



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΙΚΟΝΙΚΗΣ, ΕΠΑΥΞΗΜΕΝΗΣ ΚΑΙ ΜΕΙΚΤΗΣ  
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ**

Ζούρος Νικόλαος

Επιβλέπων: Γλαβάς Ευριπίδης

Κοσμήτορας, ΔΕΠ Καθηγητής

Άρτα, Ιανουάριος, 2024

**VIRTUAL, AUGMENT AND MIXED REALITY APPLICATIONS IN  
EDUCATION**

## **Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή**

Άρτα, Ημερομηνία

### **ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ**

1. Επιβλέπων καθηγητής

Γλαβάς Ευριπίδης,

2. Μέλος επιτροπής

Τζάλας Αλέξανδρος,

3. Μέλος επιτροπής

Γιαννακέας Νικόλαος,

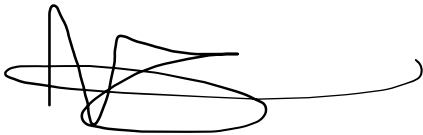
© Ζούρος, Νικόλαος, 2023.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

## Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα πτυχιακή εργασία είναι εξ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μου ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία.

Ζούρος, Νικόλαος



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μια νέα εποχή καθηλωτικών εμπειριών που ξεπερνούν τα συμβατικά όρια έχει εισαχθεί από την πρόοδο της τεχνολογίας της πραγματικότητας. Τα είδη της πραγματικότητας - εικονική πραγματικότητα (VR), επαυξημένη πραγματικότητα (AR) και μικτή πραγματικότητα (MR) - εξετάζονται στην παρούσα έρευνα. Αποκαλύπτουμε παραλληλισμούς και αποκλίσεις μεταξύ της VR και της AR εξετάζοντας την αντίστοιχη ιστορία και τα μοναδικά χαρακτηριστικά τους, ανοίγοντας την πόρτα σε μια ενδελεχή κατανόηση των χρήσεών τους. Στη συνέχεια, η έμφαση μεταφέρεται σε μια ανασκόπηση γνωστών gadgets VR, AR και MR, όπως το Nintendo Wii, το Google Glass, το Microsoft HoloLens, το Oculus Rift S, το Kinect και το HTC Vive. Οι ιδιαίτερες ιδιότητες κάθε γκάτζετ προσθέτουν στο ευρύ φάσμα της τεχνολογίας εμπύθισης.

Έπειτα, εξετάζεται το ευρύ φάσμα των χρήσεων αυτών των τεχνολογιών σε διάφορους κλάδους. Αποκαλύπτουμε την επαναστατική δύναμη των AR, VR και MR, από αρχιτεκτονικές και στρατιωτικές εφαρμογές έως ιατρικές βελτιώσεις και βιομηχανικές περιπτώσεις χρήσης. Οι τεχνολογίες αυτές συμβάλλουν στη βελτίωση των εμπειριών και της εμπλοκής των χρηστών στους τομείς της ψυχαγωγίας και του πολιτισμού.

Εξετάζουμε τα πλεονεκτήματα της χρήσης της επαυξημένης πραγματικότητας (AR) στην εκπαίδευση, δίνοντας έμφαση στις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται, όπως η απόδοση σε πραγματικό χρόνο, η παρακολούθηση και η καταγραφή και οι τεχνολογίες απεικόνισης. Οι εφαρμογές στα μαθηματικά, τη βιολογία, τη φυσική, τη χημεία, την ιστορία, την πληροφορική και τη λογοτεχνία είναι μεταξύ των πολλών θεμάτων που καλύπτονται από τις εφαρμογές.

Η ενσωμάτωση της VR, της AR και της MR στην επιστημονική εκπαίδευση υπογραμμίζει τη σημασία της βιωματικής μάθησης. Τα συνεργατικά και διαδραστικά χαρακτηριστικά αυτών των τεχνολογιών παρέχουν ένα δυναμικό μαθησιακό περιβάλλον που βελτιώνει την κατανόηση και τη συγκράτηση. Αυτή η έρευνα παρέχει μια διεξοδική επισκόπηση του περιβάλλοντος της εμπυθιστικής τεχνολογίας στην εκπαίδευση, φωτίζοντας τις επαναστατικές δυνατότητες και το ευρύ φάσμα χρήσεων της εικονικής, επαυξημένης και μικτής πραγματικότητας.

**Λέξεις-κλειδιά:** Εικονική Πραγματικότητα (VR), Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR), Μικτή Πραγματικότητα (MR), Συσκευές VR,AR & MR, Οφέλη στη μάθηση.

## ABSTRACT

A new era of immersive experiences that transcend conventional boundaries has been ushered in by advances in reality technology. The types of reality - virtual reality (VR), augmented reality (AR) and mixed reality (MR) - are examined in this research. We uncover parallels and divergences between VR and AR by examining their respective histories and unique characteristics, opening the door to a thorough understanding of their uses. The focus then shifts to a review of well-known VR, AR, and MR gadgets, including the Nintendo Wii, Google Glass, Microsoft HoloLens, Oculus Rift S, Kinect, and HTC Vive. The particular properties of each gadget add to the wide range of immersive technology.

Then, the wide range of uses of these technologies in various industries is examined. We reveal the revolutionary power of AR, VR and MR, from architectural and military applications to medical enhancements and industrial use cases. These technologies are helping to improve user experiences and engagement in the fields of entertainment and culture.

We examine the benefits of using augmented reality (AR) in education, with a focus on the technologies used, such as real-time rendering, tracking and recording, and imaging technologies. Applications in mathematics, biology, physics, chemistry, history, computer science and literature are among the many topics covered.

The integration of VR, AR and MR in science education underlines the importance of experiential learning. The collaborative and interactive features of these technologies provide a dynamic learning environment that improves understanding and retention. This research provides a thorough overview of the immersive technology environment in education, illuminating the revolutionary potential and wide range of uses of virtual, augmented and mixed reality.

**Keywords:** Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR), Mixed Reality (MR), VR, AR & MR devices, Benefits in learning.



# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	6
ABSTRACT .....	8
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ .....	9
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	11
Εισαγωγή .....	12
1. Εξέλιξη των τεχνολογιών πραγματικότητας .....	14
1.1. Κατηγορίες πραγματικότητας .....	14
1.2. Εικονική Πραγματικότητα (Virtual Reality) .....	16
1.2.1. Συσκευές και τεχνολογία εικονικής πραγματικότητας .....	18
1.3. Επαυξημένη πραγματικότητα (Augmented Reality) .....	19
1.3.1. Μέθοδοι εικονικού κόσμου AR .....	20
1.3.2. Συσκευές AR.....	20
1.4. Μεικτή Πραγματικότητα .....	21
1.4.1. Συσκευές MR .....	22
1.5. Σύντομα ιστορικά στοιχεία .....	23
1.6. Ομοιότητες και διαφορές Εικονικής με Επαυξημένης πραγματικότητας.....	24
1.6.1. Ομοιότητες .....	24
1.6.2. Διαφορές.....	26
2. Συσκευές Εικονικής/Μεικτής/Επαυξημένης Πραγματικότητας .....	29
2.1. Nintendo Wii.....	29
2.2. Google glass.....	30
2.3. Google Daydream View .....	31
2.4. Microsoft HoloLens .....	32
2.5. Oculus Rift S.....	34

2.6. Kinect.....	36
2.7. HTC Vive.....	39
3. Εφαρμογές .....	41
3.1. Αρχιτεκτονική.....	42
3.2. Στρατιωτικές Εφαρμογές .....	43
3.3. Ιατρική .....	44
3.4. Βιομηχανία και Κατασκευές.....	46
3.4.1. Περιπτώσεις χρήσης AR / VR / MR στη βιομηχανία .....	46
3.5. Ψυχαγωγία – Πολιτισμός.....	48
4. Εφαρμογές AR, VR και MR στην εκπαίδευση .....	51
4.1. Οφέλη από τη χρήση AR στη μαθησιακή διαδικασία.....	51
4.2. Τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται.....	52
4.2.1. Ανίχνευση και εγγραφή (Tracking and registration).....	52
4.2.2. Τεχνολογίες αναπαράστασης (Display technology) .....	52
4.2.3. Απόδοση σε πραγματικό χρόνο (Real time rendering) .....	53
4.3. Εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας.....	54
4.3.1. Μαθηματικά .....	54
4.3.2. Βιολογία .....	55
4.3.3. Φυσική – μηχανική.....	55
4.3.4. Χημεία.....	56
4.3.5. Ιστορία.....	57
4.3.6. Πληροφορική .....	58
4.3.7. Βιβλία.....	59
4.4. Εικονική και επαυξημένη πραγματικότητα στην επιστημονική εκπαίδευση .....	60
4.5. MR στη βιομαθητική μάθηση .....	63
Συμπέρασμα.....	66
Βιβλιογραφία .....	68

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

<i>Εικόνα 1</i> Συσκευές AR/MR/VR.....	21
<i>Εικόνα 2</i> Mixed reality MR .....	22
<i>Εικόνα 3</i> Τεχνολογία VR & AR.....	28
<i>Εικόνα 4</i> Εφαρμογές AR & VR στην Ιατρική .....	45
<i>Εικόνα 5</i> Εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας στην εκπαίδευση .....	59

## Εισαγωγή

Στο πλαίσιο ενός ακατάπαυστα εξελισσόμενου τεχνολογικού τοπίου, οι τομείς της Εικονικής Πραγματικότητας (VR) και της Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR) έχουν απορροφήσει τις γνωστικές μας ικανότητες και έχουν μετασχηματίσει ριζικά τις γνωστικές μας κατασκευές της πραγματικότητας. Αυτές οι πρωτοποριακές τεχνολογίες, μεμονωμένα, έχουν εγκαινιάσει μια νέα εποχή εμπυθιστικών εμπειριών διευρύνοντας τα όρια της δυνατότητας. Ωστόσο, με τη συνεχή πρόοδο της καινοτομίας, μια αρμονική συγχώνευση αυτών των ξεχωριστών πεδίων έχει υλοποιηθεί, καταλήγοντας έτσι στο φαινόμενο που συνήθως αναφέρεται ως Μεικτή Πραγματικότητα (MR). Η συναρπαστική συγχώνευση του απτού και του άυλου, οι εφαρμογές της μικτής πραγματικότητας, ενσωματώνουν μια μετασχηματιστική αλλαγή στους τρόπους εμπλοκής μας τόσο με το φυσικό μας περιβάλλον όσο και με τα ψηφιακά μέσα. Η ενσωμάτωση της φυσικής πραγματικότητας με τις ψηφιακές πληροφορίες μέσω εφαρμογών MR επηρεάζει σημαντικά διάφορες βιομηχανίες, όπως ενδεικτικά την ψυχαγωγία, την εκπαίδευση, την υγειονομική περίθαλψη και τους βιομηχανικούς τομείς. Αυτή η μετασχηματιστική τεχνολογία μας παρέχει μια ματιά σε ένα μέλλον όπου τα όρια μεταξύ τεχνολογίας και πραγματικότητας γίνονται όλο και πιο δυσδιάκριτα (Farshid et al., 2018).

Η εικονική πραγματικότητα (VR) είναι ένα τεχνολογικό μέσο που διευκολύνει την εμπύθιση των χρηστών σε ένα προσομοιωμένο περιβάλλον. Αυτό επιτυγχάνεται συνήθως μέσω της χρήσης μιας οθόνης που τοποθετείται στο κεφάλι, σε συνδυασμό με διάφορες αισθητηριακές τεχνολογίες. Η προαναφερθείσα εμπειρία εμπύθισης μεταφέρει αποτελεσματικά τους χρήστες σε εντελώς εικονικά πεδία, που συχνά περιορίζονται αποκλειστικά από τις δυνατότητες της ανθρώπινης φαντασίας και τις τεχνολογικές δυνατότητες του υλικού που χρησιμοποιείται. Η εικονική πραγματικότητα (VR) έχει χρησιμοποιηθεί σε διάφορους τομείς, όπως η βιομηχανία παιχνιδιών, η αρχιτεκτονική, η θεραπεία και η εκπαίδευση αστροναυτών, προσφέροντας ένα συναρπαστικό μέσο υπέρβασης των περιορισμών που επιβάλλει η φυσική σφαίρα (O'Shiel, 2020).

Αντίθετα, η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) χρησιμεύει για την ενίσχυση του απτού πεδίου μέσω της υπέρθεσης ψηφιακών δεδομένων, που περιλαμβάνουν οπτικά στοιχεία, στοιχεία κειμένου ή τρισδιάστατες οντότητες, στο σωματικό περιβάλλον. Η προβολή της τεχνολογίας επαυξημένης πραγματικότητας (AR) έχει παρατηρηθεί κυρίως μέσω της χρήσης εφαρμογών για smartphones. Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η τεχνολογία αυτή

εκτείνεται πέρα από την απλή χρήση smartphone και περιλαμβάνει φορητές συσκευές, όπως τα έξυπνα γυαλιά. Αυτές οι συσκευές επιτρέπουν στους χρήστες να έχουν απρόσκοπτη πρόσβαση σε πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο μέσα σε ποικίλα περιβάλλοντα. Η έλευση της Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR) έχει αναμφισβήτητα αφήσει μόνιμο αντίκτυπο στην καθημερινότητά μας, διαπερνώντας διάφορους τομείς, από το δημοφιλές κινητό παιχνίδι Pokémon Go μέχρι το πεδίο των βοηθημάτων πλοήγησης και των διαδραστικών εκπαιδευτικών εργαλείων (Kurilovas, 2016).

Παρ' όλα αυτά, είναι μέσα στη συγχώνευση αυτών των δύο παραδειγμάτων, δηλαδή στη σύγκλιση της υλικής και της άυλης σφαίρας, που η Μεικτή Πραγματικότητα (MR) ανακαλύπτει τις θεμελιώδεις καταβολές της. Η αξιοποίηση των εφαρμογών μικτής πραγματικότητας (MR) αξιοποιεί τις συνδυασμένες δυνατότητες της εικονικής πραγματικότητας (VR) και της επαυξημένης πραγματικότητας (AR), διευκολύνοντας την απρόσκοπτη αλληλεπίδραση μεταξύ ψηφιακού περιεχομένου και απτού περιβάλλοντος. Η διαδικασία επίτευξης αυτής της ενοποίησης διευκολύνεται συνήθως με τη χρήση ακουστικών που είναι εξοπλισμένα με προηγμένα συστήματα καμερών, εξελιγμένους αισθητήρες και επεξεργαστές υψηλής απόδοσης. Τα άτομα έχουν τη δυνατότητα να αλληλεπιδρούν με εικονικές οντότητες με τρόπο που προσομοιάζει τη φυσική παρουσία, και αυτές οι ψηφιακές κατασκευές διαθέτουν την ικανότητα να αντιδρούν και να συνυπάρχουν παράλληλα με την απτή σφαίρα με σύγχρονο τρόπο (Farshid et al., 2018).

# 1. Εξέλιξη των τεχνολογιών πραγματικότητας

## 1.1. Κατηγορίες πραγματικότητας

Η Μεικτή Πραγματικότητα (MR), γνωστή και ως υβριδική πραγματικότητα, αποτελεί μια ενδιάμεση κατάσταση μεταξύ της Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR) και της Εικονικής Πραγματικότητας (VR). Στη σφαίρα της μεικτής πραγματικότητας, το εικονικό περιεχόμενο δεν υφίσταται μόνο προβολή εντός του αυθεντικού περιβάλλοντος, όπως η επαυξημένη πραγματικότητα (AR), αλλά επιτυγχάνει μάλλον ενσωμάτωση και αλληλεπίδραση με το εν λόγω περιβάλλον.

Η επαυξημένη πραγματικότητα (AR) αναφέρεται σε μια δυναμική και διαδραστική εμπειρία που περιλαμβάνει το πραγματικό περιβάλλον, όπου χρησιμοποιούνται βελτιώσεις που δημιουργούνται από υπολογιστή για την επαύξηση διαφόρων πτυχών του φυσικού περιβάλλοντος. Οι βελτιώσεις αυτές εκδηλώνονται κυρίως με τη μορφή οπτικών ή ακουστικών στοιχείων, εμπλουτίζοντας έτσι τη συνολική εμπειρία του χρήστη. Η επαυξημένη πραγματικότητα, όπως διατυπώθηκε από τους Soroko και συν. (2020), μπορεί να χαρακτηριστεί εύστοχα ως ένα εξελιγμένο πλαίσιο που συγχωνεύει τις σφαίρες της πραγματικότητας και της εικονικότητας, ενώ ταυτόχρονα διευκολύνει την άμεση εμπλοκή του χρήστη και εξασφαλίζει την ακριβή τρισδιάστατη ευθυγράμμιση μεταξύ εικονικών και πραγματικών οντοτήτων.

Η εικονική πραγματικότητα (VR) αναφέρεται σε μια καθηλωτική και διαδραστική προσομοιωμένη εμπειρία που μπορεί να μοιάζει στενά ή να αποκλίνει σημαντικά από τη φυσική πραγματικότητα. Η εικονική πραγματικότητα (VR) μεταβάλλει δυναμικά την οπτική προοπτική που παρουσιάζεται στο χρήστη σε απόκριση των κινήσεων του κεφαλιού του χρήστη. Ένα άτομο που χρησιμοποιεί συσκευές εικονικής πραγματικότητας διαθέτει την ικανότητα να εξερευνά οπτικά το προσομοιωμένο πεδίο, να πλοηγείται σε αυτό και να εμπλέκεται με εικονικά στοιχεία ή οντότητες (Kurilovas, 2016).

Στη σφαίρα της μεικτής πραγματικότητας, οι χρήστες έχουν τη μοναδική δυνατότητα να αντιλαμβάνονται εικονικά αντικείμενα με τρόπο παρόμοιο με την επαυξημένη πραγματικότητα. Ωστόσο, είναι επιτακτική ανάγκη να σημειωθεί ότι αυτές οι εικονικές οντότητες διαθέτουν την πρόσθετη ικανότητα να συμμετέχουν σε αλληλεπιδράσεις με το φυσικό περιβάλλον. Η μεικτή πραγματικότητα μπορεί να θεωρηθεί ως μια μορφή επαυξημένης

πραγματικότητας που προσφέρει αυξημένα επίπεδα εμπύθισης και διαδραστικότητας. Είναι επιτακτική ανάγκη να αναγνωριστεί ότι απαιτούνται διαφορετικές κατηγορίες συσκευών για τα αντίστοιχα πεδία της επαυξημένης πραγματικότητας (AR) και της εικονικής πραγματικότητας (VR). Κατά παρόμοιο τρόπο, η μεικτή πραγματικότητα απαιτεί τη χρήση ειδικού υλικού.

Η αξιοποίηση της τεχνολογίας MR διευκολύνει την υλοποίηση εμπειριών καθηλωτικής επικοινωνίας, ενισχύοντας έτσι την αποτελεσματικότητα των συνεργατικών προσπαθειών μεταξύ ατόμων. Εντός των ορίων μιας επιχείρησης, το προσωπικό έχει τη δυνατότητα να κοσμεί ακουστικές συσκευές γνωστές ως ακουστικά, επιτρέποντάς τους έτσι να συμμετέχουν σε συνεργατικές προσπάθειες χωρίς να επιβαρύνονται από τους περιορισμούς που επιβάλλει το φυσικό πεδίο. Παρόμοια με την εικονική πραγματικότητα (VR) και την επαυξημένη πραγματικότητα (AR), η μεικτή πραγματικότητα (MR) έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά στον τομέα της εκπαίδευσης. Σε αντίθεση με την εικονική πραγματικότητα (VR), η μεικτή πραγματικότητα (MR) παρέχει στους μαθητές τη μοναδική ευκαιρία να αντιλαμβάνονται και να αλληλεπιδρούν ταυτόχρονα τόσο με το φυσικό πεδίο όσο και με ολογραφικά στοιχεία. Αυτό διευκολύνει τις καθηλωτικές εκπαιδευτικές συναντήσεις και ενισχύει την κατανόηση των ατόμων για τα αντικείμενα σπουδών τους. Η μεικτή πραγματικότητα, μια ευέλικτη τεχνολογία, βρίσκει εφαρμογή σε διάφορους τομείς, μεταξύ άλλων στην εκπαίδευση και την ιατρική κατάρτιση (O'Shiel, 2020).

Η τεχνολογία μεικτής πραγματικότητας διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην ενίσχυση των διαδικασιών παραγωγής στον βιομηχανικό τομέα, προσφέροντας στους εργαζόμενους πολύτιμη βοήθεια σε πραγματικό χρόνο. Το εργατικό δυναμικό είναι εξοπλισμένο με τη δυνατότητα να αντιλαμβάνεται ολογραφικές οδηγίες απευθείας στο οπτικό του πεδίο, εξασφαλίζοντας έτσι μια συνεχή επίγνωση της καθοδήγησης που αφορά συγκεκριμένες εργασίες. Με την εφαρμογή αυτής της προσέγγισης, η πιθανότητα ανθρώπινου λάθους μετριάζεται, οδηγώντας σε σημαντική βελτίωση της συνολικής ποιότητας. Η συντήρηση και οι επισκευές θεωρούνται ιδιαίτερα επωφελείς, ιδίως σε βιομηχανίες που απαιτούν εξειδικευμένες γνώσεις και σχολαστικότητα (Li et al., 2018).

Δεδομένης της ύψιστης σημασίας της εμπύθισης στο πεδίο της εικονικής πραγματικότητας, καθίσταται επιτακτική η ανάγκη θέσπισης ενός καθολικά αναγνωρισμένου και ευρέως αποδεκτού ορισμού της. Η έννοια της εμπύθισης στην εικονική πραγματικότητα αφορά την υποκειμενική εμπειρία του χρήστη να ενσωματώνεται πλήρως σε ένα

προσομοιωμένο περιβάλλον και τον βαθμό στον οποίο επιτυγχάνεται επιτυχώς αυτή η κατάσταση ενσωμάτωσης. Ο σχηματισμός αυτής της αντίληψης διευκολύνεται μέσω της χρήσης διαφόρων τεχνολογικών συσκευών, συμπεριλαμβανομένων, μεταξύ άλλων, των οθονών που τοποθετούνται στο κεφάλι (HMD), των γαντιών και των ακουστικών (Slater, et al., 1994).

## 1.2. Εικονική Πραγματικότητα (Virtual Reality)

Τα τελευταία χρόνια, παρατηρείται μια αξιοσημείωτη αύξηση της ραγδαίας επέκτασης της τεχνολογίας, η οποία περιλαμβάνει τόσο το λογισμικό όσο και το υλικό. Το φαινόμενο αυτό οδήγησε στη βελτίωση και την τελειοποίηση των υπολογιστικών μηχανών και των γραφικών, καθώς ενσωμάτωσαν σταδιακά μια σειρά από νέες τεχνολογίες και περιφερειακά. Μετά από μια περίοδο στασιμότητας, η τελευταία δεκαετία μπορεί να χαρακτηριστεί εύστοχα ως μια περίοδος που χαρακτηρίζεται από την αυξημένη εμπλοκή πολυάριθμων τεχνολογικών επιχειρήσεων στο πεδίο της εικονικής πραγματικότητας. Οι δυνατότητες σε διάφορους τομείς της ανθρώπινης προσπάθειας, από την ψυχαγωγία και τις κονσόλες παιχνιδιών μέχρι επιστημονικούς κλάδους όπως η εκπαίδευση, η αρχιτεκτονική, η ιατρική και η ψυχολογία, είναι αναμφισβήτητα σημαντικές. Η ποσοτικοποίηση του βαθμού στον οποίο η εικονική πραγματικότητα μπορεί να παρέμβει και να βελτιστοποιήσει την καθημερινή μας ζωή παραμένει προς το παρόν απροσδιόριστη. Η επιστημονική κοινότητα, στη φάση της έρευνας, φέρνει διαρκώς στο φως νέες απόψεις και εφαρμογές αυτής της τεχνολογίας (Wohlgenannt et al., 2020).

Η έννοια της εικονικής πραγματικότητας (VR) αφορά τη δημιουργία τρισδιάστατων (3D) περιβαλλόντων που δημιουργούνται από υπολογιστή και στοχεύουν στην αναπαραγωγή της απτής ύπαρξης ενός ατόμου, δίνοντάς του τη δυνατότητα να εμπλακεί με το σύστημα μέσω φυσικών χειρονομιών, ενεργειών και κινήσεων, αντί να στηρίζεται στην εισαγωγή κειμένου ή στο χειρισμό του δρομέα του ποντικιού σε μια γραφική διεπαφή χρήστη.

Η τρέχουσα κατάσταση της τεχνολογικής κατανόησης της εικονικής πραγματικότητας δεν διαθέτει έναν οριστικό και καθολικά αποδεκτό ορισμό. Έχουν γίνει πολυάριθμες προσπάθειες να διασαφηνιστεί αυτή η έννοια, με αποτέλεσμα τον πολλαπλασιασμό των προσεγγίσεων που δημιούργησαν ασάφεια και αμηχανία στον απλό πληθυσμό. Όροι όπως η



εικονική πραγματικότητα, το συνθετικό περιβάλλον και το εικονικό περιβάλλον, οι οποίοι λανθασμένα θεωρούνται από πολλούς ως συνώνυμοι, είναι στην πραγματικότητα διακριτοί μεταξύ τους. Στον διάλογο που ακολουθεί, θα προσπαθήσουμε να αναπτύξουμε μια επιλογή από τις επικρατούσες εξηγήσεις που προσφέρονται για την έννοια της εικονικής πραγματικότητας, όπως διευκρινίζεται από τους Anthes και συν. (2016).

Το άτομο στο οποίο αποδίδεται η επινόηση του όρου με τη σύγχρονη τεχνολογική του έννοια είναι ο Jason Lanier, ο οποίος πέτυχε αυτή τη διάκριση μέσω της συμμετοχής του ως συνιδρυτής της VPL Research. Στο πλαίσιο αυτού του οργανισμού, ο Lanier διαδραμάτισε καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη πρωτοποριακών συστημάτων εικονικής πραγματικότητας, συμπεριλαμβανομένων των γυαλιών VR και των ενσύρματων γαντιών. Ο Lanier (1989) υποστήριξε ότι η εικονική πραγματικότητα μπορεί να οριστεί ως ένα διαδραστικό τρισδιάστατο περιβάλλον που δημιουργείται από υπολογιστή και διευκολύνει μια βαθιά αίσθηση εμπύθισης για τον χρήστη. Εναλλακτικές ερμηνείες της έννοιας έχουν διατυπωθεί από τον M. Kueger (1991), ο οποίος θεωρεί την εικονική πραγματικότητα ως μια εμπειρία εμπύθισης που μεταφέρει άτομα ή ομάδες σε ένα κατασκευασμένο, προσομοιωμένο, εικονικό και υπολογιστικά παραγόμενο περιβάλλον (Kueger, 1993).

