



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΠΜΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Αξιοποίηση σύγχρονων τεχνολογιών (VR, AR, MR) για τον
σχεδιασμό και ανάπτυξη εφαρμογών με πολιτιστικό περιεχόμενο:
εκτίμηση της εκπαιδευτικής τους επίδρασης»**

Νικόλαος Ντάλας, Μαρία Στύλιου

Επιβλέπων: Χρυσόστομος Στύλιος
Καθηγητής

Άρτα, Σεπτέμβριος, 2023

**«Utilization of cutting-edge technologies (VR, AR, MR) for the
design and development of applications with cultural content:
Assessment of their educational impact»**

Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή

Άρτα, 20 Σεπτεμβρίου 2023

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Επιβλέπων καθηγητής

Χρυσόστομος Στύλιος

Καθηγητής

2. Μέλος επιτροπής

Πέτρος Καρβέλης

Επίκουρος Καθηγητής

3. Μέλος επιτροπής

Βασιλική Λιάγκου

Επίκουρη Καθηγήτρια

© Ντάλας Νικόλαος, Στύλιου Μαρία, 2023.

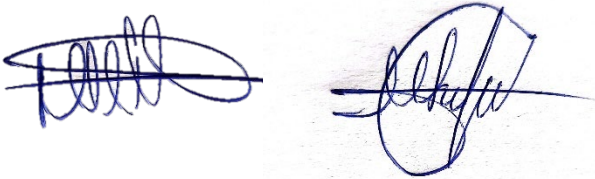
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα μεταπτυχιακή 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.

Ντάλας Νικόλαος, Στύλιου Μαρία

Υπογραφή



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στη Γίγη...

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση των δυνατοτήτων που παρέχουν οι τεχνολογίες αιχμής στον τομέα των προσομοιώσεων. Πιο συγκεκριμένα, μελετήθηκε η δυνατότητα αξιοποίησης τεχνολογιών εικονικής πραγματικότητας (Virtual Reality - VR) στην ανάδειξη της πολιτιστικής κληρονομιάς, παρέχοντας με αυτό τον τρόπο την ευκολότερη πρόσβαση του κοινού σε πολιτιστικά μνημεία, καθώς και την εκπαίδευσή του σε θέματα που άπτονται του πολιτισμού και της ιστορίας. Για το σκοπό αυτό, καινοτόμα εφαρμογή VR σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε, ενώ σε δεύτερο χρόνο η αποτελεσματικότητά της ως εκπαιδευτικό εργαλείο αξιολογήθηκε.

Στο πλαίσιο εκπόνησης της εργασίας, αρχικά, πραγματοποιήθηκε εκτεταμένη και σε βάθος βιβλιογραφική ανασκόπηση των πιο σύγχρονων τάσεων στον τομέα της VR. Καταγράφηκαν όλες οι επιλογές που προτείνονται, οι τεχνικές τους προδιαγραφές, καθώς και τα πεδία εφαρμογής τους.

Στο στάδιο της υλοποίησης, με βάση τα πορίσματα της προηγηθείσας βιβλιογραφικής έρευνας, αρχικά σχεδιάστηκε το μοντέλο προσομοίωσης, ενώ στην συνέχεια αναπτύχθηκε σε κατάλληλο προγραμματιστικό περιβάλλον. Πλήθος δοκιμών πραγματοποιήθηκαν με στόχο την βελτιστοποίηση της εμπειρίας μέσω της εφαρμογής.

Στο επόμενο στάδιο, ακολούθησε η δοκιμή της εφαρμογής προσομοίωσης. Στοχευμένα ερωτηματολόγια διανεμήθηκαν στους συμμετέχοντες πριν και μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση, ώστε να διαπιστωθεί, αφενός, ο βαθμός αποδοχής της εφαρμογής υπό όρους χρηστικότητας, ελκυστικότητας, ευχρηστίας, ποικιλίας δυνατοτήτων, ρεαλιστικής απεικόνισης και αφετέρου η αφομοίωση γνώσεων μέσω της περιήγησης σε εικονικό περιβάλλον. Ακολούθησε ποσοτική και ποιοτική ανάλυση των ευρημάτων όπως αυτά προέκυψαν από τις απαντήσεις των ερωτηματολογίων, με σκοπό την καλύτερη αποτύπωση της γνώμης των συμμετεχόντων.

