση και η επισκευή σύνθετων μηχανημάτων μπορούν να επωφεληθούν από τρισδιάστατα σχέδια που παρέχουν οδηγίες βήμα-βήμα. Αυτά τα σχέδια μπορούν να είναι πολύ πιο κατανοητά από ένα εγχειρίδιο που βασίζεται σε εικόνες και κείμενο. Τα τρισδιάστατα σχέδια μπορούν να παρουσιάζουν τις απαραίτητες ενέργειες με μεγαλύτερη σαφήνεια, προσφέροντας έναν πραγματικότητας εγγενή τρόπο κατανόησης των διαδικασιών. Επιπλέον, η δυνατότητα κίνησης των τρισδιάστατων σχεδίων μπορεί να ενισχύσει την κατανόηση, καθώς επιτρέπει στους χρήστες να δουν πώς εξελίσσεται κάθε ενέργεια. Αυτή η προσέγγιση μετατρέπει τις οδηγίες σε διαδραστικές εμπειρίες, καθιστώντας τη διαδικασία εκπαίδευσης και εκτέλεσης προσχωρημένων εργασιών ακόμη πιο ευχάριστη και αποτελεσματική. Η ομάδα του Steve Feiner στο Columbia University ήταν πρωτοπόρα στον τομέα της Επαυξημένης Πραγματικότητας. Σε ένα ερευνητικό έργο που πραγματοποιήθηκε το 1993, δημιούργησαν μια εφαρμογή συντήρησης ενός εκτυπωτή λέιζερ. Αυτή η εφαρμογή χρησιμοποίησε την Επαυξημένη Πραγματικότητα για να παρέχει οδηγίες συντήρησης με τρισδιάστατα σχέδια και εικόνες. Το έργο επικεντρώθηκε στην αναβάθμιση και της αποτελεσματικότητας κατά τη συντήρηση του εκτυπωτή λέιζερ. Τα τρισδιάστατα σχέδια που χρησιμοποιήθηκαν παρείχαν σαφείς οδηγίες βήμα-βήμα, ενώ οι κινούμενες εικόνες βοήθησαν στην κατανόηση των διαδικασιών. Αυτό το έργο αποτελεί ένα παράδειγμα πρωτοποριακής χρήσης της Επαυξημένης Πραγματικότητας στον τομέα της συντήρησης και επισκευής σύνθετων μηχανημάτων.

Η Εικόνα 21 που περιγράφετε αναπαριστά την εξωτερική όψη της συντήρησης ενός εκτυπωτή, όπου εικονικά ο χρήστης μπορεί να αφαιρέσει την κασετίνα του χαρτιού. Αυτή η εφαρμογή διαφαίνει πώς η Επαυξημένη Πραγματικότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εκπαιδευτικούς σκοπούς και να βοηθήσει στις διαδικασίες συντήρησης. Σχετικά με την ερευνητική ομάδα από την εταιρία Boeing, αναπτύσσει μια τεχνολογία Επαυξημένης Πραγματικότητας με σκοπό να καθοδηγήσει τους τεχνικούς κατά την οικοδόμηση μιας καλωδίωσης που αποτελεί μέρος του ηλεκτρικού συστήματος ενός αεροπλάνου. Αυτό θα επιτρέψει την αποθήκευση των οδηγιών σε ηλεκτρονική μορφή, εξοικονομώντας χώρο και μειώνοντας το κόστος συντήρησης. Η τεχνολογία αυτή ενδέχεται να απελευθερώσει χώρο που προηγουμένως χρησιμοποιούνταν για την αποθήκευση φυσικών σανίδων και μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του κόστους και αποτελεσματικότερη χρήση του χώρου. Επιπλέον, η εταιρία Boeing επενδύει σε ένα Πρόγραμμα Επανεπένδυσης Τεχνολογίας με σκοπό την εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας σε μεγάλη κλίμακα παραγωγής.



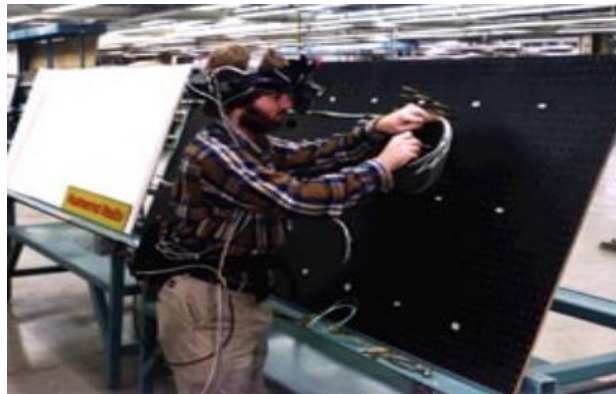
**Εικόνα 21:** Εξωτερική όψη της συντήρησης του εκτυπωτή (Feiner, et al., 1993)



**Εικόνα 22:** Εικονικές οδηγίες για την αφαίρεση του χαρτιού (Feiner, et al., 1993)

Η Εικόνα 22 παρουσιάζει μια εξωτερική όψη του Adam Janin κατά τη χρήση ενός πρωτότυπου συστήματος Επαυξημένης Πραγματικότητας (Ε.Π) για τη σύνδεση μιας δέσμης καλωδίων. Αυτό αναδεικνύει τη δυνατότητα της Ε.Π να χρησιμοποιείται για την εκτέλεση περίπλοκων εργασιών σε διάφορα πεδία, όπως η σύνδεση καλωδίων σε αυτήν την περίπτωση. Το τελικό αποτέλεσμα της Ε.Π θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε

περίπλοκο μηχανήμα, περιλαμβανομένης, για παράδειγμα, της κατασκευής και συναρμολόγησης μηχανών στην αυτοκινητοβιομηχανία. Αυτό υπογραμμίζει την ευρεία εφαρμογή της Ε.Π σε διάφορους τομείς, προσφέροντας αποτελεσματικές λύσεις για την εκτέλεση διαφορετικών εργασιών που απαιτούν προσέγγιση και σύνδεση με το φυσικό περιβάλλον.



*Εικόνα 23:* Σύνδεση δέσμης καλωδίων (Feiner, et al., 1993)

### **5.2.3. Σχολιασμό και την οπτικοποίηση αντικειμένων**

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (Ε.Π) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον σχολιασμό αντικειμένων και του περιβάλλοντος με την ενσωμάτωση δημόσιων ή ιδιωτικών πληροφοριών. Εφαρμογές που χρησιμοποιούν δημόσιες πληροφορίες μπορούν να αξιοποιήσουν διάφορες δημόσιες βάσεις δεδομένων για να παρέχουν πληροφορίες στους χρήστες. Για παράδειγμα, μια φορητή συσκευή επαυξημένης πραγματικότητας μπορεί να παρέχει πληροφορίες σχετικά με το περιεχόμενο των ραφιών μιας βιβλιοθήκης καθώς ο χρήστης περιπλανιέται γύρω από αυτήν. Επίσης, σε περιβάλλοντα όπως το Computer-Industry Research Centre (ECRC), ο χρήστης μπορεί να δείξει τμήματα ενός μοντέλου κινητήρα, με το σύστημα Ε.Π να εμφανίζει τα ονόματα των συγκεκριμένων τμημάτων. Η Εικόνα 24, για παράδειγμα, απεικονίζει έναν χρήστη που δείχνει μια πολλαπλή εξάτμιση, και το σύστημα Ε.Π εμφανίζει την ετικέτα "πολλαπλή εξάτμιση". Αυτό επιδεικνύει πώς η Ε.Π

μπορεί να συνδυαστεί με πληροφορίες αντικειμένων για τον εμπλουτισμό της πραγματικής εμπειρίας των χρηστών. Εναλλακτικά, οι σχολιασμοί σε συνδυασμό με την Επαυξημένη Πραγματικότητα μπορούν να λειτουργήσουν ως ιδιωτικές σημειώσεις που συνδέονται με συγκεκριμένα αντικείμενα. Ερευνητές από το Columbia University αποδεικνύουν αυτήν τη χρήση μέσω ενός πειράματος, όπου ο χρήστης συνδέεται είτε σε ένα εικονικό παράθυρο μέσω διεπαφής είτε σε συγκεκριμένα αντικείμενα για υπενθύμιση (Feiner, et al., 1993).