Ένας αναθεωρημένος ορισμός υποστηρίζει ότι η εικονική πραγματικότητα περιλαμβάνει την αναπαραγωγή ενός γνήσιου ή φανταστικού περιβάλλοντος, όπου οι χρήστες μπορούν να αντιληφθούν οπτικά και να εμπλακούν με έναν τρισδιάστατο χώρο που περιλαμβάνει πλάτος, ύψος και βάθος. Επιπλέον, αυτή η καθηλωτική εμπειρία μπορεί να περιλαμβάνει διαδραστικά στοιχεία, κίνηση σε πραγματικό χρόνο, ακουστικά ερεθίσματα και απτούς ή εναλλακτικούς τρόπους ανατροφοδότησης.

Η χρήση τυποποιημένης ορολογίας σύμφωνα με τα πρότυπα ορολογίας είναι μια εξαιρετικά κρίσιμη πτυχή για τον μετριασμό της ασάφειας και της σύγχυσης στο πλαίσιο επιστημονικών και τεχνικών προδιαγραφών. Οι επικρατούσες ορολογίες που θα χρησιμοποιηθούν εδώ είναι οι εξής:

- Κράνος εικονικής πραγματικότητας (VR headset, Headed Mounted Display-HMD)
- Επαυξημένη πραγματικότητα (AR:Augmented reality)
- Δέσμευση χρηστών (Engagement)
- Παρουσία (Presence)
- Εμβύθιση (Immersion)

Η προαναφερθείσα τεχνολογία βυθίζει τους χρήστες σε ένα εξ ολοκλήρου εικονικό περιβάλλον που δημιουργείται από ένα υπολογιστικό σύστημα. Το αποκορύφωμα των εμπειριών εικονικής πραγματικότητας περιλαμβάνει την παροχή απεριόριστης κινητικότητας, παρέχοντας έτσι στους χρήστες τη δυνατότητα να διασχίζουν το ψηφιακό πεδίο με ανεμπόδιση ελευθερία και να συμμετέχουν σε διαδραστικές συναντήσεις εντός των ορίων του. Ενδεικτικά, τα άτομα έχουν την ικανότητα να αντιλαμβάνονται και να ερμηνεύουν διάφορα ακουστικά ερεθίσματα ανάλογα με το συγκεκριμένο πλαίσιο στο οποίο βρίσκονται. Στο πεδίο της εικονικής πραγματικότητας, έχει παρατηρηθεί ότι η χρήση διακριτών αισθητήρων χειρός έχει τη δυνατότητα να αυξήσει σημαντικά τη συνολική εμπειρία του χρήστη (Anthes et al., 2016).

Προκειμένου να εμπλακεί ο χρήστης στο πεδίο της εικονικής πραγματικότητας, είναι απαραίτητο να κοσμή στο κρανίο του ένα ξεχωριστά σχεδιασμένο σετ κεφαλής εικονικής πραγματικότητας (VR). Αυτή η εξελιγμένη συσκευή περιλαμβάνει ένα ζεύγος μικροσκοπικών οθονών, μία επιμελώς κατανεμημένη για κάθε οφθαλμικό όργανο, καθώς και ένα σύνολο ακουστικών συσκευών για μια καθηλωτική ακουστική εμπειρία. Η πλειονότητα των ακουστικών εικονικής πραγματικότητας (VR) δημιουργεί σύνδεση είτε με έναν υπολογιστή, όπως το Oculus Rift, είτε με μια κονσόλα παιχνιδιών, όπως το PlayStation VR. Αυτή η σύνδεση επιτρέπει στο ακουστικό VR να παράγει γραφικά και ήχο σε πραγματικό χρόνο, τα οποία στη συνέχεια μεταδίδονται στο ακουστικό VR του χρήστη. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν και ανεξάρτητες συσκευές, με το Google Cardboard να αποτελεί εξέχον παράδειγμα σε αυτόν τον τομέα (Zheng, et al., 1998)

### 1.2.1. Συσκευές και τεχνολογία εικονικής πραγματικότητας

Τα τελευταία χρόνια, ο τομέας της εικονικής πραγματικότητας έχει συγκεντρώσει σημαντική προσοχή από μεγάλες τεχνολογικές οντότητες λόγω της εκθετικής ανάπτυξης των υπολογιστικών και μη υπολογιστικών συστημάτων. Αυτό έχει οδηγήσει σε έξαρση του ενδιαφέροντος από τις οντότητες αυτές, τόσο για την ανάπτυξη συσκευών εικονικής πραγματικότητας όσο και για τη δημιουργία εφαρμογών λογισμικού με ποικίλες εφαρμογές σε διάφορους τομείς. Η εξέλιξη της κονσόλας, η οποία είχε αρχικά σχεδιαστεί για ψυχαγωγικούς σκοπούς, έχει σημειώσει σημαντική στροφή προς τη χρήση της στον τομέα των ιατρικών εφαρμογών.

Το έτος 2010, ο Palmer Luckey, ο οποίος ήταν τότε ένα 16χρονο άτομο, ξεκίνησε την ανάπτυξη ενός ακουστικού εικονικής πραγματικότητας (VR) μέσα στα όρια του γκαράζ των γονιών του. Αυτό το καινοτόμο δημιούργημα, το οποίο προέκυψε από ταπεινό ξεκίνημα, συγκέντρωσε τελικά σημαντική προσοχή και αναγνώριση. Το έτος 2014, ο γνωστός όμιλος κοινωνικών μέσων ενημέρωσης Facebook αναγνώρισε τις τεράστιες δυνατότητες του ακουστικού VR του Luckey και προχώρησε στην εξαγορά του έναντι του σημαντικού ποσού των 2 δισεκατομμυρίων δολαρίων. Μετά από αυτό το γεγονός, ακολούθησε μια ένθερμη επιδίωξη τεχνολογικής υπεροχής μεταξύ διακεκριμένων εταιρικών οντοτήτων όπως το Facebook, η Microsoft, η Sony και άλλες, η καθεμία από τις οποίες ανταγωνίζεται να εξασφαλίσει ένα μέρος αυτού του εκκολαπτόμενου τομέα της αγοράς (Ewalt, 2018).

Τα ακουστικά εικονικής πραγματικότητας (VR) μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κύριες κατηγορίες: τα συνδεδεμένα ακουστικά, τα οποία συνδέονται με εξωτερικές συσκευές μέσω καλωδίων, και τα αυτόνομα ακουστικά, τα οποία λειτουργούν ανεξάρτητα χωρίς την ανάγκη εξωτερικών συνδέσεων. Τα ενσύρματα ακουστικά συνδέονται με ένα σύστημα υπολογιστή, διευκολύνοντας τη μετάδοση τρισδιάστατων οπτικών αναπαραστάσεων υψηλής πιστότητας στο ακουστικό εικονικής πραγματικότητας (VR). Σε αντίθεση με τα αντίστοιχα ενσύρματα ακουστικά, τα αυτόνομα ακουστικά διαθέτουν το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό ότι ενσωματώνουν όλο τον απαραίτητο εξοπλισμό σε μια μοναδική μονάδα, αποφεύγοντας έτσι την ανάγκη άμεσης σύνδεσης με υπολογιστή ή smartphone (Gonçalves & Boas, 2013).

### 1.3. Επαυξημένη πραγματικότητα (Augmented Reality)

Στη σφαίρα της επαυξημένης πραγματικότητας, τα άτομα έχουν τη μοναδική ευκαιρία να αντιληφθούν και να εμπλακούν με τη φυσική σφαίρα, ενώ παράλληλα εκτίθενται στην ενσωμάτωση ψηφιακών στοιχείων που τοποθετούνται απρόσκοπτα πάνω της. Η φυσική πραγματικότητα προβάλλεται σε μια οπτική οθόνη μέσω της χρήσης μιας κάμερας, ενώ συμπληρωματικά ψηφιακά οπτικά στοιχεία τοποθετούνται στην εν λόγω οθόνη.

Το έτος 2016, η Niantic, μια εξέχουσα εταιρεία, παρουσίασε το εξαιρετικά δημοφιλές παιχνίδι Pokemon Go. Το συγκεκριμένο παιχνίδι χρησιμεύει ως μια πεμπτουσία της απεικόνισης της επαυξημένης πραγματικότητας, όπου οι παίκτες είναι σε θέση να αντιλαμβάνονται το άμεσο περιβάλλον τους μέσω του φακού της οθόνης του smartphone τους. Επιπλέον, μέσα σε ορισμένες τοποθεσίες, εικονικές οντότητες που μοιάζουν με μικροσκοπικά

πλάσματα τοποθετούνται πάνω τους, προτρέποντας έτσι τους παίκτες να ξεκινήσουν μια αναζήτηση για τη σύλληψή τους. Αυτό αποτελεί παράδειγμα της επαυξημένης πραγματικότητας στην πιο ζωντανή της έκφανση (Dorward, et al., 2016).

Παρ' όλα αυτά, υπάρχει μια εναλλακτική προσέγγιση για τη λειτουργία της επαυξημένης πραγματικότητας. Με τη χρήση γυαλιών επαυξημένης πραγματικότητας, όπως το περίφημο Google Glass. Τα προαναφερθέντα εξειδικευμένα γυαλιά, σε αντίθεση με τα συμβατικά γυαλιά, ενσωματώνουν μικροσκοπικές οθόνες ενσωματωμένες μέσα σε διαφανείς γυάλινους φακούς. Ο παρατηρητής έχει την ευκαιρία να αντιληφθεί την απτή σφαίρα μέσω του ημιδιαφανούς υαλοπίνακα, ενώ ταυτόχρονα του παρουσιάζονται εικονικές πληροφορίες που προβάλλονται απευθείας στο οπτικό του πεδίο (Knight, et al., 2015)

### 1.3.1. Μέθοδοι εικονικού κόσμου AR

Η επαυξημένη πραγματικότητα είναι ένα νέο τεχνολογικό μέσο και, ως εκ τούτου, οι δυνατότητές της δεν έχουν περιγραφεί λεπτομερώς. Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά της είναι η αλληλεπίδραση και η αλληλεπίδρασή της με τον χρήστη. Θα πρέπει να επισημάνουμε κάποιες σχέσεις μεταξύ τους για μια σωστή εφαρμογή, αυτές είναι οι εξής:

- Χρήστης και εφαρμογή AR
- Μεταξύ των χρηστών μέσω της εφαρμογής
- Εικονικό και πραγματικό περιβάλλον
- Χρήστης και εικονικό περιβάλλον
- Χρήστης και πραγματικό περιβάλλον

Οι σχέσεις που αφορούν τον εικονικό κόσμο αναλύονται ως εξής:

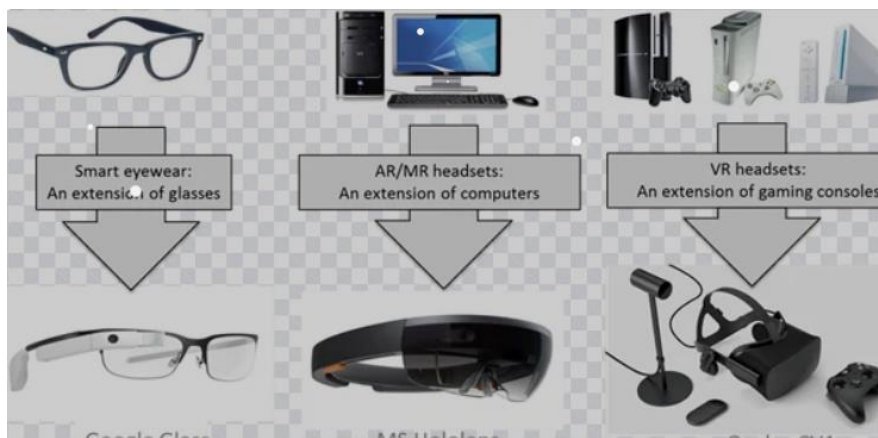
1. Χειρισμός
2. Πλοήγηση
3. Επικοινωνία (Anggara et al., 2021).

### 1.3.2. Συσκευές AR

Υπάρχουν δύο προσεγγίσεις για την ενίσχυση της εμπειρίας AR κάθε ατόμου. Με την AR, οι χρήστες χρησιμοποιούν φορητές συσκευές, έξυπνα γυαλιά και ακουστικά AR και άλλες συσκευές για να ζωντανέψουν τις εμπειρίες.

Η χρήση ακουστικών AR ή έξυπνων γυαλιών είναι το πρώτο βήμα προς τη δημιουργία εμπειριών AR. Σε αντίθεση με τα ακουστικά εικονικής πραγματικότητας, αυτά τα καλύμματα κεφαλής και τα γυαλιά δεν βυθίζουν τους χρήστες σε ένα πλήρως υλοποιημένο εικονικό περιβάλλον, αντίθετα, ενσωματώνουν υπολογιστικά στοιχεία στον πραγματικό κόσμο. Όταν ένα άτομο φοράει γυαλιά, για παράδειγμα, οι εικονικές πληροφορίες εμφανίζονται αμέσως μπροστά στα μάτια του.

Το δεύτερο είναι ένα κινητό gadget. Η AR είναι η κορυφαία ανακάλυψη της ανοικτής πραγματικότητας, επειδή ο καθένας μπορεί να εκτελέσει προγράμματα AR στα tablet ή τα smartphones του. Τα AR apps τοποθετούνται πάνω από τις φωτογραφίες του πραγματικού κόσμου που λαμβάνονται από τις κάμερες των τηλεφώνων σε εικονικά πράγματα. Οι άνθρωποι μπορούν επίσης να δουν τις τροποποιήσεις στη δική τους έξυπνη συσκευή. Για παράδειγμα το Pokémon Go. Παίζοντας αυτό το παιχνίδι, δισεκατομμύρια χρήστες παρακολουθούν τα φανταστικά Pokémon που μπορούν να συλλάβουν στις οθόνες των smartphone τους (Moro, 2017).



Εικόνα 1 Συσκευές AR/MR/VR

#### 1.4. Μεικτή Πραγματικότητα

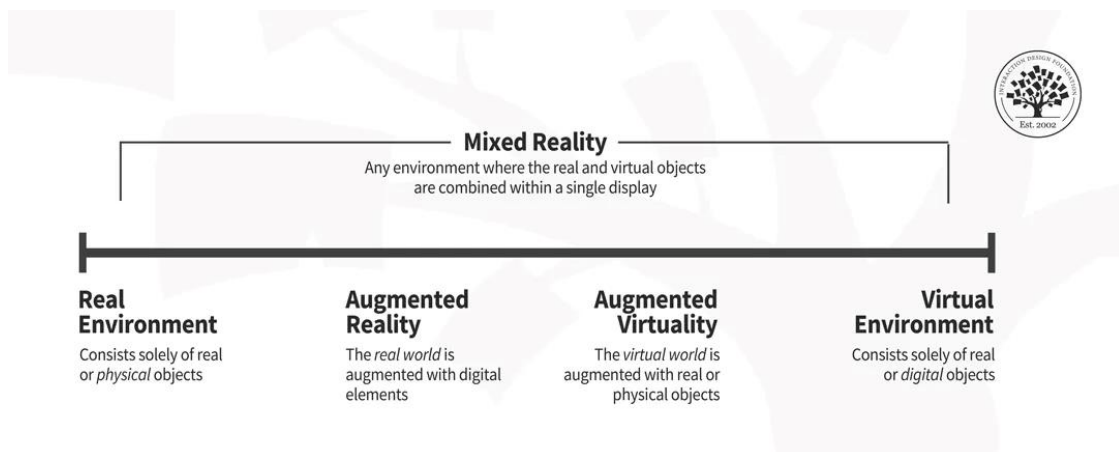
Αποτελεί την τελευταία εξέλιξη στις τεχνολογίες της πραγματικότητας, η οποία μερικές φορές προκαλεί σύγχυση, κυρίως επειδή ο όρος περιλαμβάνει διαφορετικές εμπειρίες. Δύο μορφές τεχνολογιών πραγματικότητας, που αναφέρονται ως μεικτή πραγματικότητα, είναι:

- Η μεικτή πραγματικότητα που ξεκινά από τον πραγματικό κόσμο.

Τα εικονικά αντικείμενα όχι μόνο επικαλύπτονται στον πραγματικό κόσμο, αλλά μπορούν να αλληλεπιδρούν με αυτόν. Στην προκειμένη περίπτωση, ο χρήστης παραμένει στο πραγματικό περιβάλλον, ενώ σε αυτό έχει προστεθεί ψηφιακό περιεχόμενο. Επιπλέον, ένας χρήστης μπορεί να αλληλεπιδράσει με εικονικά αντικείμενα. Αυτή η μορφή μικτής πραγματικότητας μπορεί να θεωρηθεί μια προηγμένη μορφή της AR (Rokhsaritalemi et al., 2020).

- Μεικτή πραγματικότητα με αφετηρία τον εικονικό κόσμο.

Το ψηφιακό περιβάλλον είναι στατικό και αντικαθιστά τον πραγματικό κόσμο. Στην περίπτωση αυτή, ο χρήστης βυθίζεται πλήρως στο εικονικό περιβάλλον, ενώ ο πραγματικός κόσμος αποκλείεται. Μοιάζει με εικονική πραγματικότητα, αλλά δεν είναι, καθώς τα ψηφιακά αντικείμενα επικαλύπτονται με τα πραγματικά, ενώ στη συμβατική εικονική πραγματικότητα το εικονικό περιβάλλον δεν συνδέεται με τον πραγματικό κόσμο γύρω από τον χρήστη (Speicher et al., 2019).



Εικόνα 2 Mixed reality MR

#### 1.4.1. Συσκευές MR

Τα διαφανή γυαλιά φοριούνται με ολογραφικό κάλυμμα κεφαλής, επιτρέποντας στον χρήστη να αντιλαμβάνεται το περιβάλλον του. Τα ολογράμματα δημιουργούν εικονικούς κόσμους. Η Microsoft, για παράδειγμα, παρουσίασε το Microsoft HoloLens το 2016. το διαφανές σύστημα οθόνης κεφαλής HoloLens μπορεί να εμφανίζει τρισδιάστατα ολογράμματα ακριβώς στο καθορισμένο περιβάλλον και να εκτελεί χωρική χαρτογράφηση. Η τεχνολογία εμπύθισης προσφέρει μη διαφανείς οθόνες που εμποδίζουν εντελώς το εξωτερικό περιβάλλον.

Οι κάμερες χρησιμοποιούνται από αυτές τις συσκευές για την παρακολούθηση. Η Acer και η HP, για παράδειγμα, παρέχουν ακουστικά μικτής πραγματικότητας Windows (Microsoft, 2016).

### 1.5. Σύντομα ιστορικά στοιχεία

Η μεικτή πραγματικότητα αποτελεί μια πρωτοποριακή εξέλιξη στο πεδίο της εικονικής πραγματικότητας. Το επόμενο στάδιο πέρα από την επαυξημένη πραγματικότητα περιλαμβάνει τη δυνατότητα του χρήστη να συμμετέχει σε διαδραστικές εμπειρίες με ψηφιακές εικόνες που τοποθετούνται πάνω στο φυσικό περιβάλλον. Το άτομο, φορώντας ένα ζευγάρι εξειδικευμένα γυαλιά, έχει την ικανότητα να αντιλαμβάνεται το φυσικό πεδίο, ενώ ταυτόχρονα επικαλύπτει ψηφιακές εικόνες πάνω του, επιτρέποντας έτσι τη διαδραστική εμπλοκή με τα εν λόγω οπτικά στοιχεία. Η τρέχουσα κατάσταση της τεχνολογίας μεικτής πραγματικότητας χαρακτηρίζεται από την καινοτομία της, με αποτέλεσμα να βρίσκεται σε εξέλιξη η φάση σχεδιασμού και ανάπτυξης για το ευρύ φάσμα των περιπτώσεων χρήσης της.

Οι αρχικές εφαρμογές μεικτής πραγματικότητας, που επικεντρώθηκαν κυρίως σε παιχνίδια εικονικής πραγματικότητας, έδιναν πρωταρχική έμφαση στην εμπλοκή της οπτικής αντίληψης του χρήστη στο πεδίο του εικονικού περιβάλλοντος. Οι χρήστες συμμετείχαν σε αλληλεπιδράσεις εντός του εικονικού περιβάλλοντος, όπου η κινητικότητά τους ήταν περιορισμένη. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι λόγω της έλλειψης φορητότητας του εξοπλισμού, η φυσική μετακίνηση του χρήστη εντός του πραγματικού χώρου δεν ήταν εφικτή (Valente, et al., 2015).

Το Sensorama, που αναπτύχθηκε το 1952, αποτελεί μια πρόιμη εκδήλωση της μεικτής πραγματικότητας, αποτελώντας παράδειγμα σύγκλισης του φυσικού και του εικονικού κόσμου. Η απαρχή αυτού του τεχνολογικού θαύματος εντοπίζεται στο έτος 1956, όταν ο Morton Heilig παρουσίασε ένα πρωτοποριακό δημιούργημα. Αυτή η αξιοσημείωτη εφεύρεση διέθετε πληθώρα χαρακτηριστικών, συμπεριλαμβανομένης μιας στερεοσκοπικής έγχρωμης οθόνης που παρείχε μια τρισδιάστατη οπτική εμπειρία. Επιπλέον, ενσωμάτωσε ανεμιστήρες για την προσομοίωση των ρευμάτων αέρα, εξέπεμπε διάφορες μυρωδιές για να ενισχύσει τη βύθιση, χρησιμοποιούσε στερεοφωνικό ήχο για να περιβάλλει τον χρήστη σε ένα πλούσιο ακουστικό περιβάλλον και διέθετε ακόμη και μια κινούμενη καρέκλα για να ενισχύσει περαιτέρω τη συνολική αισθητηριακή εμπειρία. Αυτό που κατάφερε ήταν η προσομοίωση ενός ταξιδιού με

μοτοσυκλέτα μέσα στο αστικό τοπίο της Νέας Υόρκης (McLellan, 1996). Η αρχική εισαγωγή της συσκευής Head Mounted Display (HMD) μπορεί να αποδοθεί στον Morton Heilig το έτος 1960. Το 1968, ο Ivan Sutherland συνεισέφερε σημαντικά στον τομέα παρουσιάζοντας το Sword of Damocles, ένα καινοτόμο σύστημα Head-Mounted Display (HMD). Το σύστημα αυτό εγκαθίδρυσε σύνδεση με έναν υπολογιστή και πρόβαλλε υποτυπώδη γεωμετρικά σχήματα. Ειδικότερα, η γωνία θέασης αυτών των σχημάτων ρυθμιζόταν δυναμικά με βάση τις κινήσεις του κεφαλιού του χρήστη. Κατά συνέπεια, αυτή η πρωτοποριακή εξέλιξη μπορεί να θεωρηθεί ως μία από τις πρώτες περιπτώσεις εικονικών περιβαλλόντων (Chen et al., 2017).

Το 1982, οι Sandin και Defanti πρωτοστάτησαν με επιτυχία στην ανάπτυξη των πρώτων γαντιών εικονικής πραγματικότητας. Τα γάντια χρησιμοποιούσαν φωτοδιόδους και φωτοαισθητήρες για την παρακολούθηση και την καταγραφή των κινήσεων των δακτύλων. Αυτό σηματοδότησε την απαρχή της αναγνώρισης χειρονομιών. Το έτος 1994, η αξιολογημένη επιχείρηση βιντεοπαιχνιδιών SEGA παρουσίασε το πρωτοποριακό SEGA VR-1, πρωτοπορώντας έτσι στο πεδίο της εικονικής πραγματικότητας στον τομέα των βιντεοπαιχνιδιών. Από το έτος 2014 έως και σήμερα ένα πλήθος εταιρειών, συμπεριλαμβανομένων των Facebook, Oculus, Sony, Google, Samsung, HTC, μεταξύ άλλων, ασχολούνται με την παραγωγή οθονών που τοποθετούνται στο κεφάλι (Head-Mounted Displays - HMDs) και έχουν σχεδιαστεί για την εικονική πραγματικότητα (VR). Αυτή η τεχνολογία έχει σημειώσει σημαντικές εξελίξεις και χρησιμοποιείται σήμερα σε διάφορους τομείς, περιλαμβάνοντας βιντεοπαιχνίδια, θεραπευτικές παρεμβάσεις για ψυχολογικές διαταραχές, εκπαιδευτικούς σκοπούς για την απόκτηση νέων ικανοτήτων, προσομοιωμένες εμπειρίες μεταφοράς για ασθενείς και μια σειρά άλλων εφαρμογών (El Miedany, 2018).

## 1.6. Ομοιότητες και διαφορές Εικονικής με Επαυξημένης πραγματικότητας

### 1.6.1. Ομοιότητες

Στη σύγχρονη κοινωνία δεν υπάρχει ευρεία ευαισθητοποίηση όσον αφορά τη διάκριση μεταξύ των δύο αυτών τεχνολογιών. Η εικονική και η επαυξημένη πραγματικότητα είναι τεχνολογίες ζωτικής σημασίας για την εκδήλωση της εικονικής πρωτοτυπίας. Οι διεπαφές χρήστη σε έναν εικονικό χώρο σχεδιασμού χαρακτηρίζονται από την ευκολία κατανόησής τους και χρησιμεύουν στην ενίσχυση των λειτουργικών δυνατοτήτων ενός νέου προϊόντος. Η πρώτη



μπορεί να θεωρηθεί ως παραλλαγή της δεύτερης, ενώ η δεύτερη μπορεί να θεωρηθεί ως εξέλιξη ή επέκταση της πρώτης. Η γένεση του παραδείγματος της επαυξημένης πραγματικότητας μπορεί να αναχθεί στις εννοιολογικές του καταβολές στο πεδίο της εικονικής πραγματικότητας. Τόσο η εικονική πραγματικότητα (VR) όσο και η επαυξημένη πραγματικότητα (AR) έχουν έναν κοινό στόχο, ο οποίος είναι η πλήρης εμπλοκή του χρήστη σε ένα προσομοιωμένο περιβάλλον. Ωστόσο, οι δύο αυτές τεχνολογίες επιτυγχάνουν αυτόν τον στόχο μέσω διαφορετικών προσεγγίσεων, όπως αναλύεται στην ανάλυση που ακολουθεί (Keighrey et al., 2021).

Η εικονική πραγματικότητα (VR) αναφέρεται σε ένα καθηλωτικό περιβάλλον που δημιουργείται από υπολογιστή και περιλαμβάνει τρεις διαστάσεις, επιτρέποντας στους χρήστες να εμπλακούν και να χειριστούν μια ζωντανή αναπαράσταση ενός συγκεκριμένου προϊόντος σε πραγματικό χρόνο. Η επαυξημένη πραγματικότητα υπερβαίνει αυτό το στάδιο, δηλαδή, ενισχύει την αντιληπτική εμπειρία του χρήστη από το φυσικό περιβάλλον, ενσωματώνοντας εικονικά αντικείμενα που τοποθετούνται με ακρίβεια σύμφωνα με την προοπτική προβολή του χρήστη (Pham & Stuerzlinger, 2019).