Μέσω της παραπάνω αξιολόγησης εξήχθησαν χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με την σημασία, την αξία και την δυνατότητα εισαγωγής εικονικών περιβαλλόντων μάθησης στην εκπαιδευτική διαδικασία. Καταγράφηκαν οι προοπτικές που ανοίγονται, αλλά και οι περιορισμοί και προκλήσεις που σχετίζονται με το ως άνω εγχείρημα.

Λέξεις-κλειδιά: Εικονική Πραγματικότητα (VR), Πολιτιστική Κληρονομιά, Εκπαιδευτικό εργαλείο, Εμπειρία Χρήστη

ABSTRACT

This thesis focuses on exploring the potential of cutting-edge simulation technologies, specifically Virtual Reality (VR), in the context of promoting cultural heritage. The primary aim is to make cultural monuments more accessible to the public and enhance education on cultural and historical topics. To achieve this goal, an innovative VR application was designed and implemented. Subsequently, its effectiveness as an educational tool was evaluated during the second year of the study.

The research began with an extensive and in-depth literature review of the latest trends in VR technology. This included exploring various VR options, their technical specifications, and their diverse applications in different fields.

Moving on to the implementation stage, the simulation model was meticulously designed and developed using a suitable programming environment. To ensure a high-quality user experience, numerous tests were carried out to optimize the application.

Next, the simulation application underwent rigorous testing. Participants were given targeted questionnaires before and after their interaction with the VR application. These questionnaires aimed to assess the application's usability, attractiveness, variety of features, realistic visualization, and its effectiveness in conveying knowledge about cultural heritage. Quantitative and qualitative analysis of the questionnaire responses helped gauge participants' opinions accurately.

Through this evaluation process, valuable insights were gathered regarding the significance, value, and feasibility of incorporating virtual learning environments into educational practices. The study shed light on the potential benefits of VR in enriching cultural experiences and educating the public. Additionally, the research identified limitations and challenges associated with the project.

Overall, this study contributes to understanding the potential impact of VR technologies in the realm of cultural heritage promotion and education. The findings hold promising prospects for further developments in this field while acknowledging the necessary considerations to overcome obstacles.

Keywords: Virtual Reality (VR), Cultural Heritage, Educational Tool, User Experience

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	vii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	viii
ABSTRACT	ix
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	xi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	xiv
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	xv
1. Εισαγωγή	1
1.1. Ιστορικό υπόβαθρο	1
1.2. Πλαίσιο αναφοράς	2
1.3. Στόχοι	2
1.4. Σημαντικότητα, πεδίο αναφοράς και ορισμοί	3
2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	5
2.1. Επισκόπηση των τεχνολογιών VR, AR και MR	5
2.2. Εικονική πραγματικότητα (VR)	7
2.2.1. Τύποι εμπύθισης	7
2.2.2. Ιστορική αναδρομή	10
2.3. Εφαρμογές VR, AR και MR σε διάφορα πεδία	27
2.4. Πολιτιστικό περιεχόμενο και η σημασία του στην εκπαίδευση	35
2.5. Προηγούμενες μελέτες σχετικά με τη χρήση των VR, AR και MR για την εκπαίδευση πολιτιστικού περιεχομένου	36
2.6. Σύνοψη	38
3. Σχεδιασμός Έρευνας	41
3.1. Μεθοδολογία και σχεδιασμός της έρευνας	41
3.1.1. Μεθοδολογία	41
3.1.2. Σχεδιασμός έρευνας	42