**Εικόνα 24:** Κατάδειξη εξάτμισης με χρήση ετικέτας (Rose, et al., 1995)

Η Εικόνα 25 απεικονίζει ένα παράθυρο που αντανακλάται πάνω στον χρήστη ως ετικέτα. Ο χρήστης φορά μια συσκευή παρακολούθησης, επιτρέποντας στον υπολογιστή να γνωρίζει την θέση του. Καθώς ο χρήστης κινείται, η ετικέτα ακολουθεί τη θέση του, παρέχοντάς του μια υπενθύμιση σχετικά με τις σημειώσεις που έχει κάνει. Αυτό επιτρέπει τη διατήρηση ιδιωτικών σημειώσεων και επικοινωνίας, καθιστώντας την Επαυξημένη Πραγματικότητα ένα χρήσιμο εργαλείο για την ενίσχυση της ατομικής οργάνωσης και πληροφόρησης. Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (Ε.Π) μπορεί να παρέχει σημαντική συνδρομή στον τομέα της απεικόνισης, επιτρέποντας σε επαγγελματίες όπως οι αρχιτέκτονες να έχουν μια εξελιγμένη οπτική των έργων τους. Ένας αρχιτέκτονας μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα διαφανές Head-Mounted Display (HMD) για να δει πώς ένας νέος ουρανοξύστης θα επηρεάσει την προοπτική από ένα παράθυρο.



**Εικόνα 25:** Εικονικό παράθυρο το οποίο δίνει υπενθυμίσεις στον χρήστη (Feiner, et al., 1993)

Επιπλέον, η Ε.Π μπορεί να προσφέρει ακτινογραφική οπτική ενός κτιρίου, αναδεικνύοντας τη θέση σωλήνων, ηλεκτρικών γραμμών και δομικών στοιχείων. Αυτό παρέχει στους αρχιτέκτονες ενημερωμένη εικόνα της δομής, βοηθώντας στον σχεδιασμό και τη λήψη αποφάσεων. Παραδείγματα όπως το ARGOS από το Πανεπιστήμιο του Τορόντο δείχνουν πώς η Ε.Π μπορεί να επιχειρήσει βελτιώσεις στην κατανόηση εικόνων κατά τη διάρκεια δύσκολων συνθηκών θέασης. Ενδεικτικά, η Εικόνα 26 δείχνει γραμμές που απεικονίζονται εντός ενός διαστημικού λεωφορείου σε τροχιά, προσφέροντας στον χρήστη μια ευκολότερη κατανόηση της γεωμετρίας του. Αυτό μπορεί να εφαρμοστεί και για την πλοήγηση και την κατανόηση κατά τη διάρκεια κακών συνθηκών ορατότητας, όπως κατά τη διάρκεια ομίχλης.

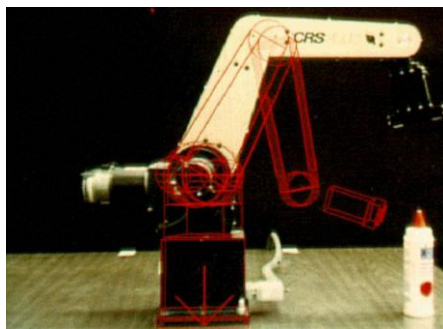


**Εικόνα 26:** Τρισδιάστατη απεικόνιση γραμμών στο εσωτερικό ενός διαστημικού λεωφορείου (Drascic, et al., 1993)

#### 5.2.4. Ρομποτική

Ο τηλεχειρισμός ενός ρομπότ μπορεί να γίνει πιο αποτελεσματικός σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν μεγάλες αποστάσεις και σημαντικές καθυστερήσεις στην επικοινωνία. Σε αυτό το πλαίσιο, προτιμάται ο εικονικός έλεγχος του ρομπότ αντί για τον άμεσο έλεγχο. Συγκεκριμένα, ο χρήστης μπορεί να σχεδιάζει και να καθορίζει τις ενέργειες του ρομπότ μέσω της χρήσης μιας τοπικής εικονικής εκδοχής. Αυτό σημαίνει ότι ο χρήστης ελέγχει μια εικονική αναπαράσταση του ρομπότ σε πραγματικό χρόνο, και τα αποτελέσματα των ενεργειών του εμφανίζονται αμέσως στον πραγματικό κόσμο. Αυτή η προσέγγιση μπορεί να βοηθήσει στην αντιμετώπιση των προκλήσεων που προκύπτουν από τις μεγάλες αποστάσεις και τις καθυστερήσεις στην επικοινωνία, εξασφαλίζοντας παράλληλα την πραγματικού χρόνου αλληλεπίδραση και ανταπόκριση. Όταν το σχέδιο φτάνει στη φάση του ελέγχου και του τελικού καθορισμού, ο χρήστης μπορεί να δώσει εντολές στο πραγματικό ρομπότ για την εκτέλεση του συγκεκριμένου σχεδίου. Με αυτόν τον τρόπο, αποφεύγονται πιθανές λανθασμένες κινήσεις του ρομπότ που μπορεί να προκαλεί ο χρόνος καθυστέρησης στην επικοινωνία. Οι εικονικές εκδόσεις μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό των επιπτώσεων των ενεργειών του χρήστη στο περιβάλλον. Αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον σχεδιασμό και την προεπισκόπηση των εργαλείων, βοηθώντας τον χρήστη κατά την εκτέλεση του επιθυμητού έργου του. Το σύστημα ARGOS απέδειξε ότι η στερεοσκοπική Επαυξημένη Πραγματικότητα είναι πιο εύκολη και ακριβής σε σχέση με τις παραδοσιακές μονοσκοπικές διεπαφές για τον σχεδιασμό της διαδρομής του ρομπότ. Η Εικόνα 27 δείχνει πώς ένα εικονικό περίγραμμα μπορεί να αναπαραστήσει τη μελλοντική θέση του χεριού ενός ρομπότ.





*Εικόνα 27:* Εικονικό περίγραμμα του χεριού ενός ρομπότ (Drascic, 1993)

### **5.2.5. Ψυχαγωγία**

Στο SIGGRAPH '95, παρουσιάστηκαν πολλά "Εικονικά Σετ" που συνδύαζαν πραγματικούς ηθοποιούς με εικονικά περιβάλλοντα σε πραγματικό χρόνο και σε τρισδιάστατη μορφή. Στη διαδικασία αυτή, οι ηθοποιοί ήταν τοποθετημένοι μπροστά από μια μεγάλη μπλε οθόνη, ενώ μια φωτογραφική μηχανή κίνησης, που ελεγχόταν από υπολογιστή, κατέγραφε τη σκηνή. Η τοποθεσία της κάμερας και οι κινήσεις των ηθοποιών καταγράφονταν, επιτρέποντας την ψηφιακή σύνθεση του ηθοποιού με ένα τρισδιάστατο εικονικό φόντο. Αυτή η τεχνική επέτρεπε τη δημιουργία εντυπωσιακών σκηνών όπου οι πραγματικοί ηθοποιοί ενσωματώνονταν σε εικονικούς κόσμους με τρισδιάστατα περιβάλλοντα, προσφέροντας ρεαλιστικά αποτελέσματα σε πραγματικό χρόνο.

Το σχέδιο ALIVE από το εργαστήριο του MIT αντιμετωπίζει την επαυξημένη πραγματικότητα ως έναν τρόπο να μειωθούν τα κόστη παραγωγής στη βιομηχανία της ψυχαγωγίας. Συγκεκριμένα, το ALIVE συμπληρώνει το περιβάλλον με ευφυή εικονικά πλάσματα που ανταποκρίνονται στις ενέργειες του χρήστη. Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να δημιουργηθούν εικονικοί χαρακτήρες ή οντότητες που αλληλεπιδρούν με τον πραγματικό κόσμο και αντιδρούν στις ενέργειες του χρήστη. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει τη δημιουργία πολυπλοκών σκηνών και εμπειριών ψυχαγωγίας χωρίς την ανάγκη για συνεχή φυσική κατασκευή και συντήρηση. Η εικονική δημιουργία και η χρήση ευφυών εικονικών

πλασμάτων μπορεί να οδηγήσει σε οικονομικότερη παραγωγή και προσφορά ψυχαγωγικών περιεχομένων.