Και οι δύο αυτές τεχνολογίες στοχεύουν να παρουσιάσουν το επιθυμητό προϊόν με ιδιαίτερα ρεαλιστικό τρόπο, αξιοποιώντας τεχνολογικές εξελίξεις αιχμής που επιτρέπουν στους χρήστες να βυθίζονται στο εικονικό περιβάλλον με την αίσθηση της αυθεντικότητας. Οι προαναφερθείσες τεχνολογίες αξιοποιούνται ομοιόμορφα, διευκολύνοντας έτσι μια αυξημένη και επαυξημένη εμπειρία χρήστη. Επιπλέον, αξίζει να αναφερθεί ότι και οι δύο αυτές εμπειρίες εξυπηρετούν τον σκοπό της ψυχαγωγίας. Ιστορικά, η αξιοποίηση των τεχνητών κόσμων περιοριζόταν κυρίως στη σφαίρα της λογοτεχνικής επιστημονικής φαντασίας. Ωστόσο, οι σύγχρονες εξελίξεις διευκόλυναν την εμφάνιση δύο νέων τεχνητών κόσμων που μπορούν να χειριστούν από τους χρήστες, προσφέροντας αυξημένα επίπεδα εμπλοκής με τη φυσική πραγματικότητα (Keighrey et al., 2021).

Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι οι εξελίξεις αυτές διαθέτουν τεράστιες δυνατότητες να φέρουν επανάσταση στην τρέχουσα κατάσταση του ιατρικού τομέα. Έχουν συμβάλει στην πρόοδο των χειρουργικών επεμβάσεων, καθώς και στις θεραπευτικές παρεμβάσεις για ψυχολογικές καταστάσεις, όπως η διαταραχή μετατραυματικού στρες (PTSD) (Augment, 2015). Από υπολογιστική άποψη, οι δύο διαφορετικές πραγματικότητες παρουσιάζουν ένα ορισμένο επίπεδο πολυπλοκότητας, καθώς για την προβολή τους απαιτείται η ακριβής και αληθοφανής απόδοση τρισδιάστατων γραφικών. Κατά συνέπεια, το γνωστικό έργο της

επεξεργασίας γίνεται όλο και πιο επίπονο, με παράλληλη μείωση της ικανότητας της μνήμης για τις διάφορες εφαρμογές. Οι εφαρμογές λογισμικού παρουσιάζουν σημαντικό υπολογιστικό φόρτο και παρουσιάζουν μια μη τετριμμένη διεπαφή για την πλοήγηση των χρηστών. Ως εκ τούτου, είναι επιτακτική η ανάγκη προμήθειας κατάλληλων συσκευών που διαθέτουν την απαραίτητη ικανότητα για τον αποτελεσματικό χειρισμό των λειτουργιών των προγραμμάτων. Η αρχή αυτή, αναμφίβολα, επεκτείνεται και στους υπολογιστές, καθώς και αυτοί απαιτούν τις απαιτούμενες συνθήκες για την εκτέλεση και την έκθεση των αντίστοιχων προγραμμάτων (Milman, 2018).

Οι τεχνολογίες εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας επιδιώκουν να καθηλώσουν τον χρήστη μέσα σε ένα προσομοιωμένο ή αυθεντικό περιβάλλον, με απώτερο στόχο την ενίσχυση της βιωματικής εμπύθισης του χρήστη. Αυτό επιτυγχάνεται κυρίως μέσω της επαύξησης του οπτικού πεδίου, χρησιμοποιώντας κατά κύριο λόγο τρισδιάστατα γραφικά. Η συμβιωτική σχέση μεταξύ διαφορετικών τεχνολογιών είναι εμφανής στην περίπτωση της εικονικής πραγματικότητας και της επαυξημένης πραγματικότητας, με τη δεύτερη να λειτουργεί ως προοδευτική επανάληψη και επέκταση της πρώτης. Και οι δύο τεχνολογίες χρησιμεύουν στην ενίσχυση της ψυχαγωγικής εμπειρίας του χρήστη παρέχοντας ένα εικονικό και καινοτόμο περιβάλλον. Η αξιοποίηση προηγμένων τεχνολογικών μέσων χρησιμοποιείται με σκοπό την απόδοση ψηφιακών εικόνων ή συμπληρωματικών δεδομένων. Οι τεχνολογίες εικονικής πραγματικότητας (VR) και επαυξημένης πραγματικότητας (AR) έχουν βρει ευρείες εφαρμογές σε διάφορους τομείς, μεταξύ άλλων στην ιατρική, στην εκπαίδευση που απευθύνεται σε άτομα με μαθησιακές δυσκολίες και στις στρατιωτικές επιχειρήσεις, με πρωταρχικό στόχο την ενίσχυση της αποτελεσματικότητας περίπλοκων εργασιών. Επιπλέον, είναι αξιοσημείωτο να αναφερθεί ότι μπορεί να γίνει ένας παραλληλισμός μεταξύ αυτών των δύο τεχνολογιών, καθώς και οι δύο παρουσιάζουν τον περιορισμό ότι δεν μπορούν να αντικαταστήσουν πλήρως την απτή αλληλεπίδραση καταναλωτή-προϊόντος που διευκολύνεται από τις προσωπικές αγοραστικές εμπειρίες (Pantano et al., 2017).

### 1.6.2. Διαφορές

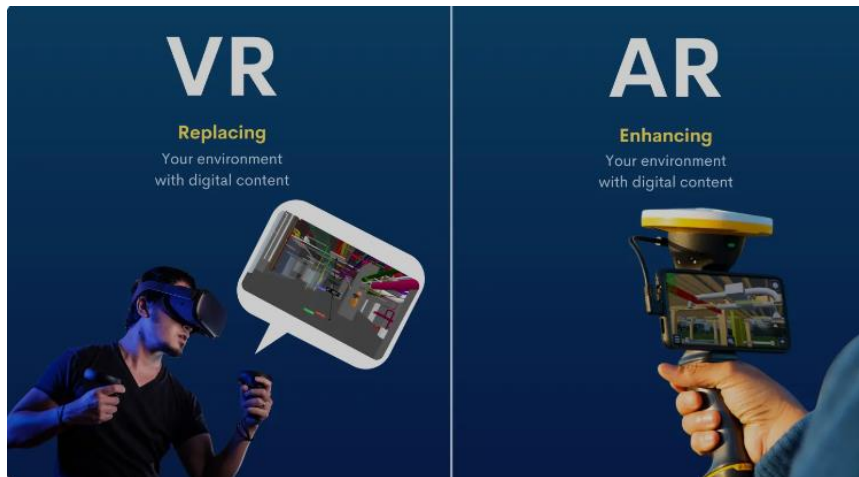
Η εικονική πραγματικότητα είναι ένα εξαιρετικό παράδειγμα υπερ-πραγματικότητας που συνήθως περιλαμβάνει τη χρήση υπολογιστικών μηχανημάτων ή άλλων ισχυρών συσκευών για την κατασκευή περίπλοκων περιβαλλόντων. Η εικονική πραγματικότητα,

σύμφωνα με τον εγγενή ορισμό της, εξαρτάται από τη χρήση προσομοιωμένων περιβαλλόντων. Η διχοτόμηση μεταξύ της εικονικής και της επαυξημένης πραγματικότητας εκδηλώνεται με τα αντίθετα χαρακτηριστικά τους, με την πρώτη να στερείται διαδραστικότητας και τη δεύτερη να την ενσωματώνει. Αντίθετα, τα μέσα εικονικής πραγματικότητας διαθέτουν μια προκαθορισμένη φύση που τα διακρίνει από άλλες μορφές μέσων. Σε αντίθεση με την εικονική πραγματικότητα (VR), η επαυξημένη πραγματικότητα (AR) χρησιμεύει στην ενίσχυση του περιβάλλοντος με την ενσωμάτωση απτών στοιχείων, επιτρέποντας στον χρήστη να εμπλακεί με τον φυσικό κόσμο και ταυτόχρονα να έχει πρόσβαση σε συμπληρωματικές πληροφορίες μέσω της χρήσης διαφόρων συσκευών ή λογισμικού, όπως αναλύουν οι Oh και Bailenson (2017).

Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι ο εξοπλισμός επαυξημένης πραγματικότητας εμφανίζει συνήθως μικρότερο βαθμό απαιτήσεων σε επεξεργαστική ισχύ, όταν αντιπαραβάλλεται με την τεχνολογία εικονικής πραγματικότητας. Ο λόγος αυτής της διάκρισης έγκειται στο γεγονός ότι η επαυξημένη πραγματικότητα (AR) εισάγει πρόσθετα στοιχεία σε ένα καθιερωμένο περιβάλλον, ενώ η εικονική πραγματικότητα (VR) κατασκευάζει εξ ολοκλήρου έναν φανταστικό κόσμο. Στη σφαίρα της επαυξημένης πραγματικότητας, ο χρήστης εμπλουτίζει ενεργά το περιβάλλον του, ενσωματώνοντας απρόσκοπτα υλικά και άυλα στοιχεία, τόσο αυθεντικά όσο και προσομοιωμένα, στο φυσικό πεδίο. Σε πλήρη αντίθεση, στη σφαίρα της εικονικής πραγματικότητας, ο χρήστης βυθίζεται πλήρως σε ένα περίτεχνα κατασκευασμένο τεχνητό περιβάλλον, αποκόπτοντας έτσι κάθε δεσμό με την απτή σφαίρα της πραγματικότητας. Η εικονική πραγματικότητα απαιτεί την αξιοποίηση προηγμένων τεχνολογικών δυνατοτήτων, ιδίως στον τομέα της επαυξημένης πραγματικότητας, προκειμένου να δημιουργηθεί ένα εικονικό περιβάλλον που προσομοιάζει στενά στην πραγματικότητα και διευκολύνει την εμπλοκή και την αλληλεπίδραση του χρήστη. Η επαυξημένη πραγματικότητα λειτουργεί κυρίως με την αξιοποίηση αισθητήρων για τη συλλογή δεδομένων από το φυσικό περιβάλλον, σε αντίθεση με την εικονική πραγματικότητα, η οποία υπάρχει κυρίως στη σφαίρα της φαντασίας και, ως εκ τούτου, δεν βασίζεται σε μεγάλο βαθμό σε τέτοια συστήματα (Huang et al., 2019).

Τελικά, η οικονομική επένδυση που απαιτείται για την εφαρμογή της επαυξημένης πραγματικότητας είναι συγκριτικά χαμηλότερη σε σύγκριση με την εικονική πραγματικότητα. Για την ενασχόληση με την επαυξημένη πραγματικότητα, η κατοχή μιας κινητής συσκευής ή ενός tablet κρίνεται επαρκής. Η εικονική πραγματικότητα (VR), αντίθετα, απαιτεί τη χρήση εξειδικευμένων και συγκριτικά πιο δαπανηρών συσκευών, όπως ακουστικά και

τηλεχειριστήρια χειρός. Ως αποτέλεσμα, μπορεί να συναχθεί ότι η χρήση της τεχνολογίας επαυξημένης πραγματικότητας (AR) αγκαλιάζεται ευκολότερα από τον ευρύτερο πληθυσμό σε σύγκριση με την εικονική πραγματικότητα (VR) (Oh & Bailenson, 2017).



Εικόνα 3 Τεχνολογία VR & AR

## 2. Συσκευές Εικονικής/Μεικτής/Επαυξημένης Πραγματικότητας

Τα τελευταία χρόνια, ένα πλήθος συσκευών εικονικής/μεικτής/επαυξημένης πραγματικότητας έχουν κυκλοφορήσει με επιτυχία στην αγορά, καθώς διάφορες εταιρείες συμμετέχουν σε έναν ανταγωνιστικό αγώνα για την ανάπτυξη ανώτερου υλικού, που περιλαμβάνει πτυχές όπως η χρηστικότητα, η εργονομία και άλλα χαρακτηριστικά. Η παρακάτω συλλογή παρουσιάζει τις πιο ευρέως αποδεκτές συσκευές πραγματικότητας.

### 2.1. Nintendo Wii

Το Nintendo Wii, μια εγχώρια κονσόλα βιντεοπαιχνιδιών, αναπτύχθηκε σχολαστικά και στη συνέχεια κυκλοφόρησε από την αξιολογημένη εταιρεία Nintendo το έτος 2006. Ο κύριος τρόπος ελέγχου της κονσόλας παιχνιδιών Wii διευκολύνεται μέσω της χρήσης του Wii Remote, ενός ασύρματου χειριστηρίου εξοπλισμένου με δυνατότητες ανίχνευσης κίνησης. Επιπλέον, διατίθενται και με παραδοσιακά χειριστήρια, τα οποία μπορούν να λειτουργήσουν ως συσκευές κατάδειξης που κατευθύνονται προς την οθόνη της τηλεόρασης ή με σκοπό την αναγνώριση χειρονομιών. Σε διάστημα ενός έτους μετά την αρχική του κυκλοφορία, το Wii αναδείχθηκε ως ο κατεξοχήν πρωτοπόρος στις πωλήσεις μεταξύ των σύγχρονων αντίστοιχων κονσολών βιντεοπαιχνιδιών, ξεπερνώντας τελικά το αξιοσημείωτο ορόσημο των 100 εκατομμυρίων πωληθέντων μονάδων μέχρι το 2013. Η έλευση των παιχνιδιών που ελέγχονται από την κίνηση μέσω της χρήσης του τηλεχειριστηρίου Wii ώθησε τόσο τη Microsoft όσο και τη Sony να ξεκινήσουν την ανάπτυξη των δικών τους αντίστοιχων ανταγωνιστικών προτάσεων, δηλαδή του Kinect και του PlayStation Move (Crocetta et al., 2015).

Το Wii Remote χρησιμεύει ως το κύριο χειριστήριο για την κονσόλα παιχνιδιών. Το τηλεχειριστήριο είναι εξοπλισμένο με ένα τρισδιάστατο επιταχυνσιόμετρο και αισθητήρες ανίχνευσης υπερύθρων που είναι τοποθετημένοι στα άκρα του χειριστηρίου. Η χρήση των επιταχυνσιόμετρων στο εσωτερικό του Wii Remote διευκολύνει τον προσδιορισμό του χωρικού προσανατολισμού του μετά από μετατόπιση από κατάσταση ηρεμίας, επιτρέποντας έτσι τη μετάφραση της εν λόγω μετατόπισης σε αναγνώριση χειρονομιών για τους σκοπούς του παιχνιδιού. Η χρησιμοποίηση αισθητήρων υπερύθρων, σε συνδυασμό με μια μπάρα αισθητήρων τοποθετημένη είτε πάνω είτε κάτω από την οθόνη της τηλεόρασης, διευκολύνει

την παρακολούθηση του σχετικού προσανατολισμού του τηλεχειριστηρίου Wii σε σχέση με την οθόνη. Το τηλεχειριστήριο Wii Remote είναι προικισμένο με την ικανότητα να λειτουργεί ως συσκευή δείξης που μοιάζει με ποντίκι υπολογιστή στην οθόνη της τηλεόρασης, καλύπτοντας μια χωρική έκταση περίπου 5 μέτρων (Leventhal, 2009).

## 2.2. Google glass

Το Google Glass είναι μια τεχνολογικά προηγμένη φορητή συσκευή που περιλαμβάνει ένα ζευγάρι γυαλιά, το οποίο διαθέτει μια οπτική οθόνη που είναι στρατηγικά τοποθετημένη στην κορυφή του κρανίου και είναι επιμελώς διαμορφωμένη ώστε να μοιάζει με ένα συμβατικό ζευγάρι γυαλιά. Το κοινό είχε πρόσβαση στις υπηρεσίες της Google τους πρώτους μήνες του 2014. Το έτος 2015, η Google έλαβε την απόφαση να διακόψει την παραγωγή της αρχικής έκδοσης του Google Glass. Στη συνέχεια, στα μέσα του 2017, η Google παρουσίασε το Google Glass Enterprise Edition, μια παραλλαγή που προορίζεται αποκλειστικά για χρήση από επιχειρηματικούς φορείς (Rehman & Cao, 2016).

Η βιβλιογραφία έχει ήδη δημοσιευτεί και είναι προσβάσιμη για κατανάλωση μέσω του Google Glass, είτε στην παραδοσιακή έντυπη μορφή της είτε εμπλουτισμένη με στοιχεία πολυμέσων. Ο χειρισμός του Google Glass διευκολύνεται μέσω της χρήσης ενός touchpad που είναι βολικά ενσωματωμένο στην πλευρική όψη της συσκευής. Η συσκευή παρουσιάζει τη δυνατότητα λήψης φωτογραφιών με ανάλυση 8 megapixel, καθώς και εγγραφής βίντεο υψηλής ευκρίνειας με ανάλυση 720p.

Εκτός από το touchpad, αξίζει να σημειωθεί ότι το Google Glass μπορεί να λειτουργήσει αποκλειστικά μέσω της χρήσης φωνητικών εντολών. Προκειμένου να ξεκινήσει η λειτουργία του Glass, τα άτομα πρέπει να κάνουν μια κλίση του κρανίου τους κατά 30° προς τα πάνω ή εναλλακτικά, να χρησιμοποιήσουν ένα ελαφρύ χτύπημα στο touchpad, ενώ παράλληλα να εκφωνήσουν ακουστικά τη φράση "OK, Glass". Μόλις ενεργοποιηθεί το Glass, οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να δίνουν φωνητικές εντολές για την έναρξη διαφόρων ενεργειών, συμπεριλαμβανομένων, μεταξύ άλλων, εργασιών όπως η λήψη μιας φωτογραφίας, η εγγραφή ενός βίντεο ή η λήψη οδηγιών για τον Πύργο του Άιφελ. Μια από τις αναρίθμητες εφαρμογές του Google Glass βρίσκεται στον τομέα της ιατρικής, όπου διευκολύνει τη μετάδοση βίντεο σε πραγματικό χρόνο κατά τη διάρκεια μιας διαβούλευσης με τον ασθενή,

καταγράφοντας έτσι την περίπλοκη δυναμική μεταξύ του γιατρού και του ασθενούς. Αυτή η τεχνολογική εξέλιξη επιτρέπει στους ιατρούς να στρέψουν την αμέριστη προσοχή τους στον ασθενή, χωρίς να επιβαρύνονται από την ανάγκη τεκμηρίωσης της αλληλεπίδρασης (Rehman & Cao, 2016).

Πρόσθετες πολύτιμες εφαρμογές του Google Glass στον τομέα της ιατρικής περιλαμβάνουν την τεκμηρίωση των βίντεο ανοικτής ακρόασης μέσω δυνατοτήτων φωτογραφίας και βίντεο, τη διευκόλυνση των υπηρεσιών τηλεϊατρικής, την απρόσκοπτη ανάκτηση και εισαγωγή ηλεκτρονικών φακέλων υγείας, την ταχεία ανάλυση διαγνωστικών εξετάσεων, εκπαιδευτικούς σκοπούς και τη ροή ιατρικών διαδικασιών σε πραγματικό χρόνο (Mitrasinovic, et al., 2015).

### 2.3. Google Daydream View

Το Google Daydream, μια συσκευή εικονικής πραγματικότητας (VR), σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε από τον αξιόλογο τεχνολογικό όμιλο Google το έτος 2016. Μέσα σε αυτή τη συσκευή, ο χρήστης τοποθετεί στρατηγικά ένα τεχνολογικά προηγμένο κινητό τηλέφωνο με εξειδικευμένο τρόπο. Εκτελώντας μια αντίστοιχη εφαρμογή λογισμικού, μεταδίδει στον χρήστη την αντιληπτική εμπειρία μιας τρισδιάστατης οπτικής αναπαράστασης. Σύμφωνα με τον Keene (2018), είναι επιβεβλημένη η αποκλειστική χρήση τηλεφώνων που προσκολλώνται στο λειτουργικό σύστημα Android, ικανοποιώντας παράλληλα τις προβλεπόμενες προϋποθέσεις λογισμικού και υλικού της εν λόγω πλατφόρμας.

Το Daydream αποτέλεσε την επόμενη επέλαση της Google στο χώρο της εικονικής πραγματικότητας, μετά την έλευση του Cardboard. Το Cardboard, μια οικονομικά αποδοτική συσκευή κατασκευασμένη κυρίως από χαρτόνι, σχεδιάστηκε με σκοπό να προωθήσει τη συμμετοχή των χρηστών στη σφαίρα της εικονικής πραγματικότητας. Τον μήνα Οκτώβριο του έτους 2019, η Google προέβη σε δημόσια δήλωση σχετικά με τη διακοπή της συσκευής Daydream View. Αν και το Cardboard δεν είχε τη δυνατότητα ανίχνευσης των κινήσεων του χρήστη μέσω αισθητήρων, το Daydream, όπως περιγράφεται από τους Richardson και συν. (2018), ενσωμάτωσε έναν νέο αλγόριθμο εντοπισμού του κεφαλιού που συγχώνευε δεδομένα από πολλαπλούς αισθητήρες που ήταν ενσωματωμένοι στη συσκευή.

Το Daydream διευκολύνει την εμπλοκή του χρήστη με εφαρμογές που υποστηρίζουν την εικονική πραγματικότητα, συμπεριλαμβανομένων, μεταξύ άλλων, των YouTube, Google Maps Street View, Google Play Movies & TV και Google Photos, παρέχοντας έτσι μια καθηλωτική και συναρπαστική οπτική συνάντηση. Η Google έχει προσλάβει τις υπηρεσίες καταξιωμένων επιχειρήσεων πολυμέσων, συμπεριλαμβανομένων των Netflix και Ubisoft, για να αναλάβουν την ανάπτυξη εφαρμογών ψυχαγωγίας που είναι προσαρμοσμένες αποκλειστικά για την πλατφόρμα Daydream.

Η συσκευή Google Daydream συνοδεύεται από ένα ασύρματο χειριστήριο. Το προαναφερθέν χειριστήριο διαθέτει τη δυνατότητα αλληλεπίδρασης με την εικονική σφαίρα μέσω της ενεργοποίησης κουμπιών ή μέσω της κίνησης της ίδιας της συσκευής. Η αξιοποίηση ενσωματωμένων αισθητήρων διευκολύνει την παρακολούθηση του προσανατολισμού του χειριστηρίου και την εκτίμηση της θέσης του χεριού του χρήστη (Keene, 2018).

Στις δεκαπέντε Οκτωβρίου του έτους 2019, η Google προέβη σε μια δημόσια δήλωση στην οποία ανέφερε την απόφασή της να διακόψει την εμπορική διάθεση των ακουστικών Daydream View. Η εταιρεία, στην επίσημη δήλωσή της, παρατήρησε με οξυδέρκεια ορισμένους διακριτούς περιορισμούς που εμποδίζουν τη δυνατότητα υλοποίησης της εικονικής πραγματικότητας μέσω smartphone ως βιώσιμης και διαρκούς λύσης. Πρωτίστως, η πράξη του να ζητείται από τους χρήστες να τοποθετήσουν τα κινητά τους τηλέφωνα σε μια συσκευή εικονικής πραγματικότητας (VR), παραιτούμενοι έτσι από την πρόσβασή τους στις εφαρμογές που χρησιμοποιούν τακτικά κατά τη διάρκεια της ημέρας, δημιουργεί σημαντικό βαθμό αντίστασης και παρεμπόδισης (Richardson et al., 2018).

## 2.4. Microsoft HoloLens

Το Microsoft HoloLens αντιπροσωπεύει ένα ζευγάρι έξυπνων γυαλιών που έχουν κατασκευαστεί με λεπτομέρεια και δημιουργήθηκε από την αξιόλογη εταιρεία τεχνολογίας, τη Microsoft, το έτος 2016. Αυτά τα έξυπνα γυαλιά, γνωστά για τις δυνατότητες μικτής πραγματικότητας, προσφέρουν στους χρήστες μια μοναδική και καθηλωτική εμπειρία. Το HoloLens, που είναι η πρώτη συσκευή με οθόνη που τοποθετείται στο κεφάλι (HMD), λειτουργεί χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα Windows Mixed Reality, η οποία σχεδιάστηκε ειδικά για να λειτουργεί στο λειτουργικό σύστημα Windows 10.



Η πρόσθια περιοχή της συσκευής φιλοξενεί ένα πλήθος αισθητήρων και το αντίστοιχο υλικό τους, που περιλαμβάνει επεξεργαστές, κάμερες και φακούς προβολής. Η προσωπίδα διαθέτει ένα χρωματιστό χαρακτηριστικό και περιλαμβάνει ένα σύνολο διαφανών συνδυαστικών φακών, πάνω στους οποίους προβάλλονται εικόνες στο κάτω τμήμα (Kalantari & Rauschnabel, 2017).

Τοποθετημένα σε κοντινή απόσταση από τα αυτιά του χρήστη, στα κάτω άκρα των πλευρών, μπορεί κανείς να παρατηρήσει ένα ζευγάρι μικροσκοπικών, κατακόκκινων τρισδιάστατων ηχείων. Οι εν λόγω ακουστικές συσκευές διαθέτουν το χαρακτηριστικό ότι δεν εμποδίζουν τη μετάδοση εξωτερικών ακουστικών ερεθισμάτων, επιτρέποντας έτσι στον χρήστη να αντιλαμβάνεται εικονικά ακουστικά ερεθίσματα σε συνδυασμό με τα ανόθευτα ακουστικά ερεθίσματα που προέρχονται από το περιβάλλον. Στο ανώτερο όριο της συσκευής βρίσκονται δύο σειρές κουμπιών, ειδικά σχεδιασμένες για τη ρύθμιση της φωτεινότητας της οθόνης και της έντασης του ήχου αντίστοιχα.

Η συσκευή HoloLens είναι εξοπλισμένη με μια μονάδα αδρανειακής μέτρησης (IMU) που περιλαμβάνει επιταχυνσιόμετρο, γυροσκόπιο και μαγνητόμετρο. Επιπλέον, διαθέτει τέσσερις αισθητήρες "κατανόησης του περιβάλλοντος", με δύο αισθητήρες τοποθετημένους σε κάθε πλευρά. Η συσκευή ενσωματώνει επίσης μια ενεργειακά αποδοτική κάμερα βάθους, προσφέροντας ευρεία γωνία θέασης  $120^\circ \times 120^\circ$ . Επιπλέον, περιλαμβάνει μια βιντεοκάμερα 2,4 megapixel, μια συστοιχία τεσσάρων μικροφώνων και έναν αισθητήρα φωτεινότητας, όπως περιγράφεται από τους Hanna και συν. (2018).