3.2.	Συμμετέχοντες.....	43
3.3.	Υλοποίηση και χρονοδιάγραμμα.....	43
3.3.1.	Συλλογή δεδομένων.....	44
3.3.2.	Εκπαιδευτική VR εφαρμογή πολιτιστικού περιεχομένου	53
3.4.	Μηχανές παιχνιδιών	53
3.4.1.	Αρχιτεκτονική μηχανών παιχνιδιών	54
3.4.2.	Τύποι μηχανών παιχνιδιών	56
3.4.3.	Ιστορία των μηχανών παιχνιδιών	57
3.4.4.	Δημοφιλείς μηχανές παιχνιδιών	57
3.5.	Δεοντολογία και περιορισμοί.....	63
4.	Σχεδιασμός και υλοποίηση της εφαρμογής.....	64
4.1.	Δομικά Στοιχεία και βασική Διεπαφή του Unity	64
4.1.1.	Δομικά Στοιχεία	64
4.2.	Υλοποίηση εκπαιδευτικής VR εφαρμογής	68
5.	Ανάλυση δεδομένων	83
5.1.	Δημογραφικά στοιχεία του δείγματος	87
5.2.	Ερευνητικά ερωτήματα.....	88
5.3.	Ανάλυση δεδομένων.....	88
5.4.	Ανάλυση αξιοπιστίας.....	91
5.5.	Περιγραφική στατιστική	92
5.6.	Έλεγχος κανονικότητας	94
5.7.	Επαγωγική στατιστική	103
5.7.1.	Ερευνητικό ερώτημα 1	103
5.7.2.	Ερευνητικό ερώτημα 2	110
5.8.	Αποτελέσματα εκπαιδευτικών ερωτήσεων	113
6.	Συμπεράσματα.....	125

6.1.	Προεκτάσεις για θεωρία και πρακτική	126
6.2.	Συστάσεις για μελλοντικές εργασίες	128
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	130

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3-1.....	45
Πίνακας 3-2.....	48
Πίνακας 3-3.....	52
Πίνακας 3-4.....	58
Πίνακας 3-5.....	61
Πίνακας 5-1.....	86
Πίνακας 5-2.....	90
Πίνακας 5-3.....	91
Πίνακας 5-4.....	91
Πίνακας 5-5.....	92
Πίνακας 5-6.....	92
Πίνακας 5-7.....	93
Πίνακας 5-8.....	102
Πίνακας 5-9.....	103
Πίνακας 5-10.....	104
Πίνακας 5-11.....	104
Πίνακας 5-12.....	106
Πίνακας 5-13.....	107
Πίνακας 5-14.....	108
Πίνακας 5-15.....	109
Πίνακας 5-16.....	109
Πίνακας 5-17.....	110
Πίνακας 5-18.....	110
Πίνακας 5-19.....	111

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2-1: Προσαρμογή της επεξήγησης των Milgram & Takemura για την MR..	6
Εικόνα 2-2: Χαμηλή Εμβύθιση VR	8
Εικόνα 2-3: Ημι-εμβύθιση VR.....	9
Εικόνα 2-4: Πλήρης εμβύθιση VR.....	10
Εικόνα 2-5: Το στερεοσκόπιο του Charles Whetstone	11
Εικόνα 2-6: View Master.....	11
Εικόνα 2-7: Google Cardboard VR Headset	11
Εικόνα 2-8: Το Link Trainer εξωτερικά.....	12
Εικόνα 2-9: Το Link Trainer εσωτερικά.....	12
Εικόνα 2-10: Συσκευή προσομοίωσης Sensorama	13
Εικόνα 2-11: Μάσκα Telesphere (Su et al., 2022).....	14
Εικόνα 2-12: Σχέδιο του διπλώματος ευρεσιτεχνίας της μάσκας Telesphere (Su et al., 2022).....	14
Εικόνα 2-13: Headsight	15
Εικόνα 2-14: Δαμόκλειος σπάθη.....	17
Εικόνα 2-15: Glowflow	18
Εικόνα 2-16: Psychic Space.....	18
Εικόνα 2-17: Metaplay.....	18
Εικόνα 2-18: VITAL Helmet.....	20
Εικόνα 2-19: Sayre Glove.....	21
Εικόνα 2-20: Το Super Cockpit και οι προκλήσεις των ανθρώπινων παραγόντων του	22
Εικόνα 2-21: NASA'S VIEW VR.....	23
Εικόνα 2-22: Εικονικότητα.....	24
Εικόνα 2-23: Sega VR.....	25