### **5.2.6 Στρατιωτικά αεροσκάφη**

Τα στρατιωτικά αεροσκάφη και ελικόπτερα χρησιμοποιούν εδώ και πολλά χρόνια συστήματα οθονών που προσαρμόζονται στο κεφάλι (Head-Up Displays - HUDs) και στο κράνος (Helmet-Mounted Sights - HMS). Αυτές οι τεχνολογίες επιτρέπουν την υπέρθεση διανυσματικών γραφικών πάνω στο οπτικό πεδίο του πιλότου, παρέχοντας πληροφορίες πτήσης, πλοήγησης και άλλες χρήσιμες πληροφορίες. Εκτός από τις βασικές πληροφορίες πτήσης, αυτές οι οθόνες επιτρέπουν στους πιλότους να παρακολουθούν το περιβάλλον και να έχουν οπτική επαφή με τον πραγματικό κόσμο. Ειδικά, τα γραφικά που εμφανίζονται μπορούν να χρησιμοποιηθούν για στόχευση των όπλων του αεροσκάφους. Για παράδειγμα, σε πολεμικά ελικόπτερα, ο πιλότος μπορεί να στοχεύει σε στόχους απλώς κοιτώντας τον στόχο, και το σύστημα συνδυάζει την κίνηση του κεφαλιού του με την κατεύθυνση των όπλων.

## **6. Εφαρμογές Μεικτής Πραγματικότητας**

### **6.1. Εισαγωγή**

Η μεικτή πραγματικότητα (Mixed Reality - MR) αναφέρεται σε μια τεχνολογία που συνδυάζει τα ψηφιακά και τα φυσικά στοιχεία, δημιουργώντας ένα ενοποιημένο περιβάλλον. Στον χώρο των εφαρμογών, η μεικτή πραγματικότητα ανοίγει νέους ορίζοντες στην αλληλεπίδραση με τον ψηφιακό κόσμο. Παρά τα πολλά πλεονεκτήματα, η μεικτή πραγματικότητα αντιμετωπίζει προκλήσεις όπως η απόδοση, η ασφάλεια και η ιδιωτικότητα. Εν τω μεταξύ, οι τάσεις περιλαμβάνουν την εξέλιξη της υποδομής, την αύξηση της διασύνδεσης με τον ορατό κόσμο και την ανάπτυξη εξειδικευμένων εφαρμογών. Η μεικτή

πραγματικότητα ανοίγει νέες ευκαιρίες για καινοτομία σε πολλούς τομείς. Καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται, οι εφαρμογές μεικτής πραγματικότητας αναμένεται να παίξουν ολοένα και πιο σημαντικό ρόλο στην καθημερινότητά μας.

## **6.2. Τομείς Εφαρμογής Μεικτής Πραγματικότητας**

Οι εξελίξεις στον τομέα της Μικτής Πραγματικότητας (Mixed Reality), αναφέρουν την ανάπτυξη τεχνολογιών όπως η επεξεργασία βίντεο σε πραγματικό χρόνο, τα συστήματα γραφικών ηλεκτρονικών υπολογιστών, και οι νέες τεχνολογίες απεικόνισης. Αυτές οι εξελίξεις επιτρέπουν τη δημιουργία εικονικών σκηνών που συγχρονίζονται με το τρισδιάστατο περιβάλλον που περιβάλλει τον χρήστη. Οι ερευνητές που εργάζονται στον τομέα αυτόν έχουν προτείνει εφαρμογές σε πολλούς τομείς, από την ψυχαγωγία έως τη στρατιωτική εκπαίδευση. Επιπλέον, αναφέρεται ότι σε ορισμένους τομείς, όπως η ιατρική, έχουν προταθεί.

### **6.2.1 Ιατρικός Τομέας**

Μπορεί να εξαιρεθεί το γεγονός ότι ο ιατρικός τομέας θεωρείται ένας από τους σημαντικότερους για τα συστήματα Μικτής Πραγματικότητας, καθώς η τεχνολογία απεικόνισης έχει ενσωματωθεί εκτενώς σε διάφορες ιατρικές εφαρμογές. Στον ιατρικό τομέα, η Μικτή Πραγματικότητα χρησιμοποιείται ευρέως για χειρουργικές επεμβάσεις καθοδηγούμενες από εικόνα. Οι προεγχειρητικές μελέτες απεικόνισης, όπως οι εξετάσεις CT ή MRI, παρέχουν στον χειρουργό μια πλήρη και λεπτομερή εικόνα της εσωτερικής ανατομίας του ασθενούς. Από αυτές τις εικόνες, οι χειρουργικές επεμβάσεις μπορούν να προγραμματιστούν με ακρίβεια και να πραγματοποιηθούν με ασφάλεια. Η Μικτή Πραγματικότητα συμβάλλει στην επιτυχία των επεμβάσεων, επιτρέποντας στους χειρουργούς να έχουν πρόσβαση σε πραγματικού χρόνου πληροφορίες και κατευθυντήριες οδηγίες κατά τη διάρκεια της επέμβασης. Συνολικά, η ενσωμάτωση της Μικτής Πραγματικότητας στον ιατρικό τομέα συμβάλλει στην προσφορά προηγμένων λύσεων για τη διάγνωση, τον

προγραμματισμό και την πραγματοποίηση χειρουργικών επεμβάσεων, προάγοντας την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα στον ιατρικό χώρο. Στη διαδικασία αφαίρεσης ενός όγκου, η απεικόνιση της πορείας μέσω της ανατομίας είναι κρίσιμη. Συνήθως, αυτή η διαδικασία ξεκινά με τη δημιουργία ενός τρισδιάστατου προτύπου του περιορισμένου χώρου, όπου ο όγκος πρόκειται να αφαιρεθεί. Αυτό το προτυποποιημένο μοντέλο βασίζεται σε πολλαπλές απόψεις που έχουν συγκεντρωθεί από προεγχειρητικές μελέτες, όπως εξετάσεις CT ή MRI. Οι πολλαπλές απόψεις ενσωματώνονται διανοητικά για τη δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου, το οποίο αντιπροσωπεύει την περιοχή ενδιαφέροντος. Σε ορισμένες περιπτώσεις, συστήματα μπορούν να δημιουργήσουν αυτόματα τρισδιάστατες απεικονίσεις του όγκου από τις εικόνες που προέρχονται από τις προεγχειρητικές μελέτες. Το τελικό τρισδιάστατο μοντέλο παρέχει στους χειρουργούς μια προεπισκόπηση της περιοχής επέμβασης, επιτρέποντας τους να προγραμματίσουν και να προετοιμαστούν για την επέμβαση. Αυτό το στάδιο βοηθά επίσης στην εκτίμηση των δυνητικών προκλήσεων και στη βελτιστοποίηση της στρατηγικής επιλογής για την αφαίρεση του όγκου. Συνοψίζοντας, η δημιουργία τρισδιάστατου προτύπου από πολλαπλές απόψεις είναι σημαντικό στάδιο στον σχεδιασμό και την προετοιμασία για χειρουργικές επεμβάσεις στον ιατρικό τομέα. Σε αυτήν την εφαρμογή της Μικτής Πραγματικότητας, η τεχνολογία χρησιμοποιείται για να επιτρέψει στη χειρουργική ομάδα να οπτικοποιεί και να ενσωματώνει τα δεδομένα από εξετάσεις CT ή MRI κατά τη διάρκεια μιας χειρουργικής επέμβασης. Η Μικτή Πραγματικότητα επιτρέπει στη χειρουργική ομάδα να δει τα στοιχεία αυτά σε πραγματικό χρόνο και να τα εντάξει με ακρίβεια στην περιοχή όπου πρέπει να πραγματοποιηθεί η επέμβαση. Η δυνατότητα ακριβούς καταχώρησης των εικόνων από τις εξετάσεις CT ή MRI στον ασθενή στο χειρουργικό τραπέζι είναι κρίσιμη για την αποτελεσματικότητα της επέμβασης. Αυτό μπορεί να εξαλείψει την ανάγκη για στερεοστατικά πλαίσια που χρησιμοποιούνται παραδοσιακά για την καταχώρηση, προσφέροντας έτσι μια πιο άνετη και ευέλικτη διαδικασία για τη χειρουργική ομάδα.

Πολλά ερευνητικά έγγραφα έχουν αναλύσει αυτήν τη συγκεκριμένη εφαρμογή, αναφέροντας τη σημασία της ακριβούς καταχώρησης των εικόνων για την επιτυχία της χειρουργικής επέμβασης. Ορισμένα από αυτά τα έγγραφα περιλαμβάνουν τους συγγραφείς Lorensen και Cline (1993), Grimson και Lozano-Perez (1994), Betting και Feldmar (1995), Grimson και Ettinger (1995), Mellor (1995), Uenohara και Kanade (1995).