Σε συνδυασμό με ένα System-on-Chip (SoC) της Intel Cherry Trail που περιλαμβάνει την κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU) και τη μονάδα επεξεργασίας γραφικών (GPU), το HoloLens περιλαμβάνει μια ειδική μονάδα επεξεργασίας ολογραφίας της Microsoft (HPU), έναν περίπλοκα σχεδιασμένο επεξεργαστή που έχει προσαρμοστεί αποκλειστικά για το HoloLens από την αξιόλογη εταιρεία Microsoft. Το System-on-Chip (SoC) και η Μονάδα Υψηλής Απόδοσης (HPU) διαθέτουν ισοδύναμη χωρητικότητα 1 gigabyte μνήμης Low Power Double Data Rate 3 (LPDDR3) έκαστη. Επιπλέον, χρησιμοποιούν από κοινού 8 megabytes στατικής μνήμης τυχαίας προσπέλασης (SRAM). Επιπλέον, το SoC αναλαμβάνει την ευθύνη της διαχείρισης σημαντικών 64 gigabytes ενσωματωμένου αποθηκευτικού χώρου MultiMediaCard (eMMC) και της εκτέλεσης του λειτουργικού συστήματος Windows 10. Η μονάδα ανώτερης επεξεργασίας (HPU) χρησιμοποιεί αποτελεσματικά συνολικά 28 εξειδικευμένους επεξεργαστές ψηφιακού σήματος (DSP) για τον αποτελεσματικό χειρισμό των

περίπλοκων δεδομένων που προέρχονται από τους διάφορους αισθητήρες. Επιπλέον, η HPU αναλαμβάνει επιδέξια κρίσιμες αρμοδιότητες, όπως η χωρική χαρτογράφηση, η αναγνώριση χειρονομιών και φωνής και η αναγνώριση ομιλίας. Από το έτος 2016, πολυάριθμες εφαρμογές που χρησιμοποιούν την επαυξημένη πραγματικότητα έχουν επίσημα δηλωθεί ή επιδειχθεί ειδικά για την πλατφόρμα Microsoft HoloLens. Αρκετές από τις εφαρμογές, είναι (Wyss et al., 2021):

- Η προβολή ολογράμματος, ένας κατάλογος διαφόρων τρισδιάστατων αντικειμένων που οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να τοποθετήσουν και να κλιμακώσουν γύρω τους.
- HoloStudio, μια εφαρμογή 3D μοντελοποίησης πλήρους κλίμακας από τη Microsoft με συμβατότητα 3D εκτύπωσης.
- CAE VimedixAR, η οποία είναι μια εμπορική εφαρμογή που καθιστά δυνατή την εκπαίδευση με βάση την προσομοίωση υπερήχων και την ανατομία του σώματος μέσω της επαυξημένης πραγματικότητας
- HoloTour, μια οπτικοακουστική τρισδιάστατη εφαρμογή εικονικού τουρισμού
- Ένα διαδραστικό πρόγραμμα σπουδών ψηφιακής ανθρώπινης ανατομίας και νευροανατομίας
- Εργαλεία σχεδιασμού αρχιτεκτονικής μηχανικής
- Holoportation, ένας νέος τύπος τεχνολογίας τρισδιάστατης σύλληψης που επιτρέπει την ανακατασκευή, συμπίεση και μετάδοση τρισδιάστατων μοντέλων ανθρώπων υψηλής ποιότητας οπουδήποτε στον κόσμο σε πραγματικό χρόνο. Όταν συνδυάζεται με οθόνες μικτής πραγματικότητας όπως η HoloLens, η τεχνολογία αυτή επιτρέπει στον χρήστη να βλέπει, να ακούει και να αλληλεπιδρά με απομακρυσμένους συμμετέχοντες σε 3D, σαν να ήταν πραγματικά παρόντες στον ίδιο φυσικό χώρο. Η επικοινωνία και η αλληλεπίδραση με απομακρυσμένους χρήστες γίνεται τόσο φυσική όσο και η επικοινωνία πρόσωπο με πρόσωπο (Wyss et al., 2021).

## 2.5. Oculus Rift S

Το Oculus Rift αντιπροσωπεύει μια συλλογή γυαλιών εικονικής πραγματικότητας που αναπτύχθηκαν και κατασκευάστηκαν σχολαστικά από την Oculus VR, ένα διακεκριμένο τμήμα της Facebook Inc., και στη συνέχεια εισήχθησαν στην αγορά το έτος 2016. Οι HMDs έχουν εισαγάγει δύο ξεχωριστές επαναλήψεις, με τη μία να λειτουργεί ως λογική προέκταση του

προκατόχου της. Η αρχική επανάληψη, η οποία παρουσιάστηκε το 2016, διαθέτει μια ξεχωριστή οθόνη για κάθε μάτι, διαθέτοντας ανάλυση 1080×1200. Αυτή η συσκευή αιχμής λειτουργεί σε συχνότητα 90 Hz, παρέχοντας στους χρήστες μια απρόσκοπτη οπτική εμπειρία. Επιπλέον, προσφέρει εντοπισμό θέσης 360 μοιρών, επιτρέποντας την ακριβή ανίχνευση κινήσεων. Επιπλέον, η συσκευή ενσωματώνει ενσωματωμένες δυνατότητες ήχου, ενισχύοντας περαιτέρω τον καθηλωτικό χαρακτήρα της εμπειρίας εικονικής πραγματικότητας. Η επόμενη επανάληψη, η οποία παρουσιάστηκε το 2019, διαθέτει μια μοναδική οθόνη για κάθε μάτι, διαθέτοντας ανάλυση 1280 × 1440 pixels που λειτουργεί με ρυθμό ανανέωσης 80 Hz. Επιπλέον, αυτή η ενημερωμένη έκδοση παρουσιάζει ένα οριακά διευρυμένο οπτικό πεδίο σε σύγκριση με τον προκατόχό της (Monica & Aleotti, 2022).

Το Oculus Rift S χρησιμοποιεί έναν εξελιγμένο μηχανισμό εντοπισμού θέσης που ονομάζεται Oculus Insight. Αυτό το σύστημα αιχμής αξιοποιεί τις πέντε ενσωματωμένες κάμερες εντός της οθόνης που τοποθετείται στο κεφάλι (HMD) για να παρακολουθεί και να εντοπίζει σχολαστικά διάφορα σημεία εντός του περιβάλλοντος χώρου. Επιπλέον, τα χειριστήρια του Oculus Rift S είναι εξοπλισμένα με υπέρυθρες διόδους εκπομπής φωτός (LED) που συμβάλλουν περαιτέρω στη διαδικασία εντοπισμού. Η ανάπτυξη περιεχομένου για το Oculus Rift S διευκολύνεται μέσω της χρήσης του κιτ ανάπτυξης λογισμικού Oculus PC (SDK), το οποίο είναι ένα δωρεάν κιτ ανάπτυξης λογισμικού ειδικά σχεδιασμένο για το λειτουργικό σύστημα Microsoft Windows. Το κιτ ανάπτυξης λογισμικού (SDK) της Oculus έχει ενσωματωθεί απρόσκοπτα στις ευρέως χρησιμοποιούμενες μηχανές παιχνιδιών Unity 5, Unreal Engine 4 και Cryengine. Αυτό επιτρέπει στους προγραμματιστές που διαθέτουν προηγούμενη εξοικείωση με αυτές τις μηχανές να παράγουν περιεχόμενο εικονικής πραγματικότητας (VR) με ελάχιστες έως καθόλου απαιτήσεις για προγραμματισμό VR (Monica & Aleotti, 2022).

Οι οθόνες που τοποθετούνται στο κεφάλι (HMDs) Oculus Rift χρησιμεύουν κυρίως ως πλατφόρμα για παιχνίδια, διαθέτοντας εκτεταμένη συμβατότητα και ποικίλες προσφορές παιχνιδιών. Εκτός από την ποικιλία παιχνιδιών, η Oculus προσφέρει μια εφαρμογή πολυμέσων γνωστή ως Oculus Cinema. Αυτή η εφαρμογή, η οποία παρέχεται δωρεάν, επιτρέπει στους χρήστες να χρησιμοποιούν το ακουστικό Rift για να συμμετέχουν στην προβολή παραδοσιακών ταινιών και βίντεο μέσα σε ένα εικονικό κινηματογραφικό περιβάλλον. Αυτή η καθηλωτική εμπειρία δίνει στους χρήστες την αίσθηση ότι παρακολουθούν περιεχόμενο σε μια οθόνη κινηματογραφικών διαστάσεων. Το Rift παρέχει επιπλέον στους χρήστες τη μοναδική δυνατότητα να ασχοληθούν με νέες μορφές μέσων που είναι ανέφικτες μέσω συμβατικών

οθονών, περιλαμβάνοντας βίντεο 360° (γνωστά και ως σφαιρικά βίντεο), τρισδιάστατα βίντεο και "ταινίες εικονικής πραγματικότητας" (Kot, 2018).

Εκτός από τη χρήση του από τους καταναλωτές, το Rift έχει συγκεντρώσει σημαντική προσοχή από διάφορους βιομηχανικούς και επαγγελματικούς τομείς, με στόχο την ενίσχυση της παραγωγικότητας, της οπτικοποίησης και των διαφημιστικών προσπαθειών. Αρκετά αρχιτεκτονικά γραφεία διερευνούν επί του παρόντος τη χρήση της τεχνολογίας Rift για σκοπούς οπτικοποίησης και σχεδιαστικού πειραματισμού. Με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού, η πλατφόρμα Rift επιτρέπει στους αρχιτέκτονες να αποκτήσουν μια ακριβή οπτική αναπαράσταση των αρχιτεκτονικών τους σχεδίων, διευκολύνοντας έτσι την ολοκληρωμένη κατανόηση της κλίμακας και των διαστάσεων που διαφορετικά θα ήταν ανέφικτη μέσω των συμβατικών μέσων προβολής.

Στον τομέα των στρατιωτικών επιχειρήσεων, το Oculus Rift S έχει χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά ως μέσο για την εξ αποστάσεως εποπτεία και εκτέλεση της διαχείρισης και λειτουργίας ρομποτικών συστημάτων. Η χρήση του Oculus Rift στο πλαίσιο ενός ευρηματικού εικονικού σταθμού χειριστή διευκολύνει την εξ αποστάσεως διαχείριση ενός στρατιωτικού κινητού ρομπότ Τακτικού Ρομποτικού Συστήματος (TAROS). Οι χειριστές διαθέτουν την ικανότητα να ασκούν διαισθητική διοίκηση και να επωφελούνται από μια τρισδιάστατη προοπτική που διευκολύνεται από στερεοσκοπικές κάμερες (Kot, 2018). Στον τομέα της εκπαίδευσης, το Oculus Rift χρησιμοποιείται σταδιακά ως εκπαιδευτικό μέσο, λόγω της ικανότητάς του να προσφέρει ένα καθηλωτικό περιβάλλον που συγκεντρώνει το ενδιαφέρον των μαθητών (Moro, et al., 2017).

## 2.6. Kinect

Το Kinect, μια συλλογή συσκευών ανίχνευσης κίνησης, αναπτύχθηκε από τη Microsoft και παρουσιάστηκε αρχικά στην αγορά το 2010. Η τεχνολογική συσκευή περιλαμβάνει μια συλλογή στοιχείων υλικού που περιλαμβάνει κάμερες RGB, προβολείς υπερύθρων, αισθητήρες χαρτογράφησης βάθους και ένα μικρόφωνο. Σε συνδυασμό με το λογισμικό και την τεχνητή νοημοσύνη που επινόησε η Microsoft, η συσκευή επιτρέπει την ανάλυση χειρονομιών, ομιλίας και την ανίχνευση σκελετού σώματος σε πραγματικό χρόνο για το πολύ τέσσερα άτομα. Η αξιοποίηση του Kinect ως φυσικής συσκευής διεπαφής χρήστη για την αλληλεπίδραση συστημάτων υπολογιστών έχει αποδειχθεί (Guzsvinecz et al., 2019). Το Kinect είναι μια

περιφερειακή συσκευή που τοποθετείται στην οθόνη του χρήστη, μοιάζοντας με την τοποθέτηση μιας κάμερας web. Το 2018, η Microsoft πήρε την απόφαση να διακόψει τη λειτουργία όλων των συσκευών Kinect που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για βιντεοπαιχνίδια. Ωστόσο, επέλεξε να διατηρήσει τη διαθεσιμότητά του για ακαδημαϊκούς και εμπορικούς σκοπούς, επανατοποθετώντας το ως αισθητήρα Kinect. Αυτή η στρατηγική κίνηση είχε ως κίνητρο την προστιθέτιμη τιμή του αισθητήρα Kinect και την ανώτερη αντοχή του σε σύγκριση με εναλλακτικές εφαρμογές τεχνολογίας ανίχνευσης βάθους. Η Microsoft έχει πρόσφατα μετατοπίσει την εστίασή της σε τομείς εκτός παιχνιδιών, όπως η ρομποτική, η ιατρική και η υγειονομική περίθαλψη, ως κύρια αγορά για το Kinect. Στον τομέα της ρομποτικής, η χρήση των δυνατοτήτων ανίχνευσης βάθους του Kinect επιτρέπει στα ρομπότ να διακρίνουν το περίγραμμα και τις κατά προσέγγιση χωρικές αποστάσεις των εμποδίων, διευκολύνοντας έτσι την ικανότητά τους να πλοηγούνται και να παρακάμπτουν τα εν λόγω εμπόδια με επιδεξιότητα. Στο πεδίο της ιατρικής, η τεχνολογία Kinect παρουσιάζει τη δυνατότητα σχολαστικής παρακολούθησης και αξιολόγησης των σωματικών περιγραμμάτων και στάσεων με αριθμητικό τρόπο, διευκολύνοντας έτσι τη βελτίωση των υγειονομικών αποφάσεων (Pöhlmann, et al., 2016).

Μετά την παρουσίαση του Kinect, πλήθος ατόμων από την επιστημονική, τη μηχανική και τη χομπίστικη κοινότητα ξεκίνησαν αμέσως την ανάπτυξη προγραμμάτων οδήγησης και κιτ ανάπτυξης λογισμικού (SDK) για αυτή την καινοτόμο τεχνολογία. Κατά συνέπεια, αυτή η συντονισμένη προσπάθεια απέδωσε πρωτότυπες επιδείξεις που παρουσίαζαν το τεράστιο φάσμα των μελλοντικών εφαρμογών που θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν. Ειδικότερα, μια τέτοια επίδειξη αφορούσε τη δημιουργία μιας διεπαφής χρήστη με χειρονομίες για το λειτουργικό σύστημα, που θύμιζε τη συναρπαστική διεπαφή που απεικονίζεται στη διάσημη ταινία "Minority Report" (Lee et al., 2008).

Οι δυνατότητες ανίχνευσης βάθους και κίνησης του πυρήνα Kinect διευκολύνονται μέσω της τεχνολογίας ανίχνευσης βάθους. Το πρωτότυπο Kinect για το Xbox 360 χρησιμοποιεί ένα υπέρυθρο μοτίβο που προβάλλεται εντός της χωρικής περιοχής που προηγείται της συσκευής Kinect. Ταυτόχρονα, ένας αισθητήρας υπέρυθρων χρησιμοποιείται για να συλλάβει το φως που αντανακλάται. Η παραμόρφωση του φωτεινού μοτίβου επηρεάζεται από το σχετικό βάθος των αντικειμένων που βρίσκονται στο προσκήνιο. Κατά συνέπεια, η εκτίμηση του εν λόγω βάθους προκύπτει από ένα πλήθος παραγόντων που σχετίζονται με τη φυσική διάταξη των στοιχείων υλικού του Kinect.

Ο προβολέας υπέρυθρων που είναι ενσωματωμένος στη συσκευή Kinect εκπέμπει διαμορφωμένο υπέρυθρο φως, το οποίο στη συνέχεια συλλαμβάνεται από τη μονάδα αισθητήρα. Η χρονική διάρκεια του σήματος επιστροφής του υπέρυθρου φωτός είναι αντιστρόφως ανάλογη με την εγγύτητα των αντικειμένων που αντανακλούν, οπότε τα πιο κοντινά αντικείμενα αποδίδουν μικρότερους χρόνους επιστροφής σε σύγκριση με τα πιο απομακρυσμένα αντίστοιχα. Σύμφωνα με τους Sarbolandi και συν. (2015), οι μετρήσεις βάθους που χρησιμοποιούν υπέρυθρο φως παρουσιάζουν αυξημένη ακρίβεια και μπορούν να υπολογιστούν σε μειωμένο χρονικό διάστημα, επιτρέποντας έτσι την ανίχνευση μεγαλύτερου αριθμού καρτέ ανά δευτερόλεπτο. Μετά τη λήψη μιας εικόνας βάθους σε επίπεδο εικονοστοιχείου, το Kinect χρησιμοποιεί μια μορφή ανίχνευσης ακμών για να οριοθετήσει τα αντικείμενα που παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη εγγύτητα με το φόντο εντός του καρτέ που έχει ληφθεί. Η διαδικασία αυτή διευκολύνεται με τη χρήση της εισόδου που προέρχεται από τη συμβατική κάμερα ορατού φωτός. Στη συνέχεια, η μονάδα προσπαθεί να διακρίνει οποιεσδήποτε κινητές οντότητες εντός της εμβέλειάς της, θεωρώντας ότι στην οπτική αναπαράσταση κινείται αποκλειστικά ο άνθρωπος, και προχωρά στο διαχωρισμό των ανθρώπινων σιλουετών από τα οπτικά δεδομένα. Το λογισμικό που χρησιμοποιείται από τη μονάδα χρησιμοποιεί τεχνητή νοημοσύνη για να εκτελέσει τμηματοποίηση σχημάτων σε μια προσπάθεια να διακρίνει διακριτά ανατομικά στοιχεία, όπως το κρανίο και τα άνω άκρα, παρακολουθώντας και αναλύοντας στη συνέχεια τα εν λόγω στοιχεία ξεχωριστά. Τα προαναφερθέντα τμήματα χρησιμοποιούνται στην κατασκευή ενός πλαισίου 20 σημείων που αναπαριστά την ανατομική δομή του ανθρώπινου σώματος. Το εν λόγω πλαίσιο χρησιμεύει στη συνέχεια ως βάση για διάφορες εφαρμογές, όπως λογισμικό παιχνιδιών, επιτρέποντας τον προσδιορισμό των ενεργειών που αναλαμβάνει ένα άτομο (González-Ortega et al., 2014).

Στον τομέα της παρακολούθησης της ανθρώπινης κίνησης, αξίζει να σημειωθεί ότι το σύστημα Kinect μπορεί να αντιμετωπίσει ορισμένους περιορισμούς, ιδίως όταν συγκεκριμένες αρθρώσεις της ανθρώπινης ανατομίας παραλείπονται από τη διαδικασία παρακολούθησης, οδηγώντας σε πιθανές ανακρίβειες εντός του σκελετικού μοντέλου του Kinect. Ως εκ τούτου, η ενσωμάτωση των δεδομένων του με άλλες αισθητηριακές εισροές μπορεί να αποδώσει ένα πιο ανθεκτικό πλαίσιο για την παρακολούθηση του σκελετικού μοντέλου. Σε μια συγκεκριμένη μελέτη που διεξήχθη από τους Atrsaei και συν. (2016), οι ερευνητές χρησιμοποίησαν ένα φίλτρο Kalman Unscented Filter (UKF) για να ενσωματώσουν τα δεδομένα τρισδιάστατης θέσης του Kinect των αρθρώσεων του ώμου, του αγκώνα και του καρπού με τα δεδομένα που αποκτήθηκαν από δύο αδρανειακές μονάδες μέτρησης (IMU) τοποθετημένες στον άνω και τον

κάτω βραχίονα ενός ατόμου. Τα ευρήματα κατέδειξαν αξιοσημείωτη βελτίωση έως και 50% στην ακρίβεια της τοποθέτησης των αρθρώσεων.

Η δυνητική αξιοποίηση του Kinect στον τομέα της ιατρικής είναι πράγματι αρκετά συναρπαστική. Μια ομάδα ερευνητών που προέρχεται από το αξιολογικό Πανεπιστήμιο της Μινεσότα χρησιμοποίησε με επιτυχία την τεχνολογία Kinect για την ποσοτική αξιολόγηση μιας ποικιλίας συμπτωμάτων που σχετίζονται με διάφορες διαταραχές που επικρατούν στα παιδιά. Αυτό το πρωτοποριακό εγχείρημα άνοιξε το δρόμο για την ανάπτυξη καινοτόμων μεθοδολογιών που επιτρέπουν την αντικειμενική αξιολόγηση και ανίχνευση καταστάσεων όπως ο αυτισμός, η διαταραχή ελλειμματικής προσοχής και η ιδεοψυχαναγκαστική διαταραχή.

## 2.7. HTC Vive

Το HTC Vive είναι ένα σύστημα εικονικής πραγματικότητας με ενσωματωμένη στο κεφάλι οθόνη (HMD) που αναπτύχθηκε σε συνεργασία από την HTC και τη Valve. Η Head-Mounted Display (HMD) χρησιμοποιεί μια πρωτοποριακή μεθοδολογία παρακολούθησης "κλίμακας δωματίου", η οποία παρέχει στον χρήστη την ελευθερία να περιηγείται απεριόριστα μέσα σε μια τρισδιάστατη έκταση. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται φορητοί ελεγκτές παρακολούθησης κίνησης για να διευκολύνουν την απρόσκοπτη αλληλεπίδραση με το περιβάλλον. Η αρχική έκδοση της συσκευής παρουσιάστηκε τον Απρίλιο του έτους 2016.

Το HMD που κατασκευάζει η Vive παρουσιάζει ρυθμό ανανέωσης 90 Hz, σε συνδυασμό με οπτικό πεδίο που εκτείνεται σε 110 μοίρες. Η συσκευή χρησιμοποιεί ένα ζεύγος πάνελ οργανικών διόδων εκπομπής φωτός (OLED), με ένα πάνελ να διατίθεται σε κάθε μάτι. Κάθε πάνελ διαθέτει αξιοσημείωτη ανάλυση οθόνης 1080 × 1200 pixel, με αποτέλεσμα ο συνδυασμένος αριθμός των pixel να ανέρχεται σε 2160 × 1200. Η συσκευή ενσωματώνει μια μπροστινή κάμερα, η οποία επιτρέπει στον χρήστη να αντιλαμβάνεται οπτικά το περιβάλλον του χωρίς να απαιτείται η αφαίρεση της οθόνης στο κεφάλι (HMD). Το λογισμικό έχει τη δυνατότητα να αξιοποιεί την κάμερα προκειμένου να διακρίνει τόσο κινητές όσο και σταθερές οντότητες εντός ενός συγκεκριμένου χώρου. Εκτός από την οθόνη κεφαλής (HMD), βρίσκεται ένα πλήθος αισθητήρων υπέρυθρων, οι οποίοι έχουν ως αποστολή την ανίχνευση των υπέρυθρων παλμών που εκπέμπονται από τους σταθμούς βάσης. Αυτοί οι αισθητήρες εξυπηρετούν τον σκοπό της εξακρίβωσης των ακριβών χωρικών συντεταγμένων της HMD

εντός του συγκεκριμένου χώρου. Περιλαμβάνουν επίσης έναν αισθητήρα επιταχυνσιόμετρου, ένα γυροσκόπιο και έναν αισθητήρα εγγύτητας (Borrego et al., 2018).

Οι σταθμοί βάσης Vive, που στην καθομιλουμένη αναφέρονται ως σύστημα παρακολούθησης Lighthouse, αποτελούνται από ένα ζεύγος περιβλημάτων σε χρώμα οψιδιανού που διευκολύνουν τη δημιουργία ενός καθηλωτικού εικονικού περιβάλλοντος που εκτείνεται σε πλήρη περιφέρεια 360 μοιρών. Οι σταθμοί βάσης εκπέμπουν υπέρυθρους παλμούς σε συχνότητα 60 παλμών ανά δευτερόλεπτο, οι οποίοι στη συνέχεια ανιχνεύονται από την οθόνη που τοποθετείται στο κεφάλι (HMD) και τα χειριστήρια με επίπεδο ακρίβειας που υπερβαίνει την κλίμακα του χιλιοστού (Dempsey, 2016).

Το Vive, στο αρχικό του στάδιο, απαιτούσε τη χρήση υπολογιστών με βάση τα Microsoft Windows. Ωστόσο, μετά την ίδρυσή του, το Vive επέκτεινε τη συμβατότητά του για να συμπεριλάβει συστήματα που βασίζονται σε Linux και, στη συνέχεια, ενσωμάτωσε υποστήριξη για macOS. Η Valve παρουσίασε πρόσφατα το OpenVR Software Development Kit (SDK), το οποίο χρησιμεύει ως μια βελτιωμένη επανάληψη του Steamworks VR API. Αυτή η ολοκληρωμένη έκδοση περιλαμβάνει μια πληθώρα πολύτιμων πόρων, συμπεριλαμβανομένης σχολαστικά επεξεργασμένης τεκμηρίωσης και ενδεικτικών παραδειγμάτων, όλα με στόχο τη διευκόλυνση της δημιουργίας λογισμικού που ενσωματώνεται απρόσκοπτα με το υλικό SteamVR. Η έκδοση του SteamVR συνοδεύτηκε από ολοκληρωμένη υποστήριξη για την πλατφόρμα Unity (Vasylevska, et al., 2017)



### 3. Εφαρμογές

Υπάρχουν πολλές εφαρμογές που υποστηρίζουν την εικονική πραγματικότητα, είτε είναι ανοικτού είτε κλειστού κώδικα. Μερικά από αυτά τα προγράμματα είναι:

- Unity (ανοικτού κώδικα)
- Maya (ανοικτού κώδικα).
- Blender (ανοικτού κώδικα).
- Wings 3D (ανοικτού κώδικα).
- Cinema 4D.
- ZBrush 2.
- Realsoft 3D.
- Περιοχή από την Autodesk.
- 3D Studio Max (Soliman et al., 2021).

Τα προγράμματα χρησιμοποιούν πλήρεις βιβλιοθήκες, ορισμένες από τις οποίες είναι ανοικτού κώδικα. Ορισμένες βιβλιοθήκες είναι (Wexelblat, 2014):

- OpenSceneGraph: είναι ανοικτού κώδικα και χρησιμεύει στη δημιουργία τρισδιάστατων γραφικών σε μορφή εργαλειοθήκης. Βασίζεται στην OpenGL και τρέχει σε περιβάλλοντα Windows, Linux και Solaris. Οι δυνατότητες της βιβλιοθήκης είναι πολλές, αλλά περιορίζεται στη γραφική απεικόνιση.
- Delta 3D: αποτελεί μια πιο ολοκληρωμένη λύση και προσφέρει υψηλότερα επίπεδα ενσωμάτωσης. Είναι ανοικτού κώδικα, υποστηρίζει πολλά λειτουργικά συστήματα, βασίζεται στην OpenGL και ενσωματώνει ένα ευρύ φάσμα 2D και 3D αρχείων.
- Unity 3D: πρόκειται για μια σύγχρονη και ολοκληρωμένη εργαλειοθήκη για την ανάπτυξη εφαρμογών VR και τρισδιάστατων σκηνών. Συνδυάζει το περιεχόμενο με τον έλεγχο της εικονικής σκηνής με προγραμματιστικό τρόπο και έτσι αποτελεί από μόνο του ένα "οικοσύστημα". Η πλατφόρμα δίνεται δωρεάν και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από πολλά λειτουργικά συστήματα και για όλες τις συσκευές. Για τα Windows και για την κονσόλα παιχνιδιών XBOX, χρησιμοποιεί Direct 3D, ενώ για Android και iOS, χρησιμοποιεί OpenGL. Οι γλώσσες scripting που χρησιμοποιεί για τον προγραμματισμό είναι η JavaScript, η C#, η Boo και μία δική της, η Unity Script. Το Unity 3D έχει καθιερωθεί χάρη στις ικανότητές του να τρέχει σε πολλαπλές πλατφόρμες, όπως smartphones, tablets, επιτραπέζιους υπολογιστές, κονσόλες

παιχνιδιών και προγράμματα περιήγησης στο διαδίκτυο. Σε ό,τι αφορά τους φυλλομετρητές ιστού, το πρόγραμμα διανέμει ένα δωρεάν πρόσθετο για την αναπαραγωγή των εφαρμογών μέσα σε ιστοσελίδες.