Εικόνα 2-24: Oculus.....	26
Εικόνα 2-25: Εξερεύνηση διαδρομής αστροναύτη (Babich, 2019).....	27
Εικόνα 2-26: Προσομοίωση χειρουργικής εκπαίδευσης.....	31
Εικόνα 2-27: Χρήση του VR στο τουρισμό. (HASSASSIAN, A., 2019.).....	32
Εικόνα 2-28: Εκπαίδευση σε στρατιωτικές ασκήσεις (Lele, 2011).....	34
Εικόνα 2-29: Προσομοίωση στρατιωτικής εκπαίδευσης (Lele, 2011)	35
Εικόνα 3-1: Σχεδιασμός και μεθοδολογία ερευνητικής διαδικασίας.....	42
Εικόνα 3-2 Συμπλήρωση ερωτηματολογίων από τους συμμετέχοντες.....	44
Εικόνα 3-3 Χρήση VR εφαρμογής από τους συμμετέχοντες.....	45
Εικόνα 3-4: Σκηνή εικονικής πραγματικότητας στο Unity3D (Unity Real-Time Development Platform 3D, 2D, VR & AR Engine, 2019).....	59
Εικόνα 3-5: Τρισδιάστατη σκηνή σε Unreal Engine (Unreal Engine The Most Powerful Real-Time 3D Creation Tool, 2020).....	60
Εικόνα 3-6: Cryengine (CRYENGINE - Crytek's Powerful Game Development Platform, 2019).....	63
Εικόνα 4-1: Ακουστικά και χειριστήρια Oculus 2	67
Εικόνα 4-2: Λογότυπο Unity	67
Εικόνα 4-3: Η σφαίρα της Κύριας Πύλης όπως φαίνεται στο Unity	68
Εικόνα 4-4: Αλλαγή Sphere Component.....	69
Εικόνα 4-5: Σενάριο Change Sphere.....	70
Εικόνα 4-6: Σενάριο Tour Manager	71
Εικόνα 4-7: Σενάριο Loading Bar Progress.....	72
Εικόνα 4-8: Skip Button Component	73
Εικόνα 4-9: Παράδειγμα παράλειψης	73
Εικόνα 4-10: Οικόσημο και τρισδιάστατο μοντέλο ιππότη στο Unity	74
Εικόνα 4-11: Επιλογή γλώσσας.....	74
Εικόνα 4-12: Κύριο μενού.....	75

Εικόνα 4-13: Οδηγός εκμάθησης.....	75
Εικόνα 4-14: Κουμπί που εμφανίζεται στον τελευταίο πίνακα οδηγιών	76
Εικόνα 4-15: Πληροφορίες και οδηγίες για το παιχνίδι.....	76
Εικόνα 4-16: Οι σφαίρες του Κάστρου στην εφαρμογή Unity.....	77
Εικόνα 4-17: Κύρια Πύλη.....	78
Εικόνα 5-1 Κατανομή ανά φύλο-Προκαταρκτικό ερωτηματολόγιο.....	87
Εικόνα 5-2 Κατανομή ανά φύλο-Συμπερασματικό Ερωτηματολόγιο	88
Εικόνα 5-3 Boxplot	89
Εικόνα 5-4.....	90
Εικόνα 5-5.....	95
Εικόνα 5-6.....	95
Εικόνα 5-7.....	96
Εικόνα 5-8.....	97
Εικόνα 5-9.....	98
Εικόνα 5-10.....	99
Εικόνα 5-11.....	99
Εικόνα 5-12.....	100
Εικόνα 5-13.....	101
Εικόνα 5-14.....	101
Εικόνα 5-15.....	114
Εικόνα 5-16.....	114
Εικόνα 5-17.....	115
Εικόνα 5-18.....	115
Εικόνα 5-19.....	116
Εικόνα 5-20.....	116
Εικόνα 5-21.....	117