### **6.2.2 Ψυχαγωγία**

Στην ψυχαγωγία, μια απλή μορφή Μικτής Πραγματικότητας χρησιμοποιείται εδώ και αρκετό καιρό, ιδίως σε προγράμματα πρόβλεψης καιρού. Κατά τη διάρκεια της παρουσίασης της πρόβλεψης, ο δημοσιογράφος εμφανίζεται να στέκεται μπροστά από μεταβαλλόμενους χάρτες καιρού. Στο στούντιο, ο δημοσιογράφος πραγματικά στέκεται μπροστά από μια μπλε ή πράσινη οθόνη. Η πραγματική εικόνα του δημοσιογράφου εμπλουτίζεται με δημιουργημένους από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή χάρτες χρησιμοποιώντας μια τεχνική που ονομάζεται χρωματική διαμόρφωση. Συγκεκριμένα, η οθόνη πίσω από τον δημοσιογράφο είναι μια ομοιόμορφη χρωματική επιφάνεια, η οποία μπορεί να ανιχνεύσει τα χρώματα που χρησιμοποιούνται στην πράσινη ή μπλε οθόνη. Στη συνέχεια, οι χρωματικοί χάρτες προβάλλονται σε αυτήν την επιφάνεια, δημιουργώντας την ψευδαίσθηση ότι ο δημοσιογράφος αληθινά βρίσκεται μπροστά από τους προβαλλόμενους χάρτες καιρού. Αυτή η τεχνική επιτρέπει στους τηλεθεατές να βλέπουν τον δημοσιογράφο να αλληλεπιδρά με τους χάρτες καιρού, προσθέτοντας ένα επιπλέον στοιχείο διασκέδασης και αληθοφανούς παρουσίασης στην πρόβλεψη του καιρού.

Στον χώρο της ψυχαγωγίας, είναι εφικτό να δημιουργηθεί ένα εικονικό στούντιο όπου οι χρήστες εμφανίζονται τοποθετημένοι μέσα σε ένα περιβάλλον με ψηφιακή διακόσμηση. Υπάρχουν πολλά παραδείγματα χρήσης αυτής της τεχνικής, όπως αναφέρεται στο έργο του Schmidt (1996). Ένα από τα πιο γνωστά παραδείγματα είναι το παιχνίδι EyeToy για την κονσόλα Playstation 2. Το EyeToy χρησιμοποιεί μια απλή κάμερα για να καταγράψει την

πραγματική μορφή και τις κινήσεις των χρηστών. Στη συνέχεια, τους τοποθετεί σε διάφορα εικονικά περιβάλλοντα, όπως ένα εικονικό στούντιο για την παρακολούθηση ενός εικονικού τηλεπαιχνιδιού ή τις όχθες ενός ποταμού για μια εμπειρία ψαρέματος. Οι χρήστες μπορούν να αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον και να συμμετέχουν σε διάφορες δραστηριότητες, δημιουργώντας ένα εντυπωσιακό και διασκεδαστικό παιγνυδιακό περιβάλλον. Στα ειδικά εφέ του κινηματογράφου χρησιμοποιούνται ψηφιακά μέσα για τη δημιουργία αυταπάτης στο θεατή (Pyros, Goren 1995). Παρόλα αυτά, με την τρέχουσα τεχνολογία, αυτό δεν θεωρείται Μικτή Πραγματικότητα, καθώς συνήθως δεν γίνεται σε πραγματικό χρόνο. Τα περισσότερα ειδικά εφέ δημιουργούνται offline, καρέ προς καρέ, με μερική αλληλεπίδραση των ηθοποιών και χρήση συστημάτων παραγωγής τρισδιάστατων γραφικών.

Παρόλα αυτά, ορισμένες εργασίες προχωρούν στην ανάλυση των πλάνων δράσης για να καθοριστούν οι παράμετροι για τις κάμερες, όπως γωνίες, αποστάσεις κ.λπ., ώστε να χρησιμοποιηθούν σωστά και να οδηγήσουν στην ορθή και πιστευτή παραγωγή των εικονικών αντικειμένων που συγχωνεύονται στην εικόνα (Zorpette 1994). Αυτή η ανάλυση παραμέτρων βοηθάει στην παραγωγή ρεαλιστικών εφέ που συγχέονται με την πραγματική σκηνή, προσφέροντας στο θεατή μια εμπλουτισμένη και εντυπωσιακή εμπειρία.

Ο ηλεκτρονικός πίνακας διαφημίσεων Princeton αποτελεί ένα παράδειγμα ευρείας χρήσης της Μικτής Πραγματικότητας στις μέρες μας. Αυτό το σύστημα επιτρέπει σε ένα τηλεοπτικό κανάλι που μεταδίδει έναν αγώνα να ενσωματώνει διαφημίσεις σε συγκεκριμένα τμήματα της εικόνας της μετάδοσης (National Association of Broadcasters 1994). Για παράδειγμα, κατά τη μετάδοση ενός ποδοσφαιρικού αγώνα, το σύστημα αυτό μπορεί να τοποθετήσει μια διαφήμιση στην εικόνα έτσι ώστε να φαίνεται σαν να είναι ενσωματωμένη στον εξωτερικό τοίχο του σταδίου ή ακόμη και στο χορτάρι του γηπέδου. Αυτό δημιουργεί μια ενιαία εμπειρία για τους θεατές, ενσωματώνοντας επιτυχώς εικονικά στοιχεία στον πραγματικό χώρο του αθλητικού γεγονότος.

Ο ηλεκτρονικός πίνακας διαφημίσεων απαιτεί την ευθυγράμμιση στο γήπεδο μέσω της λήψης εικόνων από χαρακτηριστικές γωνίες, που καταγράφονται από τις κάμερες και τις

ρυθμίσεις ζουμ. Αυτό γίνεται για τη δημιουργία ενός χάρτη του γηπέδου, συμπεριλαμβανομένων των θέσεων όπου οι διαφημίσεις θα παρεμβληθούν. Με τη χρήση προ-διευκρινισμένων σημείων αναφοράς στο γήπεδο, το σύστημα αυτόματα καθορίζει τη γωνία της κάμερας που χρησιμοποιείται και τοποθετεί αυτόματα τη διαφήμιση στη σωστή θέση, με την κατάλληλη γωνία και άλλες ρυθμίσεις. Αυτό εξασφαλίζει ότι η εικόνα της διαφήμισης ενσωματώνεται φυσικά και ρεαλιστικά στη μετάδοση του αθλητικού γεγονότος.

### **6.2.3 Στρατιωτική Εκπαίδευση**

Στα πολεμικά αεροσκάφη, η τεχνολογία απεικόνισης Μικτής Πραγματικότητας χρησιμοποιείται εδώ και καιρό για την προβολή πληροφοριών στον πιλότο μέσω του γυαλιού του πιλοτηρίου ή του κράνους πτήσης τους. Αυτό αποτελεί μια μορφή Μικτής Πραγματικότητας. Για παράδειγμα, το σύστημα προσομοίωσης πολεμικών παιχνιδιών SIMNET χρησιμοποιεί αυτήν την τεχνολογία, εξοπλίζοντας το στρατιωτικό προσωπικό με συσκευές απεικόνισης που τοποθετούνται στο κράνος. Το σύστημα αυτό επιτρέπει στα στρατεύματα να βλέπουν εικονικές εικόνες, όπως ένα ελικόπτερο που εμφανίζεται από τα δέντρα. Ο προσομοιωμένος χαρακτήρας του ελικοπτερου μπορεί να οδηγείται από έναν άλλο συμμετέχοντα, προσφέροντας ένα εντυπωσιακό επίπεδο ρεαλισμού στις στρατιωτικές ασκήσεις και εκπαιδεύσεις. Σε πραγματικές συνθήκες, η απεικόνιση Μικτής Πραγματικότητας πάνω από την πραγματική σκηνή της μάχης θα μπορούσε να παρέχει περισσότερες πληροφορίες και δυνατότητες. Εκτός από την απλή προβολή εικονικών αντικειμένων, θα μπορούσε να περιλαμβάνει σχολιασμό για εχθρικές ή φιλικές μονάδες, καθώς και υπογραμμίσεις για να τονίσει κρυμμένες εχθρικές μονάδες και άλλες κρίσιμες πληροφορίες. Αυτό θα βοηθούσε τους στρατιώτες να έχουν μια πιο πλήρη εικόνα του περιβάλλοντος τους κατά τη διάρκεια μιας μάχης και θα ενισχύσει την επιχειρησιακή τους κατανόηση.