- Microsoft XNA Game Studio: προέρχεται από τη Microsoft και διανέμεται δωρεάν. Βασίζεται στην πλατφόρμα .NET Framework.
- Δωρεάν βιβλιοθήκη VR: διανέμεται δωρεάν και ενσωματώνει βιβλιοθήκες τρίτων κατασκευαστών και τη χρήση διαφόρων συσκευών εισόδου/εξόδου.

Ο πολλαπλασιασμός των εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας στη σύγχρονη κοινωνία έχει γίνει όλο και πιο διαδεδομένος, διαπερνώντας διάφορους τομείς της καθημερινής μας ύπαρξης. Αρχικά, η χρήση τους περιοριζόταν στον τομέα της ψυχαγωγίας ωστόσο, με την πάροδο του χρόνου, η εφαρμογή τους επεκτάθηκε και σε διάφορους άλλους τομείς. Η εικονική πραγματικότητα διείσδυσε με επιτυχία σε διάφορους τομείς, όπως η έρευνα, οι επαγγελματικές ρυθμίσεις και η εκπαίδευση, αναπαράγοντας αποτελεσματικά και αυθεντικά τις ανθρώπινες ενέργειες και αντιλήψεις μέσω της ενεργού εμπλοκής σε εικονικά πεδία (Wexelblat, 2014).

### 3.1. Αρχιτεκτονική

Η πρόοδος της εφαρμογής της εικονικής πραγματικότητας στον τομέα της αρχιτεκτονικής φαίνεται να είναι σχετικά υποτονική σε σύγκριση με τις εξελίξεις σε άλλους κλάδους. Ωστόσο, έχουν διατυπωθεί διάφορες προτάσεις για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος, οι οποίες επικεντρώνονται κυρίως στην οπτικοποίηση των αρχιτεκτονικών αποτελεσμάτων πριν από τη φυσική κατασκευή και στον έγκαιρο εντοπισμό πιθανών σφαλμάτων ή ατελειών. Έχουν επίσης διατυπωθεί προτάσεις για την παροχή βοήθειας στη διευκόλυνση των διαδικασιών λήψης αποφάσεων στο πεδίο της κατασκευής και της εξερεύνησης εκτεταμένων αστικών τοπίων. Ορισμένες αστικές δομές δεν μπορούν να μεταγραφούν αποτελεσματικά στο χαρτί μέσω των αρχιτεκτονικών σχεδίων, κυρίως λόγω των εγγενών περιορισμών της δισδιάστατης αναπαράστασής τους και της απαιτούμενης ικανότητας αποκρυπτογράφησης των αρχιτεκτονικών συμβόλων. Μια ενδεικτική περίπτωση μπορεί να παρατηρηθεί στην αλληλεπίδραση του αρχιτέκτονα με τον γενικό πληθυσμό, όπου ο στόχος είναι να διευκρινιστούν τα πλεονεκτήματα μιας αρχιτεκτονικής παρέμβασης εντός του αστικού περιβάλλοντος (Sala, 2013).

Από το 2010, η Google εισήγαγε τη χρήση της στερεοσκοπικής τρισδιάστατης λειτουργίας μέσω της εφαρμογής StreetView. Η αξιοποίηση των τρισδιάστατων χαρτών ενισχύει σημαντικά τη διαδικασία πλοήγησης εντός του φυσικού χώρου. Βέβαια, οι δυνατότητες των κινητών συσκευών είναι χαμηλότερες από αυτές των επιτραπέζιων συσκευών και ο χειρισμός απαιτητικών και πολύπλοκων σκηνών είναι πιο δύσκολος.

Στο πεδίο των αστικών εφαρμογών, η επιστημονική έρευνα κατευθύνεται προς την εξέταση της αστικής ανάπτυξης, των κυκλοφοριακών συνθηκών και των περιπλοκών της ζωής μέσα στο αστικό περιβάλλον. Αντίθετα, οι εφαρμογές εσωτερικών χώρων περιλαμβάνουν μια εστιασμένη έρευνα της οπτικής ελκυστικότητας και της λειτουργικής αποτελεσματικότητας του υπό ανάπτυξη χώρου. Στο πεδίο της αρχιτεκτονικής, οι απαιτήσεις που τίθενται στους επαγγελματίες της ξεπερνούν εκείνες άλλων κλάδων, καθιστώντας αναγκαία τη διαμόρφωση του περιεχομένου σε ξεχωριστές σκηνές. Σε μια δεδομένη σκηνή, μπορεί κανείς να παρατηρήσει την παρουσία αρχιτεκτονικών δομών, αστικών ανέσεων, αστικών παροχών και συγκεντρώσεων ατόμων. Στη μελέτη που διεξήχθη από τους Portman και συν. (2015), οι συγγραφείς ανέπτυξαν και αξιολόγησαν μοντέλα προσομοίωσης της κίνησης πεζών με στόχο την ακριβή αποτύπωση της δυναμικής της κίνησης των πεζών μέσα σε αστικά περιβάλλοντα δρόμων.

Το εικονικό περιβάλλον στο πλαίσιο αρχιτεκτονικών εφαρμογών παρουσιάζει μια διαλεκτική σχέση μεταξύ του επισκέπτη και των εικονικών αντικειμένων, γεγονός που καθιστά αναγκαία μια διαδικασία που να είναι τόσο αληθοφανής και συνεκτική, ενώ παράλληλα να τηρεί αισθητικές αρχές. Η δίκαιη κατανομή της φωτεινότητας, η αρμονική ενσωμάτωση με το φυσικό περιβάλλον, η τήρηση των επικρατούντων αρχιτεκτονικών στυλ και άλλοι σχετικοί παράγοντες συμβάλλουν σημαντικά στην επιτακτική ανάγκη επίτευξης χωρικής ισορροπίας (Bashabsheh et al., 2019).

### 3.2. Στρατιωτικές Εφαρμογές

Οι εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας χρησιμοποιούνται στο στρατό για μεγάλο χρονικό διάστημα, από την αρχή της τεχνολογίας αυτής. Παρ' όλα αυτά, η εκπαιδευτική της αξία στο πλαίσιο αυτό δεν μπορεί να θεωρηθεί ασήμαντη, αντίθετα διαθέτει έναν ξεχωριστό χαρακτήρα.

Το στρατιωτικό προσωπικό εμπλέκεται σε ένα ευρύ φάσμα σεναρίων που αφορούν στρατιωτικές επιχειρήσεις, βελτιώνοντας έτσι τις δεξιότητές του και αυξάνοντας την ικανότητά του στην τέχνη της στρατηγικής αντίδρασης. Στην ουσία, παρέχει έγκριση για την καλλιέργεια τεχνογνωσίας σε ένα ευρύ φάσμα στρατιωτικών κλάδων. Οι προσομοιώσεις παρέχουν στους στρατιώτες την ευκαιρία να συμμετάσχουν σε ποικίλα σενάρια πολέμου και επιβίωσης, όπου αντιμετωπίζουν έναν πραγματικό αντίπαλο εν μέσω της παρουσίας πραγματικών πυρομαχικών ή σε συνθήκες που χαρακτηρίζονται από περιορισμένη ορατότητα, όπως κατά τη διάρκεια νυχτερινών επιχειρήσεων. Οι προσομοιώσεις αυτές είναι σχολαστικά σχεδιασμένες ώστε να εξασφαλίζεται ο πλήρης έλεγχος των γεγονότων που εκτυλίσσονται. Η στρατιωτική απασχόληση της εικονικής πραγματικότητας περιλαμβάνει διάφορες υποκατηγορίες, όπως προσομοιωτές μάχης, τη λειτουργία επίγειων οχημάτων και εναέριων μέσων, καθώς και τη χρήση όπλων και συμπληρωματικών συσκευών (Lele, 2011).

Η εικονική πραγματικότητα χρησιμοποιείται επιπλέον στη θεραπευτική παρέμβαση των στρατιωτικών βετεράνων που πάσχουν από διαταραχή μετατραυματικού στρες. Η αξιοποίηση της τεχνολογίας εικονικής πραγματικότητας ως θεραπευτική παρέμβαση για ψυχολογικές διαταραχές εμφανίστηκε αρχικά στο πλαίσιο στρατιωτών που είχαν πρόσφατα επιστρέψει από τον πόλεμο του Βιετνάμ. Επιπλέον, η εφαρμογή της επεκτάθηκε στο πεδίο της εκπαίδευσης για τη διαχείριση του στρες για το στρατιωτικό προσωπικό που υπηρετεί σήμερα (Pallavicini et al., 2016).

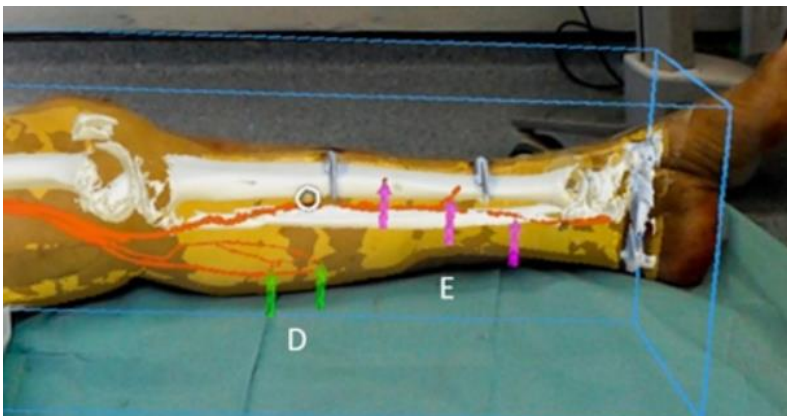
### 3.3. Ιατρική

Ο τομέας της εικονικής πραγματικότητας στον τομέα της ιατρικής έχει γνωρίσει σημαντική και αξιοσημείωτη ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια. Στο πεδίο της ιατρικής, υποστηρίζεται ένα πλήθος κλάδων, συμπεριλαμβανομένων, μεταξύ άλλων, της χειρουργικής και της ψυχιατρικής κλινικής. Στον τομέα των χειρουργικών κλινικών, η χρήση της τεχνολογίας εικονικής πραγματικότητας αποσκοπεί στην αναπαραγωγή αντικειμένων με τη μέγιστη δυνατή πιστότητα, προσπαθώντας να προσομοιώσει τις ανθρώπινες αισθητηριακές εμπειρίες με τρόπο που να προσεγγίζει κατά πολύ τις αντίστοιχες της πραγματικής ζωής (Riva, 2003). Στο πεδίο των ψυχιατρικών κλινικών, η αξιοποίηση της εικονικής πραγματικότητας χρησιμοποιείται τόσο για προληπτικά μέτρα όσο και για θεραπευτικές παρεμβάσεις. Συγκεκριμένα, η εικονική πραγματικότητα αναγνωρίζεται ως εργαλείο χειραγώγησης του

περιβάλλοντος, ιδίως στο πλαίσιο της θεραπείας της φοβίας. Ωστόσο, είναι απαραίτητο να υπογραμμιστεί ότι η πρωταρχική έμφαση έγκειται στην επακόλουθη ανάλυση και αξιολόγηση των προτύπων συμπεριφοράς του ασθενούς μετά την εμπλοκή του με την τεχνολογία εικονικής πραγματικότητας. Οι φοβίες περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα εκδηλώσεων, συμπεριλαμβανομένων των κοινωνικών φοβιών, των φοβιών που σχετίζονται με συγκεκριμένα ζώα, της υδροφοβίας, της αεροφοβίας, της κλειστοφοβίας και περίπου 300 πρόσθετων παραλλαγών, όπως καταγράφηκε σε μια ολοκληρωμένη μελέτη που διεξήγαγαν οι Rizzo, Parsons και Kenny το 2012.

Σε σύγχρονες εφαρμογές, η εικονική πραγματικότητα έχει χρησιμοποιηθεί ως μέσο για τον μετριασμό του πόνου μέσω της χρήσης τεχνικών απόσπασης της προσοχής. Μέσω της εφαρμογής της συγκεκριμένης προσέγγισης, μετριάξει αποτελεσματικά την εμφάνιση εξαρτήσεων από τα ναρκωτικά σε καταστάσεις όπου η εμπειρία του πόνου και η αντίληψη είναι εγγενώς υποκειμενικής φύσης. Με βάση τις αρχές της θεωρίας του ελέγχου της πύλης, υποστηρίζεται ότι η μετάδοση των σημάτων πόνου στο κεντρικό νευρικό σύστημα μπορεί να παρεμποδιστεί μέσω της εφαρμογής εξωτερικών ερεθισμάτων, όπως αυτά που μπορούν να προκληθούν μέσα σε ένα εικονικό περιβάλλον (Melzack & Wall, 1978).

Η εικονική πραγματικότητα χρησιμοποιείται στο χώρο της ιατρικής εκπαίδευσης για την ανάπτυξη εφαρμογών που προσομοιώνουν την ανατομική δομή του ανθρώπινου σώματος. Στο συγκεκριμένο σενάριο, η εικονική κάμερα διαθέτει τη δυνατότητα πλοήγησης μέσα σε τρισδιάστατες αναπαραστάσεις της ανθρώπινης ανατομίας, διευκολύνοντας έτσι τη σε βάθος εξέταση της περίπλοκης σύνθεσης και των φυσιολογικών διεργασιών που παρουσιάζουν τα διάφορα όργανα του σώματος (Grottke, et al., 2009).



Εικόνα 4 Εφαρμογές AR & VR στην Ιατρική

### 3.4. Βιομηχανία και Κατασκευές

Η ανάπτυξη της εικονικής πραγματικότητας έχει επεκταθεί και στον βιομηχανικό τομέα. Στον συγκεκριμένο τομέα, συναντάμε μια πληθώρα εφαρμογών που έχουν σχεδιαστεί για να μιμούνται διάφορα μηχανήματα ή διαδικασίες παραγωγής. Για παράδειγμα, μια τέτοια εφαρμογή είναι η προσομοίωση της λειτουργίας εκσκαφών, η οποία επιτρέπει τη ρεαλιστική αναπαραγωγή της λειτουργίας των εκσκαφών. Επιπλέον, υπάρχουν εφαρμογές που επικεντρώνονται στην προσομοίωση της συντήρησης δικτύων και εγκαταστάσεων, επιτρέποντας στους χρήστες να αποκτήσουν πολύτιμες γνώσεις σχετικά με τις ιδιαιτερότητες αυτών των διαδικασιών (Arendarski, Termath, & Mecking, 2008). Επιπλέον, βρίσκει εφαρμογή στο πεδίο της εκπαίδευσης μηχανικών και της εξέτασης πρωτοκόλλων ασφαλείας (Xie, Tudoreanu, & Shi, 2006).

Επιπλέον, η εικονική πραγματικότητα παρέχει ανεκτίμητη βοήθεια στο πεδίο του χωροταξικού σχεδιασμού και της δημιουργίας κοινών αντικειμένων. Στο πεδίο του βιομηχανικού σχεδιασμού, η αξιοποίηση της εικονικής πραγματικότητας έχει αποδειχθεί πολύτιμο εργαλείο. Επιτρέπει στους σχεδιαστές να εμβαθύνουν στην εξέταση του τρόπου με τον οποίο τα προϊόντα τους χρησιμοποιούνται από άτομα που αντιμετωπίζουν προκλήσεις προσβασιμότητας ή από άτομα που ανήκουν στη δημογραφική ομάδα των ηλικιωμένων. Αυτή η διερεύνηση περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα καθημερινών δραστηριοτήτων, όπως, μεταξύ άλλων, η λειτουργία αυτοκινούμενων οχημάτων και η εμπλοκή σε περιβάλλοντα γραφείου (Moschonas, Paliokas, & Tzouvaras, 2014). Η εικονική πραγματικότητα παρουσιάζει καινοτόμες έννοιες στον τομέα της ψυχαγωγίας, με παράδειγμα τις ταινίες επιστημονικής φαντασίας και την τέχνη της στερεοσκοπικής αφήγησης. Αξιοσημείωτη μεταξύ αυτών είναι η προκλητική αντιπολεμική στερεοσκοπική αφήγηση του Maurice Benayoun με τίτλο "World Skin, a Photo Safari in the Land of War" (1997) (Benayoun, 1997). Επιπλέον, η εικονική πραγματικότητα βρίσκει εφαρμογή σε τουριστικές καμπάνιες και διαφημιστικές προσπάθειες (Zampoglou, et al., 2013).

#### 3.4.1. Περιπτώσεις χρήσης AR / VR / MR στη βιομηχανία

Η κυρίαρχη τάση στο χώρο των ηλεκτρονικών παιχνιδιών εξακολουθεί να είναι η συντριπτική επικράτηση της τεχνολογίας εικονικής πραγματικότητας (VR). Καθώς αυξάνεται η πολυπλοκότητα των οθονών που τοποθετούνται στο κεφάλι (HMD), τα ίδια τα παιχνίδια υφίστανται αντίστοιχη εξέλιξη, με αποτέλεσμα μια προοδευτικά περίπλοκη και καθλωτική εμπειρία για τον χρήστη. Παρ' όλα αυτά, είναι επιτακτική ανάγκη να αναγνωριστεί ότι η επαυξημένη πραγματικότητα (AR) και η μικτή πραγματικότητα (MR) είναι अपαραάμιλλες ως προς την ικανότητά τους να βελτιώνουν και να ενισχύουν τη βιομηχανική παραγωγή. Αντί της εικονικής πραγματικότητας (VR), η οποία βυθίζει τον χρήστη σε ένα πλήρως προσομοιωμένο περιβάλλον, είναι η επαυξημένη πραγματικότητα (AR) και η μικτή πραγματικότητα (MR) που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο σε διάφορες βιομηχανίες. Τα παραδείγματα που ακολουθούν διευκρινίζουν τα πολλαπλά πλεονεκτήματα που παρέχουν η επαυξημένη πραγματικότητα (AR) και η μικτή πραγματικότητα (MR) σε διάφορες βιομηχανίες (Dileep Kumar Murala & Sandeep Kumar Panda, 2023):

**Λιανική πώληση:** Μια από τις πιο δημοφιλείς τεχνολογίες AR είναι ο τομέας του λιανικού εμπορίου. Τα επώνυμα καταστήματα επίπλων επιτρέπουν να επιλέξουμε εικονικά τα έπιπλα ή τα αντικείμενα που μας έχουν τραβήξει την προσοχή και να οπτικοποιήσουμε πώς θα φαίνονται στο περιβάλλον του σπιτιού μας. Ορισμένοι οίκοι μόδας επιτρέπουν την εικονική δοκιμή ενός φορέματος χωρίς να χρειάζεται να μεταβούμε στο δοκιμαστήριο - αυτό είναι η AR σε λειτουργία στον κλάδο του λιανικού εμπορίου.

**Αυτοκίνητο:** Υπάρχουν πολλές περιπτώσεις χρήσης για AR / MR στην αυτοκινητοβιομηχανία. Η τεχνολογία AR / MR χρησιμοποιείται για την επίδειξη των λεπτών σημείων ενός αυτοκινήτου σε έναν πελάτη, οι οδηγίες και οι οδηγοί AR μπορούν να αντικαταστήσουν τα κουραστικά εγχειρίδια- η AR βοηθά τους μηχανικούς αυτοκινήτων να μάθουν τη διαδικασία κατασκευής και συντήρησης των οχημάτων πιο αποτελεσματικά και ταχύτερα. Η ομάδα σχεδιασμού και κατασκευής πρωτοτύπων αξιοποιεί την AR για να επιταχύνει τη διαδικασία ανάπτυξης. Αυτές είναι μερικές μόνο περιπτώσεις του τρόπου με τον οποίο η τεχνολογία AR / MR συμβάλλει στην αλλαγή της αυτοκινητοβιομηχανίας (Ledentsov et al., 2022).

**Κατασκευή:** Με το συνδυασμό ισχυρών συσκευών AR με προηγμένες τεχνολογίες αναγνώρισης εικόνας, συσκευές Internet of Things (IoT), Big Data και τεχνητή νοημοσύνη (AI), οι κατασκευαστές μπορούν να μειώσουν το χρόνο ανάπτυξης και το χρόνο διάθεσης στην αγορά. Στον σημερινό ανταγωνιστικό κόσμο, οι τεχνολογίες AR / MR δίνουν ώθηση στον

τομέα της μεταποίησης και αυξάνουν το RoI τους. Οι προσομοιώσεις AR / MR που βασίζονται σε σενάρια που επιτρέπουν στις ομάδες ανάπτυξης να βελτιώσουν τις δεξιότητές τους και να μάθουν από τα λάθη τους. Τα γκάτζετ που υποστηρίζονται από MR βελτιώνουν επίσης τη διαδικασία απογραφής, καθιστώντας την μια γρήγορη και ακριβή διαδικασία (Scott et al., 2020).

Αεροδιαστημική και άμυνα: Οι συσκευές AR έχουν το πλεονέκτημα ότι συνδυάζουν την αξιοπιστία των υπολογιστών με τον ανθρώπινο παράγοντα. Οι προσομοιωτές πτήσης, που χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση των πιλότων τόσο των εμπορικών όσο και των αμυντικών αεροσκαφών, βασίζονται στις καθηλωτικές τεχνολογίες AR / VR για την εκπαίδευση των πιλότων τους στην αρχική φάση. Επιπλέον, η AR ενισχύει σημαντικά την ικανότητα κατασκευής νέου εξοπλισμού και επιταχύνει τη διαδικασία δημιουργίας πρωτοτύπων και ανάπτυξης. Ο χειρισμός στο διάδρομο προσγείωσης είναι ένα σύνολο υπηρεσιών που παρέχονται από εξειδικευμένο προσωπικό ενώ το αεροπλάνο βρίσκεται ακόμη στο έδαφος. Χρησιμοποιώντας γυαλιά AR, οι εργαζόμενοι στο χειρισμό ράμπας έχουν τη δυνατότητα να σαρώνουν ειδικούς κωδικούς QR που είναι τοποθετημένοι σε εμπορευματοκιβώτια φορτίου, επιταχύνοντας σημαντικά τη διαδικασία φόρτωσης (Nandgaonkar et al., 2022).

### 3.5. Ψυχαγωγία – Πολιτισμός

Ο τομέας της Εικονικής και Επαυξημένης Πραγματικότητας παρουσιάζει ένα αξιοσημείωτο εύρος πιθανών εφαρμογών, λόγω της ιδιότητάς του ως μια βαθιά πρωτοποριακή τεχνολογία που επί του παρόντος παρουσιάζει σημαντική ανάπτυξη και συγκεντρώνει σημαντική έλξη. Ένας από τους τομείς στους οποίους έχει αρχίσει να ασκεί ηγεμονία είναι αυτός της ψυχαγωγίας. Επί του παρόντος, υπάρχει πληθώρα παιχνιδιών που χρησιμοποιούν τεχνολογίες Εικονικής και Επαυξημένης Πραγματικότητας, παρέχοντας έτσι στους χρήστες την ξεχωριστή ευκαιρία να συμμετέχουν σε αλληλεπιδράσεις σε πραγματικό χρόνο τόσο με απτές όσο και με εικονικές οντότητες. Κατά συνέπεια, ο σαγηνευτικός χαρακτήρας αυτών των παιχνιδιών καθιστά το περιεχόμενό τους εξαιρετικά ενδιαφέρον τόσο για τους μεμονωμένους χρήστες όσο και για τον ευρύτερο πληθυσμό (Hung et al., 2021). Η σύγκλιση υπολογιστών, κινητών τηλεφώνων, οθονών που τοποθετούνται στο κεφάλι (HMD) και άλλων περιφερειακών συσκευών παρουσιάζει μια απaráμιλλη εμπειρία χρήστη, ξεπερνώντας την απρόσωπη



αλληλεπίδραση με μια απλή οθόνη και βυθίζοντας τον χρήστη σε μια πολυδιάστατη σφαίρα που συνδυάζει άψογα την πραγματικότητα και την εικονικότητα, γεμάτη με πληθώρα ερεθισμάτων και νέες οπτικές αναπαραστάσεις (Lin et al., 2023).

Αναμφίβολα, είναι προφανές ότι η Εικονική και η Επαυξημένη Πραγματικότητα συγχωνεύουν συχνά τα πεδία της ψυχαγωγίας και της εκπαίδευσης, προωθώντας έτσι την καλλιέργεια της γνώσης μέσω αυτής της συμβιωτικής ένωσης. Μια αξιοσημείωτη εφαρμογή που έχει κερδίσει σημαντική αναγνώριση είναι το ARVolcano, μια πλατφόρμα που διευκολύνει τα παιδιά να αποκτήσουν κρίσιμες γνώσεις που αφορούν τα ηφαίστεια (Savela et al., 2020). Επιπλέον, η AR παρείχε γνώσεις που αφορούν τόσο την οργανική όσο και την ανόργανη χημεία. Το Πανεπιστήμιο της Βαλένθια έχει αναπτύξει διάφορες εφαρμογές που σχετίζονται με την επαυξημένη πραγματικότητα. Μια ιδιαίτερα γνωστή εφαρμογή είναι μια αφηγηματική πλατφόρμα στην οποία τα παιδιά κατέχουν τη δυνατότητα να παρεμβαίνουν και να καθορίζουν τόσο την εξέλιξη της ιστορίας όσο και την τελική της κατάληξη. Η παρούσα εφαρμογή αντλεί έμπνευση από την αφήγηση της διάσημης θεατρικής παράστασης "Ο βασιλιάς των λιονταριών" και περιλαμβάνει συνολικά οκτώ διαφορετικές εκβάσεις. Αυτές οι κορυφαίες ακολουθίες αποτελούνται από οπτικές καταγραφές με πρωταγωνιστές λιοντάρια, παρέχοντας έτσι στον νεαρό χρήστη την ευκαιρία να δημιουργήσει μια ποικιλία αφηγήσεων γύρω από το κεντρικό θέμα του "Βασιλιά των Λιονταριών" (Bertrand et al., 2019).