Εικόνα 5-22.....	117
Εικόνα 5-23.....	118
Εικόνα 5-24.....	118
Εικόνα 5-25.....	119
Εικόνα 5-26.....	119
Εικόνα 5-27.....	120
Εικόνα 5-28.....	120
Εικόνα 5-29.....	121
Εικόνα 5-30.....	121
Εικόνα 5-31.....	122
Εικόνα 5-32.....	122
Εικόνα 5-33.....	123
Εικόνα 5-34.....	123

1. Εισαγωγή

Το παρόν κεφάλαιο περιγράφει το ιστορικό (ενότητα 1.1) και το πλαίσιο της έρευνας (ενότητα 1.2), καθώς και τους σκοπούς της (ενότητα 1.3). Τέλος, η ενότητα 1.4 περιγράφει τη σημασία και το πεδίο εφαρμογής της παρούσας έρευνας και παρέχει ορισμούς των όρων που χρησιμοποιήθηκαν.

1.1.Ιστορικό υπόβαθρο

Το κίνητρο για την έρευνα τεχνολογιών αιχμής, όπως η εικονική πραγματικότητα (Virtual Reality-VR), η επαυξημένη πραγματικότητα (Augmented Reality-AR) και η μικτή πραγματικότητα (Mixed Reality-MR), για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη εφαρμογών με πολιτιστικό περιεχόμενο οφείλεται στην ανάγκη να παρέχονται στους μαθητές ελκυστικές και διαδραστικές μαθησιακές εμπειρίες. Οι τεχνολογίες αυτές έχουν τη δυνατότητα να ενισχύσουν την κατανόηση και την εκτίμηση των μαθητών για διαφορετικούς πολιτισμούς, παρέχοντάς τους διαδραστικές εμπειρίες που μπορούν να «ζωντανέψουν» το πολιτιστικό περιεχόμενο με πιο ελκυστικό και ουσιαστικό τρόπο.

Ένα από τα κύρια κίνητρα για τη χρήση αυτών των τεχνολογιών στην εκπαίδευση πολιτιστικού περιεχομένου είναι η αυξανόμενη ποικιλομορφία και η εν γένει παγκοσμιοποίηση. Με τον κόσμο να γίνεται όλο και πιο διασυνδεδεμένος και ποικιλόμορφος, είναι σημαντικό για τους μαθητές να κατανοούν και να εκτιμούν τους διαφορετικούς πολιτισμούς, προκειμένου να περιηγηθούν και να επιτύχουν σε έναν ολοένα και πιο παγκοσμιοποιημένο κόσμο.

Επιπλέον, καθώς η τεχνολογία συνεχίζει να εξελίσσεται, τεχνολογίες αιχμής όπως η VR, η AR και η MR προσφέρουν νέες δυνατότητες για τη δημιουργία διαδραστικών εκπαιδευτικών εμπειριών που μπορούν να τραβήξουν την προσοχή των μαθητών και να κάνουν τη μάθηση πιο ελκυστική. Οι τεχνολογίες αυτές προσφέρουν επίσης νέους τρόπους για τη μετάδοση πληροφοριών και την προώθηση της κατανόησης που δεν μπορούν να επιτύχουν οι παραδοσιακές μέθοδοι διδασκαλίας.

Η ανάπτυξη εκπαιδευτικών εφαρμογών που χρησιμοποιούν αυτές τις τεχνολογίες για την πολιτιστική εκπαίδευση αποτελεί ενεργό πεδίο έρευνας που στοχεύει στη διερεύνηση των δυνατοτήτων αυτών των τεχνολογιών για την ενίσχυση της κατανόησης και της εκτίμησης των μαθητών για διαφορετικούς πολιτισμούς. Η παρούσα έρευνα αποσκοπεί στην αξιολόγηση του εκπαιδευτικού αντίκτυπου αυτών των τεχνολογιών και στον προσδιορισμό των καλύτερων

τρόπων σχεδιασμού και ανάπτυξης εφαρμογών που μπορούν να μεταδώσουν αποτελεσματικά το πολιτιστικό περιεχόμενο στους μαθητές.