#### **6.2.4 Εφαρμοσμένη Μηχανική**

Η Μικτή Πραγματικότητα θα επιτρέπει στους σχεδιαστές και τους πελάτες, παρά τις φυσικές αποστάσεις, να συνεργαστούν και να αναθεωρήσουν ένα κοινό σχέδιο. Η εικονική αναπαράσταση του φυσικού πρωτότυπου στην αίθουσα διασκέψεων των πελατών θα επιτρέπει στους πελάτες να περιηγηθούν γύρω από το τρισδιάστατο μοντέλο και να εξετάσουν διάφορες πτυχές του έργου. Κατά τη διάρκεια της αναθεώρησης, οι πελάτες μπορούν να επικοινωνήσουν τις απόψεις τους, δείχνοντας τα κύρια τμήματα και τα μέρη του πρωτοτύπου. Οι αλλαγές που καταχωρούνται στο εικονικό περιβάλλον θα αντικατοπτριστούν στο πραγματικό πρωτότυπο που έχουν δημιουργήσει οι σχεδιαστές. Αυτή η διαδραστική δυνατότητα επικοινωνίας θα διευκολύνει τη συνεργασία και την ανταλλαγή απόψεων μεταξύ των διαφορετικών ομάδων, ανεξαρτήτως της γεωγραφικής τους τοποθεσίας. Η πραγματικού χρόνου απεικόνιση του τρέχοντος σχεδίου μέσω της τεχνολογίας Mixed Reality από αρχικά αρχεία CAD θα είναι ένα σημαντικό εργαλείο για τη συνεργασία μεταξύ σχεδιαστών και πελατών. Αυτή η δυνατότητα θα επιτρέπει σε και τις δύο πλευρές να δουν και να αλληλεπιδρούν με το σχέδιο σε πραγματικό χρόνο, ακόμη και πριν από την κατασκευή ενός φυσικού πρωτοτύπου. Αυτή η δυνατότητα παρέχει ένα δυναμικό περιβάλλον συνεργασίας, επιτρέποντας την άμεση ανταλλαγή απόψεων και την εφαρμογή αλλαγών στο σχέδιο. Τα στοιχεία που προκύπτουν από την αλληλεπίδραση μπορούν να αντικατοπτρίζονται αμέσως σε και τις δύο αίθουσες, προσφέροντας ένα ανοιχτό και διαφανές περιβάλλον συνεργασίας.

#### **6.2.5 Ρομποτική και Τηλερομποτική**

Στον τομέα της ρομποτικής και της τηλερομποτικής, η απεικόνιση Μικτής Πραγματικότητας προσφέρει σημαντικά οφέλη για τους χειριστές τηλερομπότ. Όταν ο χειριστής χρησιμοποιεί μια οπτική εικόνα του απομακρυσμένου χώρου εργασίας, η συμπερίληψη των σχεδίων των δομών στην πραγματική εικόνα μπορεί να βελτιώσει την κατανόηση της μακρινής τρισδιάστατης γεωμετρίας. Μέσω αυτής της τεχνολογίας, ο χειριστής μπορεί να αντλήσει



πληροφορίες για τον περιβάλλοντα χώρο και τις δομές ακόμη και αν η πραγματική σκηνή είναι εκτός του οπτικού πεδίου του. Αυτό μπορεί να επιτρέψει στον χειριστή να λαμβάνει αποφάσεις και να καθοδηγεί το ρομπότ με μεγαλύτερη ακρίβεια και αποτελεσματικότητα. Ακριβώς, με τη χρήση ενός εικονικού ρομπότ που εμφανίζεται ως μίξη πραγματικότητας στην πραγματική σκηνή, ο χειριστής μπορεί να αξιολογήσει προκαταβολικά τις επιπτώσεις της κίνησης. Αν δει ότι η κίνηση του εικονικού ρομπότ παρουσιάζει θετικά αποτελέσματα στην εικονική πραγματικότητα, τότε μπορεί να αποφασίσει να συνεχίσει με αυτήν την κίνηση και στο πραγματικό ρομπότ. Αυτή η διαδικασία επιτρέπει στον χειριστή να προβλέψει πιθανές συνέπειες και να προσαρμόσει την κίνηση του ρομπότ πριν καν αυτό ξεκινήσει την κίνηση στον πραγματικό χώρο. Επιτρέπει, επίσης, τη βελτιστοποίηση της απόδοσης του ρομπότ και τη μείωση του κινδύνου πιθανών προβλημάτων ή συγκρούσεων.

### **6.2.6 Κατασκευαστικός Τομέας**

Αυτό το project από το Columbia University είναι ένα ενδιαφέρον παράδειγμα εφαρμογής της Μικτής Πραγματικότητας στον τομέα της κατασκευής και συναρμολόγησης δικτύων. Η χρήση εικονικών δοκών για να δείξει τη σωστή θέση τους στην κατασκευή και η καθοδήγηση του χρήστη βήμα προς βήμα είναι μια εξαιρετική προσέγγιση. Επιπλέον, η απαίτηση για σάρωση των barcodes των δοκών προσθέτει ένα στοιχείο ασφαλείας και επαλήθευσης, διασφαλίζοντας ότι οι σωστές δοκοί έχουν τοποθετηθεί στη σωστή θέση. Με αυτόν τον τρόπο, οι δημιουργοί ενισχύουν την ορθότητα της συναρμολόγησης και μειώνουν τον κίνδυνο ανθρώπινων λαθών που θα μπορούσαν να έχουν σοβαρές συνέπειες στην αντοχή και ασφάλεια των κτιρίων στο μέλλον.

Η χρήση συσκευών απεικόνισης Μικτής Πραγματικότητας για τη δημιουργία και δρομολόγηση των καλωδίων στην παραγωγή αεροσκαφών είναι ένα καινοτόμο βήμα. Αυτή η τεχνολογία μπορεί να βοηθήσει στον εξορθολογισμό της διαδικασίας παραγωγής, επιτρέποντας στους τεχνικούς να οδηγούνται από την απεικόνιση για την ακριβή τοποθέτηση και σύνδεση των καλωδίων. Αυτή η τεχνολογία επιτρέπει στους τεχνικούς να έχουν μια

εικονική προεπισκόπηση της διαδικασίας, μειώνοντας την πιθανότητα σφαλμάτων και επιταχύνοντας την εργασία. Επίσης, η Μικτή Πραγματικότητα μπορεί να προσφέρει πρόσθετες πληροφορίες, όπως τον τρόπο δρομολόγησης των καλωδίων, που είναι χρήσιμες για την κατανόηση και τον συντονισμό της εργασίας.

### **6.2.7 Καταναλωτικός Τομέας**

Στον καταναλωτικό τομέα, τα συστήματα εικονικής πραγματικότητας χρησιμοποιούνται ευρέως για να παρέχουν προεπισκοπήσεις και απεικονίσεις των εργασιών που πρόκειται να πραγματοποιηθούν στο περιβάλλον του καταναλωτή. Για παράδειγμα, όταν κάποιος επισκέπτεται ένα κατάστημα για να εξετάσει τον πιθανό εκσυγχρονισμό του σπιτιού του με την προσθήκη ενός επιπλέον ορόφου, μπορεί να του παρουσιαστεί μια τρισδιάστατη εικόνα του τελικού αποτελέσματος. Αυτό επιτρέπει στον καταναλωτή να έχει μια πιο σαφή εικόνα του τι θα επιτευχθεί με το έργο του, ενισχύοντας την αποφασιστικότητά του και επιτρέποντάς του να λαμβάνει πιο ενημερωμένες αποφάσεις. Ένα μελλοντικό σύστημα Μικτής Πραγματικότητας μπορεί πράγματι να επιτρέψει στους πελάτες να βλέπουν τις αλλαγές στον χώρο τους σε πραγματικό χρόνο. Αυτό θα μπορούσε να σημαίνει ότι, χρησιμοποιώντας τη μικτή πραγματικότητα, ο πελάτης μπορεί να δει εικονικά αντικείμενα ή αλλαγές στον χώρο τους, ενσωματωμένα στο πραγματικό περιβάλλον τους. Για παράδειγμα, μπορεί να διακοσμήσει την κουζίνα του με εικονικά έπιπλα και να παρακολουθεί πώς εναρμονίζονται με το περιβάλλον του πραγματικού χώρου της κουζίνας του. Αυτό θα δίνει στον πελάτη μια προεπισκόπηση του τελικού αποτελέσματος και θα του επιτρέψει να καταλήξει σε αποφάσεις σχετικά με τον εξοπλισμό ή τη διακόσμηση που θα προτιμούσε, όλα αυτά πριν ακόμα ξεκινήσει η φυσική εφαρμογή των αλλαγών.