Σε συνδυασμό με τις λουδικές δραστηριότητες, οι σφαίρες της εικονικής και της επαυξημένης πραγματικότητας έχουν διεισδύσει με επιτυχία στον τομέα των λογοτεχνικών έργων. Επί του παρόντος, έχει εμφανιστεί μια πληθώρα λογοτεχνικών έργων και γραφικών μυθιστορημάτων που χρησιμοποιούν τρισδιάστατη (3D) τεχνολογία για την απεικόνιση των σκηνικών της αφήγησης, ενισχύοντας έτσι τη συνολική αναγνωστική εμπειρία (Lin et al., 2023).

Αναμφίβολα, η περίπλοκη και πολύπλευρη έννοια της επαυξημένης πραγματικότητας εκδηλώνει αναπόφευκτα τη δυνατότητα εφαρμογής της στο πεδίο της Τέχνης και του Πολιτισμού. Στη σύγχρονη εποχή, μια πληθώρα εφαρμογών, ιδίως εκείνων που έχουν σχεδιαστεί για κινητές συσκευές, έχουν εμφανιστεί για να εκπληρώσουν τον σκοπό της διασαφήνισης των ολοκληρωμένων αφηγηματικών και κρυμμένων διαστάσεων των συντηρημένων αντικειμένων εντός μουσείων και αρχαιολογικών χώρων. Το Μουσείο Μοντέρνας Τέχνης της Νέας Υόρκης φιλοξένησε μια σημαντική έκθεση επαυξημένης

πραγματικότητας στη Νέα Υόρκη, όπου οι επισκέπτες έλαβαν ολοκληρωμένες πληροφορίες για τα εκθέματα μέσω μιας σειράς οπτικών και ακουστικών μέσων (Jung et al., 2018).

Εκτός από τα μουσεία, η αξιοποίηση εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διευκόλυνση των προσπαθειών οπτικοποίησης και ανακατασκευής που αφορούν αρχαία μνημεία. Η βοήθεια αυτή αποδεικνύεται ανεκτίμητη για τους αρχαιολόγους και τους συντηρητές, καθώς τους επιτρέπει να αναπαραστήσουν τις συνθήκες και τα αρχιτεκτονικά θαύματα ιστορικών εποχών με μια αίσθηση αυθεντικότητας, που μοιάζει με την εμπειρία τους από πρώτο χέρι. Είναι εύκολα αντιληπτό ότι οι εφαρμογές στον συγκεκριμένο τομέα θα πρέπει να τηρούν ξεχωριστά κριτήρια, τα οποία περιλαμβάνουν παράγοντες όπως η φιλικότητα προς τον χρήστη, η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των δεδομένων και η παγκόσμια προσβασιμότητα. Υπάρχουν εικασίες ότι στο ορατό μέλλον, μπορεί να καταστεί εφικτή η ανεξάρτητη πρόσβαση σε έναν εκθεσιακό χώρο ή ένα ιστορικό μνημείο χωρίς την ανάγκη ανθρώπινης βοήθειας ή καθοδήγησης (Bertrand et al., 2019).

Το Archeoguide είναι μια ευρέως αναγνωρισμένη εφαρμογή στον τομέα αυτό. Αυτή η ευρωπαϊκή πρωτοβουλία διευκολύνει τη δυνατότητα των επισκεπτών αρχαιολογικών χώρων να συμμετέχουν σε χωρική παρατήρηση σε πραγματικό χρόνο και να δημιουργούν τρισδιάστατες απεικονίσεις των ιστορικών μνημείων. Κατά συνέπεια, η διαδικασία αυτή επιτρέπει την απόκτηση συμπληρωματικών πληροφοριών κατά τη διάρκεια της επιτόπιας επίσκεψής τους, η οποία διευκολύνεται από έναν οπτικό οδηγό πολυμέσων (Boboc et al., 2022).

## 4. Εφαρμογές AR, VR και MR στην εκπαίδευση

### 4.1. Οφέλη από τη χρήση AR στη μαθησιακή διαδικασία

Η επικρατούσα παρατήρηση αποκαλύπτει την ύπαρξη δύο πρωταρχικών ταξινομήσεων εφαρμογών που συναντώνται συχνά. Οι δύο κύριες κατηγορίες της επαυξημένης πραγματικότητας (AR) είναι η AR που βασίζεται στην εικόνα και η AR που βασίζεται στην τοποθεσία. Η πρώτη μέθοδος περιλαμβάνει τη χρήση μιας διαδικασίας οπτικής σάρωσης, που συνήθως στοχεύει σε ένα γραμμωτό κώδικα, με σκοπό την εξαγωγή σχετικών δεδομένων. Αντίθετα, η δεύτερη προσέγγιση περιλαμβάνει τη χρήση των γεωγραφικών συντεταγμένων του χρήστη, που συνήθως λαμβάνονται από τον δέκτη του Παγκόσμιου Συστήματος Εντοπισμού Θέσης (GPS), προκειμένου να προσαρμοστούν και να τροποποιηθούν αναλόγως τα εξαγόμενα δεδομένα. Από προεπιλογή και ως αποτέλεσμα της χρήσης της τεχνολογίας του Παγκόσμιου Συστήματος Εντοπισμού Θέσης (GPS), οι τελευταίες χρησιμοποιούνται κυρίως σε ανεμπόδιστο περιβάλλον.

Αυτές οι δύο μεθοδολογίες μπορούν ενδεχομένως να αποφέρουν ανόμοια πλεονεκτήματα στο πεδίο της επιστημονικής εκπαίδευσης. Τα εμπειρικά ευρήματα δείχνουν ότι οι παρεμβάσεις που βασίζονται στην εικόνα τείνουν να αποφέρουν πλεονεκτήματα στις χωρικές ικανότητες, στις πρακτικές δεξιότητες και στην κατανόηση εννοιών, ενώ οι παρεμβάσεις που βασίζονται στην τοποθεσία διευκολύνουν κυρίως τις διερευνητικές μαθησιακές προσπάθειες (Cheng & Tsai, 2013). Δεδομένων των σαγηνευτικών εξελίξεων και της φαινομενικά λειτουργικής φύσης της ΕΡ ως τεχνολογίας επαυξημένης διεπαφής χρήστη, οι μελετητές υποστηρίζουν ότι η ΕΡ κρύβει τεράστιες δυνατότητες και πλήθος πλεονεκτημάτων στην ενίσχυση της παιδαγωγικής και τη διευκόλυνση της απόκτησης γνώσεων.

Η χρήση εφαρμογών Ε.Ρ. στην εκπαίδευση σήμερα έχει τη δυνατότητα να:

- Να αυξήσει την κατανόηση του περιεχομένου από τους μαθητές και να βελτιώσει τις επιδόσεις τους
- Να παρακινήσει και να κινητοποιήσει τους μαθητές να εξερευνήσουν το μαθησιακό υλικό από διαφορετικές οπτικές γωνίες.
- Να βοηθήσει στη διδασκαλία θεμάτων στα οποία οι μαθητές δεν έχουν την ευκαιρία να βιώσουν την εμπειρία από πρώτο χέρι (π.χ. αστρονομία και γεωγραφία).

- Να ενισχύσει τη συνεργασία μεταξύ διδασκόντων-μαθητών και μαθητών μεταξύ τους.
- Να προάγει τη δημιουργικότητα και τη φαντασία των μαθητών.
- Να ενισχύσει τη μακροπρόθεσμη διατήρηση της μάθησης στη μνήμη (Radu & Schneider, 2019).

## 4.2. Τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται

Σύμφωνα με τους Bimber, Raskar και Inami (2005), η δημιουργία συστημάτων EP βασίζεται σε τρία σημαντικά μέρη:

### 4.2.1. Ανίχνευση και εγγραφή (Tracking and registration)

Δεδομένου του πρωταρχικού στόχου της E.P., ο οποίος είναι να παρέχει στο χρήστη μια ολοκληρωμένη αναπαράσταση της πραγματικότητας, ένας κρίσιμος τομέας εστίασης που έχει συγκεντρώσει σημαντική επιστημονική προσοχή αφορά την ακριβή παρακολούθηση της θέσης του χρήστη και των αντικειμένων εντός του παρατηρούμενου περιβάλλοντος. Εξίσου κρίσιμη είναι η σχολαστική καταγραφή και η ακριβής τοποθέτηση των πληροφοριών που παράγει το σύστημα.

Μια από τις διαρκείς προκλήσεις που επιμένουν στη σύγχρονη εποχή αφορά το ζήτημα της ανίχνευσης και της καταγραφής στο πεδίο των συστημάτων E.P.. Ως εκ τούτου, η επιτακτική ανάγκη για τις εφαρμογές E. P. έγκειται στην αδήριτη ανάγκη για ακλόνητη, ακριβή, ταχεία και ανθεκτική ταυτοποίηση του παρατηρητή, παράλληλα με την αυθεντικοποίηση τόσο των υλικών όσο και των άυλων οντοτήτων στο περιβάλλον (Cho et al., 2020).

### 4.2.2. Τεχνολογίες αναπαράστασης (Display technology)

Οι κύριοι τρόποι αναπαράστασης της E. P. μπορούν να συνοψιστούν σε τρεις (Diegmann et al., 2015):

- Αναπαράσταση μέσω βίντεο.

- Αναπαράσταση βίντεο με βίντεο (Video See-Through).
- Οπτική See-Through αναπαράσταση (Optical See-Through).

Οι συσκευές εξόδου αντιπροσωπεύονται κυρίως από:

- Οθόνες που τοποθετούνται στο κεφάλι/προβολείς.
- Οθόνες/προβολείς χειρός.
- Τοποθετημένος (χωρικά ευθυγραμμισμένος βιντεοπροβολέας/οθόνη).

Σε όλες τις περιπτώσεις, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι προαναφερθείσες τεχνολογίες.

Στο πεδίο της βιντεοσκοπημένης αναπαράστασης, η έννοια της εικονικής πραγματικότητας αντικαθίσταται από τη χρήση μιας κάμερας για την καταγραφή της πραγματικής πραγματικότητας, πάνω στην οποία στη συνέχεια επικαλύπτεται το EP (ενσώματη παρουσία) πάνω στο ψηφιοποιημένο οπτικό περιεχόμενο. Στο πεδίο της οπτικής αναπαράστασης, η ουσία της πραγματικότητας παραμένει αναλλοίωτη, ενώ η ενσάρκωση της EP μεταφέρεται μέσω διαφανών καθρεφτών και φακών. Η διαδικασία της προβολής στο χώρο συνεπάγεται την πράξη της προβολής της επαύξησης σε απτές οντότητες εντός του χωρικού πεδίου. Στο συγκεκριμένο σενάριο, τα σημαντικότερα οφέλη εκδηλώνονται σε αντιπαράθεση με τις υπόλοιπες δύο επιλογές, λόγω της απουσίας περιορισμών που αφορούν τεχνικά χαρακτηριστικά όπως οι διαστάσεις, η υπολογιστική ικανότητα και η χρήση ενέργειας (Diegmann et al., 2015).

#### 4.2.3. Απόδοση σε πραγματικό χρόνο (Real time rendering)

Η αποτελεσματικότητα και η αξιοπιστία ενός συστήματος EP εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την ικανότητά του να ενσωματώνει άμεσα και με ακρίβεια την πραγματική εικόνα και την εικόνα που παράγεται από υπολογιστή, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του χρήστη.

Ιδιαίτερα στο πλαίσιο της χρήσης αναπαράστασης βίντεο, η ταχύτητα με την οποία η πραγματικότητα μεταδίδεται από την αρχική της είσοδο στο σύστημα και στη συνέχεια παραδίδεται στο χρήστη αποτελεί σημαντικό εμπόδιο για την επίτευξη άμεσης απόκρισης. Στη σύγχρονη εποχή, η οποία χαρακτηρίζεται από την ταχεία εξέλιξη της τεχνολογίας, έχουν γίνει αξιοσημείωτα βήματα στον συγκεκριμένο τομέα και φαίνεται ότι τα συστήματα EP παρουσιάζουν αξιοσημείωτη ανταπόκριση σε αυτό το καίριο ζήτημα (Wong & Wang, 2017).

### 4.3. Εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας

Στη μελέτη τους, οι Thornton και συν. (2012) προτείνουν τη χρήση των προηγούμενων γνωστών ARSights, τα οποία έχουν πλέον εξελιχθεί σε υπερχώρους, μαζί με λογισμικά τρισδιάστατης μοντελοποίησης, όπως το Google Earth, το Google 3D Warehouse και το Google SketchUp, ως βιώσιμα μέσα για την προώθηση εφαρμογών Ε.Ρ. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν ευρωπαϊκές πρωτοβουλίες που περιλαμβάνουν διάφορα έργα που επικεντρώνονται στη δημιουργία και την προώθηση λογισμικού ειδικά σχεδιασμένου για την ενίσχυση της Συναισθηματικής Νοημοσύνης (Ε.Ι.). Παραδειγματικά παραδείγματα αποτελούν το LARGE (Learning Augmented Reality Global Environment), το οποίο υποστηρίζεται οικονομικά από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, και το ARAVET, ένα έργο που περιλαμβάνει τρεις τομείς ανάπτυξης εφαρμογών, δηλαδή την Ηλεκτρονική, την Πληροφορική και την Κλωστοϋφαντουργία. Στον τομέα της πληροφορικής υπάρχει μια αξιοσημείωτη ελληνική συμμετοχή, όπου το επίκεντρο της εφαρμογής αφορά τις λογικές πύλες.

#### 4.3.1. Μαθηματικά

Οι Chang, Morreale και Medicherla (2010) ανέπτυξαν με επιτυχία μια εφαρμογή εκπαιδευτικής τεχνολογίας γνωστή ως Construct3D. Αυτή η εφαρμογή έχει σχεδιαστεί σχολαστικά για να διευκολύνει την εκμάθηση των μαθηματικών και της γεωμετρίας μέσω της αξιοποίησης τρισδιάστατων γεωμετρικών μοντέλων. Η συγκεκριμένη εφαρμογή διευκολύνει την ταυτόχρονη αξιοποίηση ενός κοινού εικονικού περιβάλλοντος από πολλούς χρήστες, συμπεριλαμβανομένων των εκπαιδευτικών και των μαθητών τους, όπου μπορούν να συμμετέχουν συλλογικά στη δημιουργία γεωμετρικών μορφών. Αυτή η συνεργατική προσπάθεια καθίσταται δυνατή μέσω της χρήσης μιας οθόνης τοποθετημένης στο κεφάλι, η οποία επιτρέπει στους χρήστες να αντιλαμβάνονται τα δεδομένα που παράγονται από υπολογιστή μέσα στο άμεσο φυσικό τους περιβάλλον. Η εφαρμογή έχει υποβληθεί σε ολοκληρωμένη αξιολόγηση επί πέντε χρόνια στο εργαστήριο, με τη συμμετοχή σημαντικού αριθμού χρηστών, που αποτελούνται από μαθητές, καθηγητές και εμπειρογνώμονες. Τα αποτελέσματα αυτής της αξιολόγησης ήταν συντριπτικά θετικά.

Σε παρόμοιο πνεύμα, οι Alcaniz, Contero, Perez-Lopez και Ortega (2010) επινόησαν την εφαρμογή Cube, η οποία ενσωματώνει έξι δείκτες. Ενεργοποιώντας τα κουμπιά με τις ενδείξεις "b", "t", "g", "a" και "i" με διαδοχική σειρά, φωτίζεται η αμέσως γειτονική πλευρά, ακολουθούμενη από την αποκάλυψη των άκρων, των διαγωνίων, όλων των πλευρών και τελικά την προβολή ενός επαυξημένου κουτιού πληροφοριών εντός του χωρικού πεδίου.

#### 4.3.2. Βιολογία

Το E. P χρησιμοποιείται στη μελέτη της ανατομίας και της δομής του σώματος στη βιολογία. Οι καθηγητές των Specialist Schools and Academies Trust-SSAT έδειξαν ότι οι τεχνολογίες E. P μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρουσίαση των ανθρώπινων οργάνων, ώστε οι μαθητές να κατανοήσουν τη δομή και τη λειτουργία τους παρακολουθώντας τρισδιάστατα μοντέλα E. P. Επιπλέον, οι μαθητές θα μπορούν να μελετήσουν τα ανθρώπινα όργανα χρησιμοποιώντας την κάμερα του φορητού τους υπολογιστή και τις ετικέτες E.P., οι οποίες παρουσιάζουν στην οθόνη τους πληροφορίες σχετικά με τις βιολογικές δομές του ανθρώπινου σώματος.

Παράλληλα, το πρόγραμμα ARiSE (Augmented Reality in School Environments) ανέπτυξε μια τέτοια εφαρμογή, όπου οι μαθητές κάθονται σε ένα ειδικό θρανίο με κάθισμα και οθόνη και επιλέγοντας σημεία μπορούν να δουν το ανθρώπινο πεπτικό σύστημα (Cabero & Barroso, 2015).

#### 4.3.3. Φυσική – μηχανική

Είναι σύνηθες φαινόμενο οι φοιτητές να αντιμετωπίζουν δυσκολίες όταν προσπαθούν να κατανοήσουν τις θεμελιώδεις αρχές των φυσικών εννοιών στον τομέα της μηχανικής. Η κατανόηση των θεωρητικών πλαισίων που διέπουν τα φυσικά φαινόμενα αποτελεί πρόκληση για αυτούς. Αναμφίβολα, είναι υψίστης σημασίας για τους φοιτητές να αποκτήσουν μια ολοκληρωμένη κατανόηση αυτών των εννοιών, καθώς χρησιμεύουν ως το θεμελιώδες υπόβαθρο του τομέα της φυσικής. Στο συγκεκριμένο πλαίσιο και με πρωταρχική έμφαση στην ενίσχυση των νόμων του Νεύτωνα, επινοήθηκε μια εφαρμογή γνωστή ως Physics Playground (Meyer, 2007).

Η εφαρμογή αναπτύχθηκε με τρόπο παρόμοιο με το Construct3D, καθώς προήλθε από το ίδιο εργαστήριο και παρουσίασε συγκρίσιμα ευνοϊκά αποτελέσματα κατά την αξιολόγησή της. Οι προγραμματιστές εντόπισαν δύο θεμελιώδη πλεονεκτήματα που ενυπάρχουν στην εφαρμογή.

- Η σχεδόν απτή αλληλεπίδραση όταν οι μαθητές κατασκευάζουν και εκτελούν τα φυσικά πειράματα. Μαζί οι μαθητές είναι σε θέση να περπατήσουν γύρω από τα αντικείμενα και να δουν τα πειράματα από διαφορετικές οπτικές γωνίες.
- Η δυνατότητα προσομοίωσης πειραμάτων σε πραγματικό χρόνο τους δίνει τη δυνατότητα να αλλάζουν γρήγορα τις παραμέτρους και να επαναπροσδιορίζουν κάθε πείραμα. Συνεπώς, ενθαρρύνει τις παραλλαγές, ένα κρίσιμο πλεονέκτημα στον πειραματισμό φυσικής.

Σύμφωνα με τους ερευνητές, η εφαρμογή αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί με τα ίδια θετικά αποτελέσματα τόσο σε νεαρές ηλικίες όσο και στην τριτοβάθμια εκπαίδευση (Radu & Schneider, 2019).

#### 4.3.4. Χημεία

Ένας από τους κύριους παράγοντες που συμβάλλουν στις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στην κατανόηση και αφομοίωση των αρχών της χημείας είναι ευρέως αποδεκτό ότι είναι η περιορισμένη ικανότητά τους να απεικονίζουν και να αντιλαμβάνονται την περίπλοκη τρισδιάστατη δομή των μορίων που διδάσκονται. Στο σεβαστό Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο του Μονάχου αναπτύχθηκε μια εφαρμογή αιχμής, γνωστή ως Augmented Chemical Reactions (επαυξημένες χημικές αντιδράσεις). Αυτό το καινοτόμο λογισμικό απεικονίζει αποτελεσματικά περίπλοκα μοντέλα μορίων αξιοποιώντας τη δύναμη της τεχνολογίας επαυξημένης πραγματικότητας. Κατευθύνοντας απλώς την κάμερα προς ειδικά σχεδιασμένες πλάκες, οι χρήστες είναι σε θέση να παρακολουθήσουν το δυναμικό σχηματισμό μοριακών δομών με οπτικά συναρπαστικό τρόπο.

Ο χειρισμός της κάμερας είναι υπεύθυνος για τον έλεγχο τόσο της θέσης όσο και του προσανατολισμού των μορίων, ενώ η περιστροφή των πλακών προκαλεί μια συμπεριφορά στα εικονικά αντικείμενα που προσομοιώνει μια κατάσταση χειρισμού (Maier et al., 2009).



Προκειμένου να ενισχυθεί η κατανόηση του πεδίου της χημείας, η προαναφερθείσα εφαρμογή παρουσιάζει τη δυναμική μεταβολή των μορίων καθώς πλησιάζουν το ένα το άλλο.

Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης παρουσιάζουν αξιοσημείωτες υποσχέσεις όσον αφορά την προώθηση της κατανόησης και την πρόοδο του τομέα της χημείας, χάρη στον ευρηματικό χειρισμό των μοριακών δομών σε ένα τρισδιάστατο πλαίσιο. Το έργο ARiSE, γνωστό και ως Augmented Reality in School Environments, ανέπτυξε με επιτυχία μια εκπαιδευτική πλατφόρμα που διευκολύνει την καθοδηγούμενη κατασκευή. Η πλατφόρμα αυτή απευθύνεται ειδικά στον τομέα της χημείας, επιτρέποντας στους μαθητές να κατασκευάζουν μόρια και να έχουν πρόσβαση στον περιοδικό πίνακα. Αυτό απεικονίζεται στην Εικόνα 3 (Cabero & Barroso, 2015).

#### 4.3.5. Ιστορία

Τα τελευταία χρόνια, η παιδαγωγική προσέγγιση της διδασκαλίας της ιστορίας έχει γνωρίσει έναν αξιοσημείωτο εμπλουτισμό μέσω της ενσωμάτωσης διαφόρων πολυμεσικών πόρων, όπως ιστορικές ταινίες, φωτογραφίες, συνεντεύξεις και καθηλωτικές εκδρομές. Στη σύγχρονη εποχή, είναι διακριτή η τάση ενσωμάτωσης πολλών πλεονεκτικών χαρακτηριστικών στις εφαρμογές της εκπαιδευτικής τεχνολογίας, ειδικά εκείνων που αφορούν τα ηλεκτρονικά χαρτοφυλάκια (E. P.). Οι φορητές συσκευές που είναι εξοπλισμένες με την τεχνολογία E.P. (Electronic Publishing) προσφέρουν μια πληθώρα συναρπαστικών πληροφοριών συγκεντρωμένων σε μια μοναδική τοποθεσία, προσβάσιμη άμεσα και εντός των ορίων της φυσικής πραγματικότητας. Κάθε άτομο που εμπλέκεται στη διαδικασία απόκτησης γνώσεων, διαθέτοντας μια φορητή ηλεκτρονική συσκευή, έχει τη δυνατότητα να εμπλακεί σε ένα πολύπλευρο περιβάλλον που ενσωματώνει διάφορες μορφές μέσων, διευκολυνόμενο από μια συνιστώσα ηλεκτρονικής πλατφόρμας. Μέσω της αξιοποίησης των δυνατοτήτων ανίχνευσης θέσης και κατεύθυνσης της συσκευής, δημιουργείται μια ολοκληρωμένη σειρά πολυμεσικού περιεχομένου και ενσωματώνεται απρόσκοπτα στην εικόνα, που περιλαμβάνει στοιχεία κειμένου, ηχητικά στοιχεία, καθώς και οπτικά στοιχεία, όπως φωτογραφίες ή τρισδιάστατες απεικονίσεις (Challenor & Ma, 2019).

Το ευρωπαϊκό ερευνητικό έργο iTacitus (Intelligent Tourism and Cultural Information through Ubiquitous Services) ανέλαβε μια αξιοσημείωτη και σχετική ερευνητική προσπάθεια

που διερεύνησε τη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης (AI) για τη δημιουργία μιας συναρπαστικής και καθηλωτικής συνάντησης σε χώρους πολιτιστικής κληρονομιάς.

Στην Τσεχική Δημοκρατία, η πρωτοβουλία Memory of Nations (Μνήμη των Εθνών) βρίσκεται σε πιλοτική φάση διάρκειας ενός έτους, η οποία περιλαμβάνει μια ολοκληρωμένη συλλογή περισσότερων από 200 μνημείων. Αυτές οι τοποθεσίες έχουν σχολιαστεί σχολαστικά με ακριβείς και αξιόπιστες περιγραφές των ιστορικών γεγονότων που σχετίζονται με κάθε τοποθεσία. Οι χρήστες της εφαρμογής έχουν τη δυνατότητα να συμμετάσχουν σε ακουστική λήψη των παρατηρήσεων και να διαβάσουν κειμενικές αναφορές που αφορούν σημαντικά γεγονότα που λαμβάνουν χώρα εντός της εφαρμογής. Ένα αξιοσημείωτο πλεονέκτημα αυτής της εφαρμογής έγκειται στην ικανότητά της να εμπλέκει τους μαθητές στη διαδικασία κατασκευής ενός ηλεκτρονικού χαρτοφυλακίου, ενισχύοντας έτσι το εσωτερικό τους κίνητρο για περαιτέρω αύξηση της ιστορικής τους αντίληψης (Kysela J. & Štorková P., 2015).

#### 4.3.6. Πληροφορική

Στο συγκεκριμένο παιδαγωγικό πλαίσιο του μαθήματος "Εισαγωγή στην Πληροφορική", οι Liarokapis και Anderson (2010) αναλύουν τη χρήση τρισδιάστατων αντικειμένων σε συνδυασμό με αναδυόμενες τεχνολογίες, όπως η Διευρυμένη Πραγματικότητα (XR), ως εναλλακτική λύση στις παραδοσιακές μεθόδους παρουσίασης, όπως το PowerPoint. Αυτή η καινοτόμος προσέγγιση εφαρμόζεται μέσω ενός πρακτικού εγχειριδίου χρήσης, το οποίο χρησιμεύει ως απτό εργαλείο για τη διευκόλυνση βελτιωμένων μαθησιακών εμπειριών. Το σώμα των φοιτητών χρησιμοποίησε είτε μια οθόνη που τοποθετείται στο κεφάλι (Head Mounted Display - HMD) είτε μια υποτυπώδη οθόνη προκειμένου να αντιληφθεί τις εννοιολογικές πληροφορίες.

Σύμφωνα με τα ευρήματα της Alzahrani (2020), η αξιοποίηση οπτικοακουστικών μέσων και διαδραστικών στοιχείων στο πλαίσιο του προγραμματισμού υπολογιστών (CP) έχει παρατηρηθεί ότι ενισχύει την εκπαιδευτική διαδικασία. Η παρατήρηση αυτή έγινε κατά τη διάρκεια ενός πιλοτικού προγράμματος που διεξήχθη στο πλαίσιο ενός μεταπτυχιακού τμήματος πολυμέσων, συγκεκριμένα στον τομέα των πολυμέσων.