1.2.Πλαίσιο αναφοράς

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα αξιολογηθεί ο αντίκτυπος συγκεκριμένων τεχνολογιών αιχμής -εικονική πραγματικότητα (VR), επαυξημένη πραγματικότητα (AR), μικτή πραγματικότητα (MR)- στην εκπαίδευση και θα προσδιοριστεί η δυναμική τους ως αποτελεσματικά εργαλεία για την ενίσχυση της μαθησιακής εμπειρίας και την εμπλοκή των μαθητών σε πολιτιστικό περιεχόμενο.

Το πρόβλημα που καλείται να αντιμετωπίσει η παρούσα διπλωματική εργασία είναι η ανάγκη να βρεθούν καινοτόμοι και αποτελεσματικοί τρόποι για την παροχή πολιτιστικής εκπαίδευσης στους μαθητές με τρόπο που να είναι ελκυστικός και διαδραστικός. Το πολιτιστικό περιεχόμενο αποτελεί ζωτικό μέρος της εκπαίδευσης, αλλά οι παραδοσιακές μέθοδοι παροχής αυτού του περιεχομένου μπορεί συχνά να είναι στατικές και να αποτυγχάνουν να εμπλέξουν τους μαθητές. Υπάρχει ανάγκη για νέες προσεγγίσεις που μπορούν να προσφέρουν στους μαθητές διαδραστικές εμπειρίες που θα τους βοηθήσουν να κατανοήσουν την ουσία του πολιτιστικού περιεχομένου.

Οι τεχνολογίες VR, AR και MR έχουν δείξει ότι υπόσχονται την παροχή τέτοιων εμπειριών, αλλά υπάρχει ανάγκη να αξιολογηθεί ο αντίκτυπός τους στην εκπαίδευση και να καθοριστεί η δυναμική τους ως εργαλεία για την παροχή πολιτιστικής εκπαίδευσης. Υπάρχει επίσης ανάγκη να εντοπιστούν τυχόν προκλήσεις και εμπόδια που μπορεί να υπάρχουν στην εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών στην πράξη.

Ως εκ τούτου, το ερευνητικό πρόβλημα της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι το πόσο αποτελεσματική είναι η τεχνολογία VR στην ενίσχυση της μαθησιακής εμπειρίας και στην εμπλοκή των μαθητών στο πολιτιστικό περιεχόμενο.

1.3.Στόχοι

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποσκοπεί στην ανασκόπηση της τρέχουσας κατάστασης των τεχνολογιών VR, AR και MR στην εκπαίδευση, με ιδιαίτερη έμφαση στην αξιοποίησή τους για πολιτιστικό περιεχόμενο και στην αξιολόγηση του αντίκτυπου αυτών των τεχνολογιών στην εμπλοκή, τα κίνητρα και τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών στην πολιτιστική εκπαίδευση. Επιπλέον, δίνεται έμφαση στον προσδιορισμό των βέλτιστων πρακτικών για τη δημιουργία αποτελεσματικών εφαρμογών VR που μεταφέρουν πολιτιστικό

περιεχόμενο, και των προκλήσεων και των εμποδίων στην εφαρμογή των τεχνολογιών VR. Τέλος, η διπλωματική εργασία αποσκοπεί στην παροχή πρακτικής καθοδήγησης για εκπαιδευτικούς και προγραμματιστές που επιθυμούν να αξιοποιήσουν τεχνολογίες VR, AR και MR στην πολιτιστική εκπαίδευση.