Σε ένα κατάστημα μόδας, ένα σύστημα Μικτής Πραγματικότητας θα μπορούσε να επιτρέψει στους πελάτες να δοκιμάζουν εικονικά ρούχα και προϊόντα καλλυντικών πριν την πραγματική αγορά. Ο πελάτης θα μπορεί να δει πώς εφαρμόζεται ένα φόρεμα ή πώς φαίνεται ένα καλλυντικό στο πρόσωπό του μέσω του συστήματος Μικτής Πραγματικότητας.

Επιπλέον, το σύστημα θα μπορούσε να προσαρμόζει τα εικονικά προϊόντα στις προσωπικές διαστάσεις και χαρακτηριστικά του πελάτη. Μέσω ενός τρισδιάστατου αντικειμένου που αναπαριστά το σώμα ή το πρόσωπο του πελάτη, οι πιθανές αλλαγές και βελτιώσεις μπορούν να προεπισκοπηθούν, βοηθώντας τον πελάτη να καταλήξει σε μια πιο ενημερωμένη αγοραστική απόφαση. Ένα προηγμένο σύστημα Μικτής Πραγματικότητας σε ένα κατάστημα ομορφιάς θα επέτρεπε στον πελάτη να προεπισκοπήσει το νέο κούρεμα από διάφορες γωνίες και κατά τη διάρκεια κινήσεων. Εάν το σύστημα λαμβάνει υπόψη τη δυναμική των μαλλιών, ο πελάτης θα μπορούσε να δει πώς τα μαλλιά του κινούνται και αναδεικνύονται κατά την κίνηση του κεφαλιού του. Αυτό δίνει στον πελάτη μια πιο ρεαλιστική εικόνα του τελικού αποτελέσματος και του πώς θα φαίνεται το νέο κούρεμα σε διάφορες καθημερινές καταστάσεις. Η εξέταση της δυναμικής των μαλλιών επιτρέπει στον πελάτη να κατανοήσει πλήρως την εμφάνιση του και να λάβει μια ενημερωμένη απόφαση για το επιθυμητό κούρεμα.

## **7. Μελλοντική Ανάπτυξη Εφαρμογών**

Η HTML5 αναμένεται να αποτελέσει ένα σημαντικό βήμα για την ανάπτυξη εφαρμογών Επαυξημένης Πραγματικότητας (Ε.Π), ανεξαρτήτως τύπου και προδιαγραφών της κινητής συσκευής. Οι δυνατότητες που προσφέρει η HTML5 σε συνδυασμό με τις προδιαγραφές του W3C είναι σημαντικές για τη δημιουργία πλούσιων, πολυμεσικών εφαρμογών στον περιβάλλοντα ιστού. Η HTML5 διαθέτει ενσωματωμένη υποστήριξη για βίντεο και ήχο, επιτρέποντας την αναπαραγωγή πολυμέσων στις ιστοσελίδες χωρίς την ανάγκη εγκατάστασης επιπλέον προσθέτων (plug-ins). Επιπρόσθετα, η HTML5 υποστηρίζει χρήσιμες λειτουργίες όπως αναγνώριση τοποθεσίας μέσω GPS ή WLAN, προσφέροντας έτσι δυνατότητες σχετικές με την τοποθεσία για τις εφαρμογές Ε.Π. Στο μέλλον, αναμένεται οι χρήστες να μπορούν να αλληλεπιδρούν με τις συσκευές χρησιμοποιώντας διάφορες διεπαφές που εκμεταλλεύονται την κάμψη-κύρτωση, τη στρέβλωση και τη συμπίεση της οθόνης. Ένα παράδειγμα αυτής της τεχνολογίας είναι το τηλέφωνο Nokia Kinetic που παρουσιάστηκε στο

Nokia World 2011. Το συγκεκριμένο τηλέφωνο επιτρέπει στους χρήστες να διαχειρίζονται τις λειτουργίες της συσκευής με κινήσεις όπως κάμψη, στρέβλωση και συμπίεση της οθόνης. Επιπλέον, οι οθόνες αναμένεται να είναι εύκαμπτες και αναδιπλούμενες, όπως η τεχνολογία Polymer της Vision RADIUS που παρουσιάστηκε το 2008. Αυτές οι καινοτόμες τεχνολογίες επιτρέπουν στις οθόνες να προσαρμόζονται σε διάφορες μορφές και μεγέθη, ενισχύοντας έτσι την ευελιξία και την ανταποκριτικότητα των συσκευών. Σε περιβάλλοντα μεγαλύτερης οθόνης όπως τα tablet, οι εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας μπορούν να βρουν ευρύτερη υιοθέτηση. Τα tablet προσφέρουν μεγαλύτερη επιφάνεια εργασίας σε σύγκριση με τα κινητά τηλέφωνα, ενώ διαθέτουν και πιο φωτεινές οθόνες σε σχέση με τα laptops, παρέχοντας έτσι μια πιο εντυπωσιακή εμπειρία επαυξημένης πραγματικότητας. Επιπλέον, περισσότερα tablet διαθέτουν ενσωματωμένες κάμερες και αισθητήρες, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση του περιβάλλοντος και την αλληλεπίδραση με τα εικονικά αντικείμενα. Επιπλέον, η χρήση μικρών προτζέκτορων σε συνδυασμό με τα tablet μπορεί να δώσει τη δυνατότητα για εντυπωσιακές προβολές και χειροκίνητες αναπαραστάσεις της επαυξημένης πραγματικότητας, βελτιώνοντας έτσι την αλληλεπίδραση με το περιβάλλον.

Η ανάπτυξη της επαυξημένης πραγματικότητας ανοίγει τον δρόμο για έναν νέο τύπο διαδραστικής τηλεόρασης. Ένα παράδειγμα αυτού είναι το τηλεπαιχνίδι Bamzooki του BBC, όπου οι συμμετέχοντες ελέγχουν ένα αυτόνομο εικονικό παιχνίδι Zooks μέσω φωνητικών εντολών. Αυτό ανοίγει τον δρόμο για περισσότερες τηλεοπτικές παραγωγές που χρησιμοποιούν την επαυξημένη πραγματικότητα για τη δημιουργία διαδραστικών εμπειριών ψυχαγωγίας. Η σημερινή τεχνολογία επιτρέπει τη χρήση εικονικών παρασκηνίων σε πραγματικό χρόνο, όπου το περιβάλλον είναι εικονικό, αλλά οι άνθρωποι συμμετέχοντες ενεργούν σε αυτό. Για παράδειγμα, το πανεπιστήμιο Aalto Media Centre Lume διαθέτει ένα στούντιο παραγωγής που επιτρέπει αυτόν τον τύπο παραγωγής.

Στα μελλοντικά περιβάλλοντα, κάθε επιφάνεια μπορεί να μετατραπεί σε μια οθόνη αφής. Για παράδειγμα, στο ερευνητικό εργαστήριο της Nokia, ένα μεγάλο κομμάτι πάγου μετατράπηκε σε μια οθόνη αφής. Οι ερευνητές έχουν χρησιμοποιήσει διάφορες προσεγγίσεις για τη

μετατροπή απλών επιφανειών σε οθόνες αφής, όπως πολλαπλές κάμερες, χρωματικοί δείκτες και προτζέκτορες που λειτουργούν ως έκτη αίσθηση για τον χρήστη.

Η μελλοντική σχεδίαση των συστημάτων Μεικτής Πραγματικότητας (Mixed Reality) θα επιτρέπει τη σύνδεση των τοπικών υπηρεσιών και των μέσων τοπικής δικτύωσης με τον φυσικό κόσμο, όπως σε περιοδικά, διαφημιστικές πινακίδες, κτίρια και χώρους. Αυτό θα επιτρέπει στους χρήστες να σχολιάζουν, να διαμοιράζονται και να συνδέουν ιδέες, προσφέροντας επιπλέον πληροφορίες σχετικά με τα αντικείμενα στον περιβάλλοντά τους.