Η αξιοποίηση μιας εφαρμογής τρισδιάστατου παζλ E.P. διευκόλυνε τις συνεργατικές προσπάθειες των φοιτητών, καθώς προσπαθούσαν να το λύσουν μέσω της αξιοποίησης

διαφόρων τρόπων επικοινωνίας, όπως ο ήχος και οι χειρονομίες, ενώ παράλληλα συμμετείχαν στην ανταλλαγή και συγχώνευση ιδεών. Το παζλ απεικόνιζε μια τρισδιάστατη εκδήλωση του ακαδημαϊκού περιβάλλοντος (Liarokapis & Anderson, 2010).

#### 4.3.7. Βιβλία

Σύμφωνα με τους Johnson και συν. (2010) και Kesim & Ozarslan (2012), έχει παρατηρηθεί ότι ο μετασχηματισμός των συμβατικών βιβλίων σε ηλεκτρονικές εκδόσεις (EP books) μπορεί να επιτευχθεί μέσω της χρήσης εξειδικευμένου λογισμικού στον προσωπικό υπολογιστή του χρήστη ή μιας εφαρμογής για κινητά τηλέφωνα. Αξιοποιώντας την ενσωματωμένη κάμερα του υπολογιστή, η χαρακτηριστική ετικέτα που επικολλάται στο βιβλίο υφίσταται μια διαδικασία σάρωσης, με αποτέλεσμα την απόκτηση τρισδιάστατων δεδομένων, τα οποία στη συνέχεια αποδίδονται για παρουσίαση.

Το μαγικό βιβλίο είναι ένα βιβλίο EP που αναλύει κριτικά την απρόσκοπτη μετάβαση που βιώνεται κατά τη μετάβαση από τη σφαίρα της πραγματικότητας στη σφαίρα της εικονικής πραγματικότητας. Όταν οι χρήστες στρέφουν την προσοχή τους προς τις φυσικές σελίδες ενός απτού βιβλίου μέσω ενός έξυπνου τηλεφώνου ή ενός tablet, είναι σε θέση να αντιληφθούν τις εικονικές πληροφορίες που έχουν τοποθετηθεί ψηφιακά πάνω στις προαναφερθείσες φυσικές σελίδες. Όταν οι χρήστες συναντούν μια σκηνή E.P. μέσα σε ένα λογοτεχνικό έργο που βρίσκει ανταπόκριση στις προτιμήσεις τους, έχουν τη δυνατότητα να "βιώσουν" την εν λόγω σκηνή μέσα σε ένα προσομοιωμένο περιβάλλον (Cabero & Barroso, 2015).



*Εικόνα 5 Εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας στην εκπαίδευση*

#### 4.4. Εικονική και επαυξημένη πραγματικότητα στην επιστημονική εκπαίδευση

Τα εικονικά περιβάλλοντα αποκτούν ολοένα και μεγαλύτερη σημασία στη σφαίρα της επιστημονικής εκπαίδευσης σε διάφορους τομείς, μεταξύ άλλων στην εκπαίδευση στην επιστήμη των υπολογιστών (Broisin et al., 2015), στην εκπαίδευση στη ναυτεχνολογία, στην εκπαίδευση στη βιολογία, στην εκπαίδευση στις οικοδομικές επιστήμες (Setareh et al., 2005), στην εκπαίδευση στις επιστήμες της υγείας και στην εκπαίδευση στη χημεία. Το υπάρχον ερευνητικό υλικό δείχνει ότι η εικονική πραγματικότητα (VR) υπόσχεται να αποτελέσει ένα βιώσιμο εργαλείο για την επιτυχή ενσωμάτωση της διαδικτυακής εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες μέσω της δημιουργίας εικονικών τάξεων. Οι εκπαιδευτικοί των φυσικών επιστημών που υπηρετούν πριν από την εκπαίδευση αποκτούν κατανόηση των πιθανών πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων που σχετίζονται με τη χρήση της εικονικής πραγματικότητας σε ένα εκπαιδευτικό περιβάλλον μετά την ενασχόλησή τους με ένα εικονικό περιβάλλον πολλαπλών χρηστών (Kennedy-Clark, 2011). Οι συγγραφείς Cowling και Birt (2018) υπογραμμίζουν τη σημασία της ιεράρχησης της παιδαγωγικής έναντι της τεχνολογίας κατά την ανάπτυξη προσομοιώσεων μικτής πραγματικότητας. Υποστηρίζουν μια ερευνητική προσέγγιση βασισμένη στο σχεδιασμό που διασφαλίζει ότι οι προσομοιώσεις αυτές ανταποκρίνονται αποτελεσματικά στις παιδαγωγικές απαιτήσεις των μαθητών.

Η τρέχουσα πορεία της έρευνας στον τομέα της μικτής πραγματικότητας υποδεικνύει μια κυρίαρχη έμφαση στην εξέταση των μαθησιακών επιτευγμάτων, των κινήτρων και της στάσης. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχει έλλειψη ποιοτικών ερευνών σε αυτόν τον τομέα, όπως τονίζουν οι Agici και συν. (2019). Η πλειονότητα των επιστημονικών ερευνών αφορά τη συγκριτική ανάλυση των μαθησιακών αποτελεσμάτων των μαθητών όταν χρησιμοποιούν εικονική πραγματικότητα (VR) σε αντίθεση με εναλλακτικές μεθοδολογίες, όπως η επαυξημένη πραγματικότητα (AR), οι απτικές μαθησιακές εμπειρίες ή/και οι συμβατικές εκπαιδευτικές πρακτικές. Σύμφωνα με τα ευρήματα των Huang και συν. (2019), τα εμπειρικά στοιχεία δείχνουν ότι η εικονική πραγματικότητα (VR) παρουσιάζει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στη διευκόλυνση της κατανόησης και της διατήρησης οπτικού εκπαιδευτικού υλικού. Αντίθετα, η επαυξημένη πραγματικότητα (AR) αναδεικνύεται ως καταλληλότερη εναλλακτική λύση για τα άτομα που ασχολούνται με την ακουστική μάθηση.

Η εμπειρική έρευνα απέδωσε αποτελέσματα που υποδεικνύουν την απουσία στατιστικά σημαντικών διαφορών στα εκπαιδευτικά επιτεύγματα κατά τη σύγκριση των συναντήσεων

εικονικής πραγματικότητας (VR), επαυξημένης πραγματικότητας (AR) και απτικής μάθησης. Τα εμπειρικά στοιχεία έδειξαν ότι τόσο τα εικονικά όσο και τα φυσικά περιβάλλοντα αποδίδουν συγκρίσιμη αποτελεσματικότητα όσον αφορά τη διευκόλυνση των πρακτικών δραστηριοτήτων, οδηγώντας έτσι σε ουσιαστική πρόοδο των γνώσεων και των επιπέδων εμπιστοσύνης των μαθητών στο πεδίο της πρώιμης επιστημονικής εκπαίδευσης. Προηγούμενες έρευνες έχουν δείξει ότι υπάρχει μια κατάσταση ισοδυναμίας όσον αφορά τα μαθησιακά αποτελέσματα και τις γνωστικές διεργασίες όταν συγκρίνεται η αξιοποίηση της πρακτικής μάθησης και της εικονικής πραγματικότητας (Lamb et al., 2018). Στον τομέα της παιδαγωγικής των ιατρικών επιστημών, πολλαπλές έρευνες έχουν αποκαλύψει ότι η αξιοποίηση της εικονικής πραγματικότητας (VR), της επαυξημένης πραγματικότητας (AR) ή των προσομοιώσεων με βάση ταμπλέτες δεν αποδίδει καμία ουσιαστική διαφορά στα εκπαιδευτικά επιτεύγματα. Παρ' όλα αυτά, αξίζει να σημειωθεί ότι η εφαρμογή της εικονικής πραγματικότητας έχει συνδεθεί με ορισμένες ανεπιθύμητες συνέπειες, συμπεριλαμβανομένων, μεταξύ άλλων, των αισθήσεων ζάλης, όπως τεκμηρίωσαν οι Moro και συν. στις έρευνές τους που διεξήχθησαν το 2017a, 2017b και 2021.

Παρ' όλα αυτά, κατά τη διενέργεια συγκριτικής ανάλυσης μεταξύ της αξιοποίησης της εικονικής πραγματικότητας (VR) και των συμβατικών μεθοδολογιών, η επιστημονική βιβλιογραφία αποκαλύπτει αξιοσημείωτες προόδους στον τομέα της απόκτησης γνώσεων. Σύμφωνα με την έρευνα που διεξήγαγαν οι McElhaneey και Linn (2011), παρατηρήθηκε ότι οι μαθητές εμπλέκονται με εικονικά περιβάλλοντα με σκόπιμο τρόπο, χρησιμοποιώντας μη συστηματικές και ολοκληρωμένες τεχνικές πειραματισμού. Επιπλέον, διαπιστώθηκε ότι οι συγκεκριμένοι μαθητές παρουσίασαν αξιοσημείωτες βελτιώσεις στην κατανόηση των εννοιών της φυσικής, υποδηλώνοντας σημαντικά μαθησιακά οφέλη. Η αξιοποίηση της συνεργατικής ενσώματης μάθησης μέσα σε περιβάλλοντα μικτής πραγματικότητας έχει βρεθεί ότι αποδίδει ανώτερα μαθησιακά αποτελέσματα σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας στο πλαίσιο της επιστημονικής εκπαίδευσης. Η αξιοποίηση ολοκληρωμένων, καθηλωτικών προσομοιώσεων που περιλαμβάνουν θεμελιώδεις έννοιες στον τομέα της φυσικής έχει παρατηρηθεί ότι αποφέρει σημαντική πρόοδο στην απόκτηση γνώσεων, αυξημένα επίπεδα συμμετοχής και την καλλιέργεια ευνοϊκών προδιαθέσεων απέναντι στον επιστημονικό κλάδο. Η αξιοποίηση της εικονικής πραγματικότητας (VR) στο πλαίσιο της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών έχει αποδειχθεί ότι βελτιώνει την ακαδημαϊκή επίδοση και προωθεί αυξημένα επίπεδα δέσμευσης, όπως αποδεικνύεται από τα ευρήματα των Liu και συν (2020).

Πολλαπλές ερευνητικές μελέτες έχουν αποδώσει ευρήματα που τεκμηριώνουν την άποψη ότι η αξιοποίηση της τεχνολογίας εικονικής πραγματικότητας (VR) επιφέρει αξιοσημείωτες βελτιώσεις στις γνωστικές ικανότητες και τις διαθέσεις των μαθητών των φυσικών επιστημών. Η μελέτη που διεξήχθη από τους Al-Amri και συν. (2020) έδειξε ότι η ενσωμάτωση ενός τρισδιάστατου μαθησιακού περιβάλλοντος εικονικής πραγματικότητας απέδωσε θετικά αποτελέσματα όσον αφορά τις επιδόσεις και τα κίνητρα των μαθητριών στη φυσική στο πλαίσιο της εκπαίδευσης της φυσικής. Στην πρωτοποριακή μελέτη τους, οι Scherer και Tiemann (2012) εντόπισαν τρεις διαφορετικές ικανότητες επίλυσης προβλημάτων που παρουσιάζονται μέσα σε εικονικά περιβάλλοντα. Οι ικανότητες αυτές περιλαμβάνουν την επιτυχή επίτευξη μιας επιθυμητής κατάστασης στόχου, τον μεθοδικό χειρισμό και τη διαχείριση των μεταβλητών, καθώς και την επιδέξια επίλυση αναλυτικών εργασιών. Η διασύνδεση μεταξύ των κινήτρων και των μαθησιακών στάσεων των μαθητών σε εμβυθιστικά εικονικά περιβάλλοντα για την εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες μπορεί να διευκρινιστεί εξετάζοντας τις δομές της εσωτερικής αξίας και της αυτορρύθμισης. Επιπλέον, είναι επιτακτική ανάγκη να αναγνωρισθεί ότι η προσοχή και η ευχαρίστηση των μαθητών παίζουν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση των μαθησιακών τους εμπειριών μέσα στο εμβυθιστικό εικονικό περιβάλλον. Η εφαρμογή ενός Εικονικού Εργαστηρίου Μάθησης Επιστημών Μηχανικής (Virtual Engineering Science Learning Lab - VESLL) έχει καταδείξει μια αξιοσημείωτη ενίσχυση του ενδιαφέροντος και της μαθησιακής εμπειρίας των μαθητών στο πεδίο της εκπαίδευσης STEM, όπως αποδεικνύεται από την έρευνα που διεξήγαγαν οι August και συν. (2016).

Ο Güney (2019) υπογραμμίζει τη σημασία της οπτικοποίησης και του οπτικού γραμματισμού στον τομέα του διδακτικού σχεδιασμού κατά την ενσωμάτωση της τεχνολογίας σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω μιας ολοκληρωμένης εξέτασης των οπτικών εφέ, του οπτικού γραμματισμού και των αρχών σχεδιασμού πίσω από τη διδασκαλία με πολυμέσα, όπως προκύπτει από μια διεξοδική βιβλιογραφική επισκόπηση. Η χρήση ενός οπτικού εικονικού μοντέλου που ενσωματώνει τόσο οπτικές όσο και απτικές αισθητικοκινητικές αλληλεπιδράσεις παρουσιάζει στους μαθητές μια πολύτιμη οδό για την οικοδόμηση γνώσεων που αφορούν υπομικροσκοπικά φαινόμενα (Schönborn et al., 2011). Κατά τη χρήση περιβαλλόντων και τεχνολογίας εικονικής πραγματικότητας (VR) για τους σκοπούς της επιστημονικής εκπαίδευσης, καθίσταται επιτακτική η ανάγκη να λαμβάνεται υπόψη η χωρική οξύτητα των μαθητών. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η γνωστική ανάπτυξη των μαθητών επηρεάζει σημαντικά την αντίληψή τους για την εμπειρία της εικονικής

πραγματικότητας. Οι Schutera και συν. (2021) τόνισαν τη σημασία της ενσωμάτωσης της τεχνολογίας επαυξημένης πραγματικότητας (AR) στην παιδαγωγική των μαθηματικών, ειδικά στον τομέα της χωρικής οπτικοποίησης που αφορά τη διανυσματική μάθηση.

#### 4.5. MR στη βιωματική μάθηση

Η αξιοποίηση της μικτής πραγματικότητας στο πλαίσιο της βιωματικής μάθησης έχει τη δυνατότητα να ενισχύσει την εκπαιδευτική διαδικασία, παρέχοντας στους μαθητές την ευκαιρία να ασχοληθούν με πιο ενεργό και δυναμικό τρόπο με σύνθετα θέματα (Pellas et al., 2019). Σύμφωνα με τους Pickering και συν. (2021), η αξιοποίηση των τεχνολογιών μικτής πραγματικότητας και του καθηλωτικού της περιβάλλοντος έχει τη δυνατότητα να αυξήσει σημαντικά τα μαθησιακά αποτελέσματα, τα κίνητρα και τις επιδόσεις των μαθητών στο πλαίσιο της τάξης των φυσικών επιστημών. Προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει σταθερά ότι η αξιοποίηση ενός καθηλωτικού και βιωματικού περιβάλλοντος μάθησης έχει τη δυνατότητα να αυξήσει σημαντικά την κατανόηση περίπλοκων επιστημονικών εννοιών και ιδεών. Επιπλέον, προηγούμενες έρευνες από γνωστική σκοπιά έχουν αναδείξει αποτελεσματικά τις δυνατότητες της μικτής πραγματικότητας ως ένα τρομερό μέσο για την ενίσχυση της κατανόησης και της διατήρησης των επιστημονικών αρχών από τους μαθητές. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της ενεργού εμπλοκής των μαθητών σε πρακτικές εμπειρίες και προσομοιώσεις, όπως καταδεικνύουν οι Weng και συν. (2018). Στο πλαίσιο της μελέτης, οι μελετητές εμβάθυναν στις περιπλοκές της κυτταρικής δομής και λειτουργικότητας μέσω της αξιοποίησης της τεχνολογίας μικτής πραγματικότητας. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι μαθητές παρουσίασαν αυξημένο επίπεδο συμμετοχής και ενθουσιασμού απέναντι στο αντικείμενο σε σύγκριση με τους συμμαθητές που εκτέθηκαν σε συμβατικές παιδαγωγικές μεθόδους. Επιπλέον, μια πρόσφατη μελέτη που διεξήχθη από τους Kolecki και συν. (2022) αποκάλυψε ότι η ενσωμάτωση προσομοιώσεων μικτής πραγματικότητας επέφερε αξιοσημείωτες βελτιώσεις στις ικανότητες κλινικής συλλογιστικής και λήψης αποφάσεων των φοιτητών ιατρικής.

Η αξιοποίηση μιας προσομοίωσης μικτής πραγματικότητας χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια της μελέτης για την αποτελεσματική μοντελοποίηση ενός σεναρίου ασθενούς. Τα ευρήματα της μελέτης αποκάλυψαν ότι οι φοιτητές που ασχολήθηκαν με την προαναφερθείσα προσομοίωση παρουσίασαν ανώτερες επιδόσεις στις διαγνωστικές αξιολογήσεις σε σύγκριση με τους ομολόγους τους που έλαβαν συμβατικές μεθόδους διδασκαλίας. Επιπλέον, αξίζει να

σημειωθεί ότι η επαγγελματική κατάρτιση έχει εφαρμόσει με επιτυχία την αξιοποίηση τεχνικών βιωματικής μάθησης μικτής πραγματικότητας. Η αξιοποίηση προσομοιώσεων μικτής πραγματικότητας στην έρευνα που διεξήγαγαν οι Smith και συν. (2021) διευκόλυνε τη διδασκαλία των μηχανικών αυτοκινήτων, οδηγώντας τελικά στην παρατήρηση ότι οι προσομοιώσεις αυτές βελτίωσαν την ικανότητα των μαθητών να διακρίνουν και να διορθώνουν διάφορα ζητήματα. Με βάση τα ευρήματα της έρευνας, διαπιστώθηκε ότι οι προσομοιώσεις μικτής πραγματικότητας παρουσιάζουν αξιοσημείωτη επάρκεια στη μετάδοση γνώσεων στους σπουδαστές σχετικά με τη λειτουργία περίπλοκων και προηγμένων τεχνολογικών συστημάτων, τα οποία παρουσιάζουν σημαντικές δυσκολίες όταν επιχειρείται η αναπαραγωγή τους μέσω παραδοσιακών εκπαιδευτικών μεθοδολογιών. Σε γενικές γραμμές, η έρευνα δείχνει ότι η αξιοποίηση της βιωματικής μάθησης μεικτής πραγματικότητας υπόσχεται μια αποτελεσματική και συναρπαστική παιδαγωγική προσέγγιση για τη μετάδοση σύνθετων εννοιών και δεξιοτήτων (Hughes et al., 2005).

Η αξιοποίηση της μικτής πραγματικότητας στη βιωματική μάθηση υπόσχεται την ενίσχυση της μαθησιακής διαδικασίας, καθώς προσφέρει μεγαλύτερες προοπτικές για φυσική και διαισθητική αλληλεπίδραση με εικονικά αντικείμενα (Birt et al., 2018). Η μικτή πραγματικότητα διευκολύνει την ευκαιρία των μαθητών να εμπλακούν αποτελεσματικά με το εκπαιδευτικό περιβάλλον και να συμμετάσχουν ενεργά στη διαδικασία απόκτησης γνώσεων. Είναι επιτακτική ανάγκη να αναγνωρίσουμε ότι η διαδραστικότητα διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στη σφαίρα της βιωματικής μάθησης μικτής πραγματικότητας, όπως τονίζεται από τους Patil και συν. (2020). Σε μια ολοκληρωμένη εξέταση της επίδρασης της διαδραστικής μικτής πραγματικότητας στο γνωστικό φορτίο και τα μαθησιακά αποτελέσματα των εκπαιδευομένων σε σχέση με τις συμβατικές παιδαγωγικές προσεγγίσεις, τα ερευνητικά ευρήματα κατέδειξαν απερίφραστα ότι η διαδραστική μικτή πραγματικότητα ανακούφισε σημαντικά το γνωστικό φορτίο, ενώ ταυτόχρονα αύξησε τα μαθησιακά αποτελέσματα. Ο τομέας της βιωματικής εμπλοκής της μικτής πραγματικότητας έχει επιδείξει ελπιδοφόρα αποτελέσματα στο πεδίο της κατάρτισης για περιοχές υψηλού κινδύνου, όπως τονίζεται από τους Li και συν. (2018). Η προαναφερθείσα μελέτη αποκάλυψε επίσης ότι οι εκπαιδευόμενοι παρουσίασαν αυξημένη ετοιμότητα για σενάρια υψηλού στρες όταν εκτέθηκαν σε προσομοιώσεις μικτής πραγματικότητας σε αντίθεση με τη συμβατική εκπαίδευση στην τάξη. Ο τομέας της εκπαίδευσης στην πολιτιστική κληρονομιά έχει επίσης ενσωματώσει τη χρήση της μικτής πραγματικότητας με σκοπό τη βιωματική εμπλοκή. Η μελέτη που διεξήχθη από τους Moorhouse και συν. (2019) χρησιμοποίησε ένα μουσειακό περιβάλλον ως σκηνικό για τη



διερεύνηση της μικτής πραγματικότητας, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη μιας καθηλωτικής και διαδραστικής εκπαιδευτικής συνάντησης. Με βάση τα ευρήματα της έρευνας, μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι η αξιοποίηση της διαδραστικής μικτής πραγματικότητας έχει αποδειχθεί ότι ενισχύει το επίπεδο ενδιαφέροντος και απόλαυσης που βιώνουν οι εκπαιδευόμενοι σε σχέση με τα μουσειακά εκθέματα. Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ότι η τεχνολογία αυτή παρέχει ένα πιο βαθύ και καθηλωτικό μαθησιακό περιβάλλον σε σύγκριση με τις συμβατικές επισκέψεις σε μουσεία, διευκολύνοντας έτσι ένα αυξημένο επίπεδο απομνημόνευσης.

## Συμπέρασμα

Η πολύπλευρη τοπογραφία των εφαρμογών Εικονικής, Επαυξημένης και Μικτής Πραγματικότητας (VR, AR και MR) στο χώρο της εκπαίδευσης αποτελεί παράδειγμα μιας βαθιάς και επαναστατικής αλλαγής στη γνωστική μας αντίληψη και αλληλεπίδραση με τα παιδαγωγικά περιβάλλοντα. Η εξέλιξη των τεχνολογιών της πραγματικότητας δεν έχει διευρύνει μόνο τα όρια της συμβατικής εκπαίδευσης, αλλά έχει επιπλέον εγκαινιάσει μια εποχή καθηλωτικών, διαδραστικών και δυναμικών μαθησιακών συναντήσεων.

Η διερεύνηση της εξέλιξης των τεχνολογιών πραγματικότητας παρέχει μια ολοκληρωμένη κατανόηση των διακριτών ταξινομήσεων της εικονικής πραγματικότητας (VR), της επαυξημένης πραγματικότητας (AR) και της μικτής πραγματικότητας (MR), με την καθεμία να προσδίδει τα διακριτά χαρακτηριστικά της στις παιδαγωγικές προσεγγίσεις. Η ανάλυση των συσκευών εικονικής πραγματικότητας, των μεθόδων επαυξημένης πραγματικότητας και των συσκευών μικτής πραγματικότητας διευκρινίζει τις τεχνολογικές εξελίξεις που διευκόλυναν την εμφάνιση ενισχυμένων και καθηλωτικών παιδαγωγικών εμπειριών.

Η αξιοποίηση της εικονικής πραγματικότητας (VR), της επαυξημένης πραγματικότητας (AR) και της μικτής πραγματικότητας (MR) είναι εμφανής σε ένα ευρύ φάσμα κλάδων, που περιλαμβάνει την αρχιτεκτονική, τις στρατιωτικές επιχειρήσεις, τις ιατρικές πρακτικές, τους βιομηχανικούς τομείς και τις βιομηχανίες ψυχαγωγίας. Αυτές οι εφαρμογές χρησιμεύουν ως συναρπαστικές αποδείξεις της προσαρμοστικότητας και των απτών αποτελεσμάτων των τεχνολογιών VR, AR και MR σε πρακτικά περιβάλλοντα. Τα οριοθετημένα σενάρια χρήσης σε αυτούς τους τομείς υπογραμμίζουν τη λανθάνουσα ικανότητα αύξησης της αποτελεσματικότητας, της ασφάλειας και της εφευρετικότητας μέσω της αφομοίωσης των καθηλωτικών τεχνολογιών.

Στον τομέα της εκπαίδευσης, τα πλεονεκτήματα που συνδέονται με τη χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας (AR) στο παιδαγωγικό πλαίσιο είναι άμεσα εμφανή, περιλαμβάνοντας αυξημένα επίπεδα δέσμευσης των μαθητών καθώς και βελτιωμένη κατανόηση του περίπλοκου γνωστικού αντικειμένου. Η ανάλυση των τεχνολογιών εντοπισμού

και καταγραφής, των τεχνολογιών απεικόνισης και της απόδοσης σε πραγματικό χρόνο διευκρινίζει τα τεχνικά θεμέλια που διέπουν αυτές τις εκπαιδευτικές εξελίξεις.

Η χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας (AR), της εικονικής πραγματικότητας (VR) και της μικτής πραγματικότητας (MR) σε διάφορους ακαδημαϊκούς κλάδους, συμπεριλαμβανομένων των μαθηματικών, της βιολογίας, της φυσικής, της χημείας, της ιστορίας, της πληροφορικής και της λογοτεχνίας, αποτελεί παράδειγμα των τεράστιων δυνατοτήτων για τη δημιουργία διαδραστικών και προσαρμοσμένων εκπαιδευτικών συναντήσεων. Η συγχώνευση της εικονικής και της επαυξημένης πραγματικότητας στο πεδίο της επιστημονικής εκπαίδευσης, σε συνδυασμό με τη χρήση της μικτής πραγματικότητας στη βιωματική μάθηση, χρησιμεύει για να υπογραμμίσει τα βαθιά και επαναστατικά χαρακτηριστικά που ενυπάρχουν σε αυτές τις τεχνολογικές εξελίξεις.

Βασικά, η διερεύνηση της εικονικής, επαυξημένης και μικτής πραγματικότητας στο πεδίο της εκπαίδευσης αποκαλύπτει έναν μελλοντικό ορίζοντα όπου οι μαθητές ξεπερνούν τον παραδοσιακό τους ρόλο ως παθητικοί αποδέκτες πληροφοριών, υιοθετώντας αντίθετα μια ενεργή και δεσμευμένη στάση ως συμμετέχοντες σε καθηλωτικά και συνεργατικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα. Καθώς επιμένουμε να αγκαλιάζουμε και να τελειοποιούμε αυτές τις τεχνολογίες, η προοπτική της επανάστασης στην εκπαίδευση γίνεται σταδιακά αισθητή, αποκαλύπτοντας έτσι ευκαιρίες για μια νέα εποχή εφευρετικών και αποτελεσματικών μαθησιακών συναντήσεων.