1.4.Σημαντικότητα, πεδίο αναφοράς και ορισμοί

Η σημασία αυτής της διπλωματικής εργασίας έγκειται στη δυνατότητά της να παρέχει πληροφορίες για την αποτελεσματική αξιοποίηση των τεχνολογιών VR, AR και MR στην πολιτιστική εκπαίδευση. Η πολιτιστική εκπαίδευση διαδραματίζει ζωτικό ρόλο στην προώθηση της κατανόησης, της ενσυναίσθησης και της εκτίμησης των διαφορετικών πολιτισμών και η ενσωμάτωση της τεχνολογίας μπορεί να βελτιώσει την εμπειρία μάθησης και να προωθήσει την εμπλοκή με το πολιτιστικό περιεχόμενο.

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται στην παρούσα διπλωματική εργασία περιλαμβάνει συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση της τρέχουσας κατάστασης στον τομέα των τεχνολογιών VR, AR και MR στην εκπαίδευση, με ιδιαίτερη έμφαση στο πολιτιστικό περιεχόμενο. Η διπλωματική εργασία περιλαμβάνει επίσης την σχεδίαση και ανάπτυξη ενός εικονικού εκπαιδευτικού περιβάλλοντος στον τομέα του πολιτισμού, καθώς και ερωτηματολόγια σε χρήστες αυτού του περιβάλλοντος. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν μέσω αυτών των μεθόδων αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας τόσο ποιοτικές όσο και ποσοτικές μεθόδους.

Ένα κενό στη βιβλιογραφία που η παρούσα διπλωματική εργασία στοχεύει να καλύψει είναι η έλλειψη έρευνας σχετικά με τις βέλτιστες πρακτικές για τη δημιουργία αποτελεσματικών εφαρμογών VR που μεταφέρουν πολιτιστικό περιεχόμενο. Ενώ προηγούμενες μελέτες έχουν επισημάνει τα δυνητικά οφέλη από τη χρήση αυτών των τεχνολογιών στην εκπαίδευση, ελάχιστη προσοχή έχει δοθεί στα συγκεκριμένα στοιχεία σχεδιασμού που μπορούν να μεγιστοποιήσουν την αποτελεσματικότητά τους για την πολιτιστική εκπαίδευση.

Το πεδίο εφαρμογής της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα επικεντρωθεί στην αξιοποίηση των τεχνολογιών VR στην πολιτιστική εκπαίδευση, ειδικά στο πλαίσιο της μετάδοσης πολιτιστικού περιεχομένου στους μαθητές. Η διπλωματική εργασία δεν θα καλύψει άλλες εφαρμογές αυτών των τεχνολογιών εκτός εκπαίδευσης ή πολιτιστικών πλαισίων.

Όσον αφορά τον ορισμό και τη συζήτηση των όρων που θα χρησιμοποιηθούν, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι τεχνολογίες VR, AR και MR χρησιμοποιούνται συχνά εναλλακτικά, αλλά η καθεμία έχει ξεχωριστά χαρακτηριστικά. Η VR δημιουργεί ένα πλήρως καθηλωτικό περιβάλλον που προσομοιώνει την πραγματικότητα, ενώ η AR επικαλύπτει ψηφιακά στοιχεία στον φυσικό κόσμο και η MR αναμειγνύει το ψηφιακό και το φυσικό περιβάλλον. Η εκπαίδευση σχετικά με το πολιτιστικό περιεχόμενο αναφέρεται στη διδασκαλία και την εκμάθηση πολιτιστικών γνώσεων, αξιών και παραδόσεων, με στόχο την προώθηση της κατανόησης, της ενσυναίσθησης και της εκτίμησης των διαφορετικών πολιτισμών.