Η μελλοντική ανάπτυξη των συστημάτων επαυξημένης πραγματικότητας θα διασυνδέεται με τη ρομποτική σε διάφορα επίπεδα. Για παράδειγμα, το ARDrone είναι ένα ιπτάμενο αξεσουάρ (ελικόπτερο) για iPhone συσκευές, το οποίο είναι εξοπλισμένο με ένα πλήθος αισθητήρων και δική του νοημοσύνη. Ελέγχεται μέσω της συσκευής iPhone χρησιμοποιώντας απλές εντολές όπως εμπρός, περιστροφή, επάνω, προσγείωση και απογείωση. Μετατρέπει αυτές τις εντολές σε σήματα για τους κινητήρες του χρησιμοποιώντας πληροφορίες από διάφορους αισθητήρες όπως επιταχυνσιόμετρο και γυροσκόπιο.

Μια άλλη ιδέα είναι να χρησιμοποιηθεί ένα μικρό αυτόνομο ρομπότ που μπορεί να αναγνωρίζει αντικείμενα και να αναζητά τα στοιχεία που τους λείπουν. Μια εφαρμογή ακόμα μπορεί να αφορά τη δημιουργία αβατάρ, όπου ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει το σώμα του αβατάρ ως το δικό του. Η ψευδαίσθηση του να βρίσκεσαι σε ένα διαφορετικό σώμα μπορεί να επιτευχθεί είτε με τη χρήση τεχνητού σώματος είτε με ένα υπερμέγεθες σώμα. Ο κύριος παράγοντας αυτής της ψευδαίσθησης βασίζεται σε δεδομένα από πολλαπλούς αισθητήρες, και ο χρήστης μπορεί να αισθάνεται το άγγιγμα όταν το τεχνητό σώμα του αβατάρ αγγίζεται. Για παράδειγμα, σε ένα πείραμα, το εξεταζόμενο άτομο βρίσκεται ξαπλωμένο σε ένα τραπέζι μαζί με μια βιντεοκάμερα. Στο άλλο τραπέζι βρίσκεται μια κούκλα διαφορετικού μεγέθους. Η κάμερα παρέχει βίντεο για το εξεταζόμενο άτομο και στερεώνεται σε ένα τρίποδο στο σημείο όπου βρίσκεται το κεφάλι της κούκλας. Με αυτόν τον τρόπο, ο χρήστης έχει την αίσθηση ότι κοιτάζει μέσα από το σώμα της κούκλας. Η πολυαισθητηριακή είσοδος δημιουργήθηκε αγγίζοντας το σώμα της κούκλας και ταυτόχρονα

αγγίζοντας το σώμα του στην αντίστοιχη τοποθεσία. Με βάση αυτά τα ευρήματα, θα ήταν δυνατό να δημιουργηθεί μια ψευδαίσθηση ότι ο εξεταζόμενος βρίσκεται στο εσωτερικό του εικονικού ειδώλου. Με αυτόν τον τρόπο, ένας άνθρωπος θα μπορούσε να εξερευνήσει όλο τον κόσμο μέσα από τα μάτια ενός αβατάρ. Με ένα απτικό κοστούμι θα ήταν επίσης εφικτό να "αισθανθεί" τις εικονικές συγκρούσεις που ζει ένα αβατάρ.

## **8. Συμπεράσματα**

Συνολικά, η επαυξημένη και η μεικτή πραγματικότητα αντιπροσωπεύουν έναν σημαντικό επαναστατικό χώρο στον κόσμο της τεχνολογίας και των εφαρμογών. Οι δυνατότητες τους περιλαμβάνουν τη δημιουργία ενιαίων, εκπληκτικών εμπειριών που συνδυάζουν τον ψηφιακό και τον φυσικό κόσμο. Αυτές οι τεχνολογίες έχουν ευρεία εφαρμογή σε διάφορους τομείς και φέρνουν αλλαγές σε πολλούς τομείς της κοινωνίας. Η επαυξημένη πραγματικότητα (Augmented Reality - AR) και η μεικτή πραγματικότητα (Mixed Reality - MR) αντιπροσωπεύουν δύο αναπτυσσόμενες τεχνολογίες που έχουν σημαντικό αντίκτυπο σε πολλούς τομείς. Όσο αναφορά τα χαρακτηριστικά της επαυξημένης πραγματικότητας προσθέτει ψηφιακά στοιχεία στον πραγματικό κόσμο, ενισχύοντας την υφιστάμενη πραγματικότητα, αλλά και αναγνώριση του περιβάλλοντος μέσω κάμερας και αισθητήρων. Στην περίπτωση της διαφήμιση, επιτρέπει την αλληλεπίδραση με διαφημίσεις σε εκτυπώσιμα ή ψηφιακά μέσα, αλλά και στην υγεία την αναπαράσταση ιατρικών εξετάσεων και δεδομένων εντός του ιατρικού περιβάλλοντος. Τέλος, θέτει προκλήσεις όπως, περιορισμένη αντίληψη του περιβάλλοντος και προβλήματα σχετικά με τη συνδεσιμότητα και την απόδοση. Στην μεικτή πραγματικότητα, επιτρέπει την αλληλεπίδραση με ψηφιακά και φυσικά στοιχεία ταυτόχρονα αλλά και ενοποιεί τον εικονικό και τον πραγματικό κόσμο σε ένα ενιαίο περιβάλλον. Η εφαρμογή της συνδέεται άμεσα με την ιατρική που βοηθάει στην χρήση σε χειρουργικές επεμβάσεις με αναπαράσταση του εσωτερικού του ανθρώπινου σώματος. Αλλά και της επιχειρηματικότητας στον σχεδιασμός προϊόντων και συνεργασίας σε

εικονικό χώρο. Ωστόσο, αντιμετωπίζει υψηλότερη πολυπλοκότητα στην υλοποίηση της που την καθιστά πιο απαιτητική στις ανάγκες για προηγμένους υπολογιστικούς πόρους.

Και οι δύο τεχνολογίες προορίζονται να αλλάξουν τον τρόπο που αλληλεπιδρούμε με τον κόσμο και επιτεύγματα όπως η βελτιωμένη εκπαίδευση, η πιο αποτελεσματική επιχειρηματικότητα και η καινοτόμα ψυχαγωγία. Οι προκλήσεις τους αντιμετωπίζονται μέσω συνεχούς εξέλιξης σε υλικό και λογισμικό, ενώ οι τάσεις προβλέπουν μια ακόμα πιο ενοποιημένη εμπειρία με την πάροδο του χρόνου.

## 9. Βιβλιογραφία

1. Evangelia Daggara (2016): Augmented reality and areas of application with emphasis on the psychological dimension of use the use of E.P. systems.
2. Μουστάκας Κ., Παλιόκας Ι., Τσακίρης Α., Τζοβάρας Δ. (2015): Γραφικά και Εικονική Πραγματικότητα
3. Azuma RT. (1997). A survey of augmented reality. Presence 6.4 (1997): 355-385.
4. Caarls J., Jonker P., Kolstee Y., Rotteveel J., 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
5. Caarls J., Jonker P., Kolstee Y., Rotteveel J., 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.
6. Beichel R., Pock T., Janko C. et al. (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.
7. Wikimedia Commons, [Chris.rider81](#), [CC BY 3.0](#))  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LED\\_Sign.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LED_Sign.JPG)

8. Wikimedia Commons, [Evan-Amos](#), Public Domain  
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wiimote-in-Hands.jpg>
  
9. Wikimedia Commons, [The Community-Pop Culture Geek](#), [CC BY 2.0](#)  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CES\\_2012\\_-\\_Microsoft\\_Kinect\\_Star\\_Wars\\_Episode\\_1\\_Podracings\\_\(6764013293\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CES_2012_-_Microsoft_Kinect_Star_Wars_Episode_1_Podracings_(6764013293).jpg)
  
10. [«Virtual Reality Redux»](#). *illuminationgallery.net*. Ανακτήθηκε στις 30 Ιουνίου 2018.
  
11. Caudell T. P. and Mizell, D. W., “*Augmented Reality: An Application of Heads-Up Display Technology to Manual Manufacturing Processes*,” in Proceedings IEEE Hawaii International Conference on Systems Sciences, Page(s) :659-669, 1992.
  