## Βιβλιογραφία

- Al Amri, A. Y., Osman, M. E., & Al Musawi, A. S. (2020). The effectiveness of a 3D-virtual reality learning environment (3D-VRLE) on the Omani eighth grade students' achievement and motivation towards physics learning. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (Online)*, 15(5), 4.
- Alcaniz, M., Contero, M., Perez-Lopez, D., C., και Ortega, M., (2010), Augmented Reality Technology for Education, *New Achievements in Technology Education and Development*, Safeullah Soomro (Ed.)
- Alzahrani, N. M. (2020). Augmented Reality: A Systematic Review of Its Benefits and Challenges in E-learning Contexts. *Applied Sciences*, 10(16), 5660. <https://doi.org/10.3390/app10165660>
- Anggara, R. P., Musa, P., Sri Lestari, & Widodo, S. (2021). Application of Electronic Learning by Utilizing Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) Methods in Natural Sciences Subjects (IPA) in Elementary School Students Grade 3. *JTP - Jurnal Teknologi Pendidikan*, 23(1), 58–69. <https://doi.org/10.21009/jtp.v23i1.20203>
- Anthes, C., Garcia-Hernandez, R. J., Wiedemann, M., & Kranzlmuller, D. (2016). State of the art of virtual reality technology. *2016 IEEE Aerospace Conference*. <https://doi.org/10.1109/aero.2016.7500674>
- Arici, F., Yildirim, P., Caliklar, Ş., & Yilmaz, R. M. (2019). Research trends in the use of augmented reality in science education: Content and bibliometric mapping analysis. *Computers & Education*, 142, 103647. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103647>
- Atrsaei, A., Salarieh, H., Alasty, A. (2016). Human Arm Motion Tracking by Orientation-Based Fusion of Inertial Sensors and Kinect Using Unscented Kalman Filter.
- August, S. E., Hammers, M. L., Murphy, D. B., Neyer, A., Gueye, P., & Thames, R. Q. (2015). Virtual engineering sciences learning lab: Giving STEM education a second life. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 9(1), 18-30.
- Bashabsheh, A. K., Alzoubi, H. H., & Ali, M. Z. (2019). The application of virtual reality technology in architectural pedagogy for building constructions. *Alexandria Engineering Journal*, 58(2), 713–723. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2019.06.002>

- Benayoun , M. (1997). World Skin, a Photo Safari in the Land of War <https://www.youtube.com/watch?v=9GxnEn9k-Tg> .
- Bertrand, S., Vassiliadi, M., Zikas, P., Geronikolakis, E., & Papagiannakis, G. (2019, October 21). *From Readership to Usership and Education, Entertainment, Consumption to Valuation: Embodiment and Aesthetic Experience in Literature-based MR Presence*. ArXiv.org. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1910.10019>
- Bimber O., Raskar R., Inami, M., (2005), “Spatial augmented reality”. *AK Peters Wellesley*.
- Birt, J., Stromberga, Z., Cowling, M., & Moro, C. (2018). Mobile Mixed Reality for Experiential Learning and Simulation in Medical and Health Sciences Education. *Information*, 9(2), 31. <https://doi.org/10.3390/info9020031>
- Boboc, R. G., Băutu, E., Gîrbacia, F., Popovici, N., & Popovici, D.-M. (2022). Augmented Reality in Cultural Heritage: An Overview of the Last Decade of Applications. *Applied Sciences*, 12(19), 9859. <https://doi.org/10.3390/app12199859>
- Borrego, A., Latorre, J., Alcañiz, M., & Llorens, R. (2018). Comparison of Oculus Rift and HTC Vive: Feasibility for Virtual Reality-Based Exploration, Navigation, Exergaming, and Rehabilitation. *Games for Health Journal*, 7(3), 151–156. <https://doi.org/10.1089/g4h.2017.0114>
- Broisin, J., Venant, R., & Vidal, P. (2015). Lab4CE: a Remote Laboratory for Computer Education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 27(1), 154–180. <https://doi.org/10.1007/s40593-015-0079-3>
- Cabero, J., Barroso, J., (2015), The educational possibilities of Augmented Reality, στο *New approaches in educational research*.
- Challenor, J., & Ma, M. (2019). A Review of Augmented Reality Applications for History Education and Heritage Visualisation. *Multimodal Technologies and Interaction*, 3(2), 39. <https://doi.org/10.3390/mti3020039>
- Chang, G., Morreale, P., & Medicherla, P. (2010). Applications of augmented reality systems in education. In D.Gibson & B. Dodge (Eds.), *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2010*, 1380-1385. Chesapeake, VA: AACE

- Chen, L., Day, T. W., Tang, W., & John, N. W. (2017). Recent Developments and Future Challenges in Medical Mixed Reality. *2017 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*. <https://doi.org/10.1109/ismar.2017.29>
- Cheng, K. H., & Tsai, C. C. (2013). "Affordances of augmented reality in science learning: Suggestions for future research". Στο *Journal of Science Education and Technology*, 22(4), 449-462
- Cho, J., Rahimpour, S., Cutler, A., Goodwin, C. R., Lad, S. P., & Codd, P. (2020). Enhancing Reality: A Systematic Review of Augmented Reality in Neuronavigation and Education. *World Neurosurgery*, 139, 186–195. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.04.043>
- Cowling, M., & Birt, J. (2018). Pedagogy before Technology: A Design-Based Research Approach to Enhancing Skills Development in Paramedic Science Using Mixed Reality. *Information*, 9(2), 29. <https://doi.org/10.3390/info9020029>
- Crocetta, T. B., Oliveira, S. R. de, Liz, C. M. de, & Andrade, A. (2015). Virtual and augmented reality technologies in Human Performance: a review. *Fisioterapia Em Movimento*, 28(4), 823–835. <https://doi.org/10.1590/0103-5150.028.004.ar01>
- Dempsey, P. (2016). "The teardown: HTC Vive VR headset," in *Engineering & Technology*.
- Diegmann, P., Schmidt-Kraepelin, M., Eynden, S., & Basten, D. (2015). Benefits of Augmented Reality in Educational Environments - A Systematic Literature Review. *Wirtschaftsinformatik Proceedings 2015*. <https://aisel.aisnet.org/wi2015/103/>
- Dileep Kumar Murala, & Sandeep Kumar Panda. (2023). *The Role of Immersive Reality (AR/VR/MR/XR) in Metaverse*. 159–189. <https://doi.org/10.1002/9781394177165.ch6>
- Dorward, L.J., Mittermeier, J.C., Sandbrook, C. and Spooner, F. (2017). Pokémon Go: Benefits, Costs, and Lessons for the Conservation Movement.
- El Miedany, Y. (2018). Virtual Reality and Augmented Reality. *Rheumatology Teaching*, 403–427. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-98213-7\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-319-98213-7_20)
- Ewalt, D. M. (2018). Defying Reality: The Inside Story of the Virtual Reality Revolution. In *Google Books*. Penguin. <https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=3SX6DAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT6&dq=Palmer+Luckey+developed+a+VR+headset+&ots=VugeUygNuE&sig=V5k2PFFOe1sjFqIuiqVVGdeCEw8>

- Farshid, M., Paschen, J., Eriksson, T., & Kietzmann, J. (2018). Go boldly!: Explore augmented reality (AR), virtual reality (VR), and mixed reality (MR) for business. *Business Horizons*, 61(5), 657–663. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.05.009>
- Gonçalves, Y., & Boas, V. (2013). *Overview of Virtual Reality Technologies*. [https://www.davidmarlett.com/s/yavb1g12\\_25879847\\_finalpaper.pdf](https://www.davidmarlett.com/s/yavb1g12_25879847_finalpaper.pdf)
- González-Ortega, D., Díaz-Pernas, F. J., Martínez-Zarzuela, M., & Antón-Rodríguez, M. (2014). A Kinect-based system for cognitive rehabilitation exercises monitoring. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 113(2), 620–631. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2013.10.014>
- Grottke, O., Ntoubas, A., Ullrich, S., Liao, W., Fried, E., Prescher, A., . . . Rossa, R. (2009). *Virtual reality-based simulator for training in regional anaesthesia*.
- Güney, Z. (2019). Visual Literacy and Visualization in Instructional Design and Technology for Learning Environments. *European Journal of Contemporary Education*, 8(1), 103–117. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1212285>
- Guzsvinecz, T., Szucs, V., & Sik-Lanyi, C. (2019). Suitability of the Kinect Sensor and Leap Motion Controller—A Literature Review. *Sensors*, 19(5), 1072. <https://doi.org/10.3390/s19051072>
- Hanna, M. G., Ahmed, I., Nine, J., Prajapati, S., & Pantanowitz, L. (2018). Augmented Reality Technology Using Microsoft HoloLens in Anatomic Pathology. *Archives of Pathology & Laboratory Medicine*, 142(5), 638–644. <https://doi.org/10.5858/arpa.2017-0189-oa>
- Huang, K.-T., Ball, C., Francis, J., Ratan, R., Boumis, J., & Fordham, J. (2019). Augmented Versus Virtual Reality in Education: An Exploratory Study Examining Science Knowledge Retention When Using Augmented Reality/Virtual Reality Mobile Applications. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 22(2), 105–110. <https://doi.org/10.1089/cyber.2018.0150>
- Hughes, C. E., Stapleton, C. B., Hughes, D. E., & Smith, E. M. (2005). Mixed Reality in Education, Entertainment, and Training. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 25(6), 24–30. <https://doi.org/10.1109/mcg.2005.139>

- Hung, S.-W., Chang, C.-W., & Ma, Y.-C. (2021). A new reality: Exploring continuance intention to use mobile augmented reality for entertainment purposes. *Technology in Society*, 67, 101757. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101757>
- Johnson, L., Levine, A., Smith, R., & Stone, S. (2010). Simple augmented reality. The 2010 Horizon Report, 21-24. Austin, TX: *The New Media Consortium*.
- Jung, T. H., Lee, H., Chung, N., & tom Dieck, M. C. (2018). Cross-cultural differences in adopting mobile augmented reality at cultural heritage tourism sites. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 30(3), 1621–1645. <https://doi.org/10.1108/ijchm-02-2017-0084>
- Kalantari, M., & Rauschnabel, P. (2017). Exploring the Early Adopters of Augmented Reality Smart Glasses: The Case of Microsoft HoloLens. *Augmented Reality and Virtual Reality*, 229–245. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-64027-3\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-319-64027-3_16)
- Keene, S. (2018). Google Daydream VR Cookbook: Building Games and Apps with Google Daydream and Unity. In *Google Books*. Addison-Wesley Professional. <https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=6lOMDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT14&dq=Virtual+augmented+reality+devices+Google+Daydream+View&ots=OUMEJbydYf&sig=7eD19eAFHBo4zi51bXEN2LkPLhY>
- Keighrey, C., Flynn, R., Murray, S., & Murray, N. (2021). A Physiology-Based QoE Comparison of Interactive Augmented Reality, Virtual Reality and Tablet-Based Applications. *IEEE Transactions on Multimedia*, 23, 333–341. <https://doi.org/10.1109/tmm.2020.2982046>
- Kennedy-Clark, S. (2011). Pre-service teachers' perspectives on using scenario-based virtual worlds in science education. *Computers & Education*, 57(4), 2224–2235. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.05.015>
- Knight, H.M., Gajendragadkar, P.R., Bokhari, A. (2015). Wearable technology: using Google Glass as a teaching tool.
- Kolecki, R., Pręgoska, A., Dąbrowa, J., Skuciński, J., Pulanecki, T., Walecki, P., van Dam, P. M., Dudek, D., Richter, P., & Proniewska, K. (2022). Assessment of the utility of Mixed Reality in medical education. *Translational Research in Anatomy*, 28, 100214. <https://doi.org/10.1016/j.tria.2022.100214>



- Kot, T., Novák, P. (2018). Application of virtual reality in teleoperation of the military mobile robotic system TAROS.
- Krueger, M. W. (1993, January 1). *Chapter 7 - An Easy Entry Artificial Reality* (A. Wexelblat, Ed.). ScienceDirect; Academic Press. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780127450452500179>
- Kurilovas, E. (2016). Evaluation of quality and personalisation of VR/AR/MR learning systems. *Behaviour & Information Technology*, 35(11), 998–1007. <https://doi.org/10.1080/0144929x.2016.1212929>
- Kysela, J., & Štorková, P. (2015). Using Augmented Reality as a Medium for Teaching History and Tourism. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 174, 926-931.
- Lamb, R., Antonenko, P., Etopio, E., & Seccia, A. (2018). Comparison of virtual reality and hands on activities in science education via functional near infrared spectroscopy. *Computers & Education*, 124, 14-26.
- Ledentsov, N. N., Shchukin, V. A., Titkov, I. E., Ledentsov, N. N., & Zeitner, U. D. (2022). *Hyperchromatic multifocal 3D display for augmented reality applications*. <https://doi.org/10.1117/12.2612340>
- Lee, J. C. (2008). Hacking the Nintendo Wii Remote
- Lele, A. (2011). Virtual reality and its military utility. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 4(1), 17–26. <https://doi.org/10.1007/s12652-011-0052-4>
- Leventhal, J. (2009, November 4). *ASSESSING THE POTENTIAL UTILITY OF A VIRTUAL AND MIXED/AUGMENTED REALITY SYSTEM TO ASSIST IN STROKE REHABILITATION*. Scholarworks.iupui.edu. <https://scholarworks.iupui.edu/handle/1805/1985>
- Li, X., Yi, W., Chi, H.-L., Wang, X., & Chan, A. P. C. (2018). A critical review of virtual and augmented reality (VR/AR) applications in construction safety. *Automation in Construction*, 86(0926-5805), 150–162. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.11.003>
- Li, X., Yi, W., Chi, H.-L., Wang, X., & Chan, A. P. C. (2018). A critical review of virtual and augmented reality (VR/AR) applications in construction safety. *Automation in Construction*, 86(0926-5805), 150–162. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.11.003>

- Liarokapis, F., & Anderson, E. F. (2010, May 3). *Using Augmented Reality as a Medium to Assist Teaching in Higher Education* (L. Kjell Dahl & G. Baronoski, Eds.). Eprints.bournemouth.ac.uk; Eurographics Association. <https://eprints.bournemouth.ac.uk/20907/>
- Lin, H.-F., Tsai, H. S., & Yeo, B. (2023). Augmented Reality Advertising in Entertainment Programming: An Exploration Across Cultures. *Journal of Creative Communications*, 097325862211350. <https://doi.org/10.1177/09732586221135062>
- Liu, R., Wang, L., Lei, J., Wang, Q., & Ren, Y. (2020). Effects of an immersive virtual reality-based classroom on students' learning performance in science lessons. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2034–2049. <https://doi.org/10.1111/bjet.13028>
- Maier, P., Tönnis, M., & Klinker, G. (2009). Augmented Reality for teaching spatial relations. Στο *Conference of the International Journal of Arts & Sciences*, Toronto.
- McElhaney, K. W., & Linn, M. C. (2011). Investigations of a complex, realistic task: Intentional, unsystematic, and exhaustive experimenters. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(7), 745–770. <https://doi.org/10.1002/tea.20423>
- McLellan, H. (1996). Virtual realities - Handbook of research for educational communications.
- Melzack, R., & Wall, P. (1978). *The Gate Control Theory of Pain*.
- Meyer, B., (2007). "Physics Education in the Field of Mechanics with Virtual Reality", Master's thesis, *University of Applied Sciences Deggendorf and Vienna University of Technology*
- Microsoft. What is mixed reality? (2016) <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/mixed-reality>. Arendarski, B., Termath, W., & Mecking, P. (2008). Maintenance of Complex Machines in Electric Power Systems Using Virtual Reality Techniques.
- Milman, N. B. (2018). *Defining and Conceptualizing Mixed Reality, Augmented Reality, and Virtual Reality* - ProQuest. [www.proquest.com](https://www.proquest.com). <https://www.proquest.com/openview/e9697f60b432d753356da95d33e68652/1?pq-origsite=gscholar&cbl=29704>
- Mitrasinovic, S., Camacho, E., Trivedi, N., Logan, J., Campbell, C. (2015). Clinical and surgical applications of smart glasses.

- Monica, R., & Aleotti, J. (2022). Evaluation of the Oculus Rift S tracking system in room scale virtual reality. *Virtual Reality*. <https://doi.org/10.1007/s10055-022-00637-3>
- Moorhouse, N., tom Dieck, M. C., & Jung, T. (2019). An experiential view to children learning in museums with Augmented Reality. *Museum Management and Curatorship*, 34(4), 402–418. <https://doi.org/10.1080/09647775.2019.1578991>
- Moro, C., Phelps, C., Redmond, P., & Stromberga, Z. (2020). HoloLens and mobile augmented reality in medical and health science education: A randomised controlled trial. *British Journal of Educational Technology*, 52(2). <https://doi.org/10.1111/bjet.13049>
- Moro, C., Štromberga, Z., & Stirling, A. (2017). Virtualisation devices for student learning: Comparison between desktop-based (Oculus Rift) and mobile-based (Gear VR) virtual reality in medical and health science education.
- Moro, C., Štromberga, Z., & Stirling, A. (2017). Virtualisation devices for student learning: Comparison between desktop-based (Oculus Rift) and mobile-based (Gear VR) virtual reality in medical and health science education. *Australasian Journal of Educational Technology*, 33(6)
- Moschonas, P., Paliokas, I., & Tzouvaras, D. (2014). *A Novel Accessibility Assessment Framework for the Elderly: Evaluation in a Case Study on Office Design* .
- Nandgaonkar, S., Agrawal, M., & Alex, A. (2022, October 5). *Application of Mixed Reality (MR) Based Remote Assistance for Disposition & Resolution on Critical Nonconformance (NC) for Aircraft Production System during Covid or Post Covid Work Environment*. [www.sae.org](http://www.sae.org). <https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2022-28-0077/>
- O’Shiel, D. (2020). Disappearing boundaries? Reality, virtuality and the possibility of “pure” mixed reality (MR). *Indo-Pacific Journal of Phenomenology*, 20(1), e1887570. <https://doi.org/10.1080/20797222.2021.1887570>
- Oh, S. Y., & Bailenson, J. (2017). Virtual and Augmented Reality. *The International Encyclopedia of Media Effects*, 1–16. <https://doi.org/10.1002/9781118783764.wbieme0172>
- Pallavicini, F., Argenton, L., Toniazzi, N., Aceti, L., & Mantovani, F. (2016). Virtual Reality Applications for Stress Management Training in the Military. *Aerospace Medicine and Human Performance*, 87(12), 1021–1030. <https://doi.org/10.3357/AMHP.4596.2016>

- Pantano, E., Rese, A., & Baier, D. (2017). Enhancing the online decision-making process by using augmented reality: A two country comparison of youth markets. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 38, 81–95. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2017.05.011>
- Patil, K., Ayer, S. K., Wu, W., & London, J. S. (2020). *Mixed Reality Multimedia Learning to Facilitate Learning Outcomes from Project Based Learning*. <https://doi.org/10.1061/9780784482865.017>
- Pellas, N., Kazanidis, I., & Palaigeorgiou, G. (2019). A systematic literature review of mixed reality environments in K-12 education. *Education and Information Technologies*, 25(4), 2481–2520. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-10076-4>
- Pham, D.-M., & Stuerzlinger, W. (2019). Is the Pen Mightier than the Controller? A Comparison of Input Devices for Selection in Virtual and Augmented Reality. *25th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*. <https://doi.org/10.1145/3359996.3364264>
- Pickering, J. D., Antoniou Panagiotis, Georgios Ntakakis, Alkinoos Athanassiou, Emmanouil Babatsikos, & Bamidis, P. D. (2021). Assessing the difference in learning gain between a mixed reality application and drawing screencasts in neuroanatomy. *Anatomical Sciences Education*, 15(3), 628–635. <https://doi.org/10.1002/ase.2113>
- Pöhlmann, S. T. L., Harkness, E. F., Taylor, C. J., & Astley, S. M. (2016). Evaluation of Kinect 3D Sensor for Healthcare Imaging.
- Portman, M. E., Natapov, A., & Fisher-Gewirtzman, D. (2015). To go where no man has gone before: Virtual reality in architecture, landscape architecture and environmental planning. *Computers, Environment and Urban Systems*, 54, 376–384. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2015.05.001>
- Radu, I., & Schneider, B. (2019). What Can We Learn from Augmented Reality (AR)? *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300774>
- Rehman, U., & Cao, S. (2016). Augmented-Reality-Based Indoor Navigation: A Comparative Analysis of Handheld Devices Versus Google Glass. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 1–12. <https://doi.org/10.1109/thms.2016.2620106>

- Richardson, M., Jacoby, D., & Coady, Y. (2018). *Retrofitting Realities: Affordances and Limitations in Porting an Interactive Geospatial Visualization from Augmented to Virtual Reality*. <https://doi.org/10.1109/iemcon.2018.8614978>
- Riva, G. (2003). *Virtual environments in clinical psychology* .
- Rizzo, A., Parsons, T., & Kenny, P. (2012). Using Virtual Reality for Clinical Assessment and Intervention.
- Rokhsaritalemi, S., Sadeghi-Niaraki, A., & Choi, S.-M. (2020). A Review on Mixed Reality: Current Trends, Challenges and Prospects. *Applied Sciences*, *10*(2), 636. <https://doi.org/10.3390/app10020636>
- Sala, N. (2013). Applications of Virtual Reality Technologies in Architecture and in Engineering. *International Journal of Space Technology Management and Innovation*, *3*(2), 78–88. <https://doi.org/10.4018/ijstmi.2013070104>
- Sarbolandi, H., Lefloch, D., Kolb, A. (2015). Kinect range sensing: Structured-light versus Time-of-Flight Kinect.
- Savela, N., Oksanen, A., Kaakinen, M., Noreikis, M., & Xiao, Y. (2020). Does Augmented Reality Affect Sociability, Entertainment, and Learning? A Field Experiment. *Applied Sciences*, *10*(4), 1392. <https://doi.org/10.3390/app10041392>
- Scherer, R., & Tiemann, R. (2012). Factors of problem-solving competency in a virtual chemistry environment: The role of metacognitive knowledge about strategies. *Computers & Education*, *59*(4), 1199–1214. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.05.020>
- Schönborn, K. J., Bivall, P., & Tibell, L. A. E. (2011). Exploring relationships between students' interaction and learning with a haptic virtual biomolecular model. *Computers & Education*, *57*(3), 2095–2105. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.05.013>
- Schutera, S., Schnierle, M., Wu, M., Pertz, T., Seybold, J., Bauer, P., Teutscher, D., Raedle, M., Heß-Mohr, N., Röck, S., & Krause, M. J. (2021). On the Potential of Augmented Reality for Mathematics Teaching with the Application cleARmaths. *Education Sciences*, *11*(8), 368. <https://doi.org/10.3390/educsci11080368>
- Scott, H., Baglee, D., O', R., Brien, N. A., & Potts, R. (2020). An investigation of acceptance and e-readiness for the application of virtual reality and augmented reality technologies to

- maintenance training in the manufacturing industry. *International Journal of Mechatronics and Manufacturing Systems*, 13(1), 39. <https://doi.org/10.1504/ijmms.2020.108310>
- Setareh, M., Bowman, D. A., Kalita, A., Gracey, M., & Lucas, J. (2005). Application of a virtual environment system in building sciences education. *Journal of architectural engineering*, 11(4), 165-172.
- Slatter, M., Usuh, M., Steed, A. (1994). Depth of Presence in Virtual Environments.
- Smith, E., McRae, K., Semple, G., Welsh, H., Evans, D., & Blackwell, P. (2021). Enhancing Vocational Training in the Post-COVID Era through Mobile Mixed Reality. *Sustainability*, 13(11), 6144. <https://doi.org/10.3390/su13116144>
- Soliman, M., Pesyridis, A., Dalaymani-Zad, D., Gronfula, M., & Kourmpetis, M. (2021). The Application of Virtual Reality in Engineering Education. *Applied Sciences*, 11(6), 2879. <https://doi.org/10.3390/app11062879>
- Sorko, S. R., Trattner, C., & Komar, J. (2020). Implementing AR/MR – Learning factories as protected learning space to rise the acceptance for Mixed and Augmented Reality devices in production. *Procedia Manufacturing*, 45, 367–372. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.037>
- Speicher, M., Hall, B. D., & Nebeling, M. (2019). What is Mixed Reality? *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–15. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300767>
- Thornton, T., Ernst, V., J., Clark, C., A., (2012), Augmented Reality as a Visual and Spatial Learning Tool in Technology Education, στο *Technology and Engineering Teacher*, Μάιος - Ιούnius 2012.
- Valente, L., Clua, E., Ribeiro, Silva, A., Feijó, B., (2015). Live-action Virtual Reality Games
- Vasylevska, K., Podkosova, I., Kaufmann, H. (2017). Teaching Virtual Reality with HTC Vive and Leap Motion.
- Weng, C., Rathinasabapathi, A., Weng, A., & Zagita, C. (2018). Mixed Reality in Science Education as a Learning Support: A Revitalized Science Book. *Journal of Educational Computing Research*, 57(3), 777–807. <https://doi.org/10.1177/0735633118757017>

- Wexelblat, A. (2014). *Virtual Reality: Applications and Explorations*. In *Google Books*. Academic Press.  
<https://books.google.com/books?hl=el&lr=&id=BKGjBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Applications+with+virtual+reality&ots=WyRukSaCq3&sig=ZDKlwEVjfBNkSGYQGZ4Cohpduus>
- Wohlgenannt, I., Simons, A., & Stieglitz, S. (2020). Virtual Reality. *Business & Information Systems Engineering*, 62(5), 455–461. <https://doi.org/10.1007/s12599-020-00658-9>
- Wong, G., & Wang, J. (2017). *Real-Time Rendering: Computer Graphics with Control Engineering*. In *Google Books*. CRC Press.  
<https://books.google.com/books?hl=el&lr=&id=pghEDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Benefits+of+using+AR+in+the+learning+process+Real+time+rendering&ots=Os-BQ1gCVC&sig=E2rDNLlhB7Vkym9-ZvjgrYY4z74>
- Wyss, C., Bühner, W., Furrer, F., Degonda, A., & Hiss, J. A. (2021). Innovative Teacher Education with the Augmented Reality Device Microsoft HoloLens—Results of an Exploratory Study and Pedagogical Considerations. *Multimodal Technologies and Interaction*, 5(8), 45. <https://doi.org/10.3390/mti5080045>
- Xie, H., Tudoreanu, M., & Shi, W. (2006). Development of a Virtual Reality Safety- Training System for Construction Workers .
- Zampoglou, M., Malamos, A., Sardis, E., Doulamis, A., Kapetanakis, K., Kontakis, K., . . . Vafiadis, G. (2013). *A Content-Aware Cloud Platform for Virtual Reality Web Advertising*.
- Zheng, J.M., Chan, K.W., Gibson, I. (1998). *Virtual reality*.