12. Cosco, Francesco; Garre, Carlos; Bruno, Fabio; Muzzupappa, Maurizio; Otaduy, Miguel A. (January 2013). [“Visuo-Haptic Mixed Reality with Unobstructed Tool-Hand Integration”](#). *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. **19** (1):159–172. [doi:10.1109/TVCG.2012.107](#). [ISSN 1941-0506](#). [PMID 22508901](#). [S2CID 2894269](#).
  
13. Minnalearn: <https://courses.minnalearn.com/el/courses/emerging-technologies/extended-reality-vr-ar-mr/introduction-to-extended-reality-ar-vr-and-mr/>
  
14. ΜΠΕΛΛΟΥ ΣΤΕΡΓΙΑΝΗΣ (2022): Σχεδιασμός και Υλοποίηση Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Ιστορία Γ’ Δημοτικού
  
15. Wikimedia Commons, [Kippelboy](#), [CC BY-SA 3.0](#):  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:AR\\_at\\_Pantalla\\_Global\\_Exhibit\\_at\\_CCCB\\_\(14\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:AR_at_Pantalla_Global_Exhibit_at_CCCB_(14).jpg)
  
16. [sankalp](#), Interactive Art and Computational Design, Carnegie Mellon University - [CC BY-NC-SA 3.0](#):  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:AR\\_EdiBear0001390\\_1.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:AR_EdiBear0001390_1.jpg)
  
17. Wikimedia Commons, ownwork, [Okseduard](#), [CC BY-SA 3.0](#):  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:AR\\_EdiBear0001390\\_1.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:AR_EdiBear0001390_1.jpg)



18. Wikimedia Commons, [AtsKurvet](#), ownwork, [CCBY-SA 4.0](#):  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Oculus\\_Rift\\_Development\\_kit\\_2\\_positional\\_tracker.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Oculus_Rift_Development_kit_2_positional_tracker.jpg)
19. Wikimedia Commons, [D. Gordon E. Robertson](#), own work, [CC BY-SA 3.0](#):  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kistler\\_plates.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kistler_plates.jpg)
20. Wikimedia Commons, [Evan-Amos](#), Public Domain:  
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Xbox-One-Kinect.jpg>
21. Wikimedia Commons, [VirtueelPlatform](#), [CCBY-SA 2.0](#):  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:UAR\\_NAi\\_Best\\_Practice\\_Poster.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:UAR_NAi_Best_Practice_Poster.jpg)
22. Wikimedia Commons, [Evan-Amos](#), Public Domain:  
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wiimote-with-Motionplus-Attach.jpg>
23. Wikimedia Commons, [ZeptoBars](#), [CC BY 3.0](#):  
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mpu6050-HD.jpg>
24. Wikimedia Commons, [Bin im Garten](#), [CC BY-SA 3.0](#):  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IFA\\_2010\\_Internationale\\_Funkausstellung\\_Berlin\\_18.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IFA_2010_Internationale_Funkausstellung_Berlin_18.JPG)
25. [Iwan Gabovitch](#) - [CC BY 2.0](#):  
<https://www.flickr.com/photos/qubodup/19209511916>
26. flickr, 'augmented reality with LEGO', [antjeverena](#), [CC BY-SA 2.0](#):  
<https://www.flickr.com/photos/antjeverena/3327157260>
27. Wikimedia Commons, [Kippelboy](#), [CCBY-SA 3.0](#):  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Augmented\\_reality\\_at\\_Museum\\_de\\_Matar%C3%B3\\_linking\\_to\\_Catalan\\_Wikipedia\\_\(18\).JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Augmented_reality_at_Museum_de_Matar%C3%B3_linking_to_Catalan_Wikipedia_(18).JPG)
28. flickr, Microsoft HoloLens, [JorgeFiguerola](#), [CCBY 2.0](#):  
<https://www.flickr.com/photos/jiff01/15867880743>

29. [Steve Mann](http://www.eyetap.org/wearcomp/head-mounted-displays/steve_vr4.jpg), University of Toronto: [http://www.eyetap.org/wearcomp/head-mounted-displays/steve\\_vr4.jpg](http://www.eyetap.org/wearcomp/head-mounted-displays/steve_vr4.jpg)
30. flickr, [Loïc Le Meur](https://www.flickr.com/photos/35468133931@N01/8699901706), [CC BY 2.0](https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/):  
<https://www.flickr.com/photos/35468133931@N01/8699901706>
31. <http://panacea.med.uoa.gr/topic.aspx?id=402>
32. Wang X. (2007). Using Augmented Reality to Plan Virtual Construction Worksite, *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 4(4), pp. 501-512.
33. Ververidis D., Nikolopoulos S., 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
34. Tillon A. B., Marchal I., Houlier P. (2011). Mobile augmented reality in the museum: Can a lace-like technology take you closer to works of art? In *Proceedings of the IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality-Arts, Media, and Humanities (ISMAR-AMH)*, pp. 41-47.
35. Singh P., 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.
36. Sherman, W. R., Craig A. B. (2002). *Understanding virtual reality: Interface, application, and design*, The Morgan Kaufmann Series in Computer Graphics, Morgan Kaufmann.
37. Siltanen S., Oksman V. (2013). User-centered design of augmentedreality interior design service, *International Journal of Arts & Sciences*, 6(1), pp. 547–563.
38. Regenbrecht H., Baratoff G. Wilke W. (2005). Augmented reality projects in the automotive and aerospace industries, *Computer Graphics and Applications-IEEE*, 25(6), pp. 48-56.
39. Özbek C., Giesler B., Dillmann R. (2004). Jedi Training: Playful Evaluation of Head-Mounted Augmented Reality Display Systems. In *Proceedings of the*

40. Olshannikova E., Ometov A., Koucheryavy Y., Olsson T. (2015). Visualizing Big Data with augmented and virtual reality: challenges and research agenda, *Journal of big data*, 2:22, doi:10.1186/s40537-015-0031-2.
41. Oda O., Lister L. J., White S., 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.
42. Mine M. R. (1995). *Virtual environment interaction techniques*. science technical report, University of North Carolina. Chapel Hill, NC.
43. Livingston M. A., Brown D. G., Julier S. J., 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.
44. Livingston M. A., Rosenblum L. J., Julier S. J., Brown D. G., Baillot Y., Swan J. E., Gabbard J. L., Hix D. (2002). *An Augmented Reality System for Military Operations in Urban Terrain*, In *Proceedings of the Interservice / Industry Training, Simulation, & Education Conference (IITSEC '02)*, available online at: [http://www.nrl.navy.mil/itd/imda/sites/www.nrl.navy.mil.itd.imda/files/pdfs/cp\\_IITSEC02.pdf](http://www.nrl.navy.mil/itd/imda/sites/www.nrl.navy.mil.itd.imda/files/pdfs/cp_IITSEC02.pdf)
45. Kim Y. G., Kim W. J. (2014). *Implementation of Augmented Reality System for Smartphone Advertisements*, *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, 9(2), pp.385-392.
46. Kangdon L. (2012). *Augmented Reality in Education and Training*, *TechTrends-Techtrends: Linking Research & Practice to Improve Learning*, 56(2), pp. 13-21.
47. Kaklauskas K., Kutinis M., Kovachev L., Petkov P., Bartkiene L., Jackute I. (2013). *Housing Health and Safety Decision Support System with Augmented Reality*, *Innovation in Medicine Healthcare*, 6(1), pp. 131-143.
48. Holzinger K., Lehner M., Fassold M., 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.

49. Feiner S., MacIntyre B., Hollerer T., 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.
50. Cirulis A., 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.
51. A. Prabhakaran, A. M. L. M., 2022. Understanding the challenges of immersive technology use in the. *Automation in Construction*, Volume 137.
52. F. Dinis, L. S. J. M. κ. N. R., 2020. Improving project communication in the architecture, engineering and. *Journal of Building Engineering*, 30(101287).
53. Bimber O., Encarnação LM., Branco P. (2006). The Extended Virtual Table: An Optical Extension for Table-Like Projection Systems, MIT Press Journal, 10(6), pp. 613–631.
54. Κοκκίνη, Β., 2017. *AUGMENTATION OF USER EXPERIENCE THROUGH THE USE OF HTML5*. Ηράκλειο: Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης Σχολή Τεχνολογικών.