2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1.Επισκόπηση των τεχνολογιών VR, AR και MR

Ο όρος Extended Reality (XR) αναφέρεται σε μια ποικιλία τεχνολογιών εμπύθισης, οι οποίες γίνονται ταχύτατα δημοφιλείς. Οι τεχνολογίες αυτές περιλαμβάνουν την εικονική πραγματικότητα (VR), την επαυξημένη πραγματικότητα (AR), και τη μικτή πραγματικότητα (MR). Αυτές οι καθηλωτικές τεχνολογίες δημιουργούν μια εμπειρία που επεκτείνει την πραγματικότητα με κάποιο συγκεκριμένο τρόπο. Μπορούν είτε να συνδυάζουν τον εικονικό με τον πραγματικό κόσμο είτε να δημιουργούν μια πλήρως εικονική εμπειρία. Πρόσφατη έρευνα δείχνει ότι πάνω από το 60% των συμμετεχόντων πιστεύουν ότι μέσα στα επόμενα 5 χρόνια η VR θα γίνει μια κυρίαρχη τεχνολογία (Marr, 2019).

Η Εικονική Πραγματικότητα (VR) είναι μια προσομοίωση ενός τρισδιάστατου περιβάλλοντος που δημιουργείται από υπολογιστή και με το οποίο μπορεί να αλληλεπιδράσει κανείς χρησιμοποιώντας εξειδικευμένο εξοπλισμό, όπως ακουστικά VR και χειριστήρια. Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές διεπαφές, όπως οι οθόνες, η VR παρέχει μια καθηλωτική εμπειρία βυθίζοντας πλήρως τον χρήστη στο προσομοιωμένο περιβάλλον και οι κινήσεις του στον πραγματικό κόσμο αναπαράγονται στον εικονικό κόσμο. Ο κλάδος των παιχνιδιών και της ψυχαγωγίας ήταν οι πρώτοι που υιοθέτησαν αυτή την τεχνολογία, ωστόσο κλάδοι όπως η υγειονομική περίθαλψη, η εκπαίδευση, ο στρατός και η μηχανική βρίσκουν την εικονική πραγματικότητα πολύ χρήσιμη (Marr, 2019).

Η επαυξημένη πραγματικότητα (AR) είναι η επικάλυψη ψηφιακών πληροφοριών στην άποψη του χρήστη για τον πραγματικό κόσμο. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση smartphone, tablet ή εξειδικευμένων γυαλιών AR. Σε αντίθεση με την VR, ο χρήστης παραμένει ενήμερος για το περιβάλλον του και μπορεί να αλληλεπιδράσει με τις εικονικές πληροφορίες στο πλαίσιο του πραγματικού κόσμου (Challenor & Ma, 2019). Η AR χρησιμοποιείται σε διάφορους τομείς, όπως η εκπαίδευση, η διαφήμιση και η βιομηχανική συντήρηση.

Η μικτή πραγματικότητα (MR) είναι ένας όρος που περιλαμβάνει τόσο την VR όσο και την AR, καθώς και το ενδιάμεσο φάσμα. Αναφέρεται στη συγχώνευση του φυσικού και του εικονικού κόσμου για τη δημιουργία ενός περιβάλλοντος στο οποίο και οι δύο ενσωματώνονται απρόσκοπτα και μπορούν να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους (Marr, 2019). Ένα παράδειγμα MR είναι η χρήση μιας οθόνης που τοποθετείται στο κεφάλι και μπορεί να παρακολουθεί τις

κινήσεις του χρήστη και να επικαλύπτει εικονικά αντικείμενα στον πραγματικό κόσμο με τρόπο που να φαίνεται ότι αποτελούν μέρος του περιβάλλοντος.

Η MR μπορεί να περιγραφεί καλύτερα εξετάζοντας το Virtual Reality Continuum (Milgram et al., 1994):



Εικόνα 2-1: Προσαρμογή της επεξήγησης των Milgram & Takemura για την MR

Αναλυτικότερα, όσο πιο δεξιά βρίσκεται ο χρήστης, τόσο περισσότερα τα εικονικά στοιχεία είναι παρόντα. Η AR, από την άλλη πλευρά, εμπλουτίζει το πραγματικό περιβάλλον με εικονικά στοιχεία. Τέλος, στην AR τα φυσικά αντικείμενα απεικονίζονται με ένα εικονικό στοιχείο.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι ορισμοί και τα όρια των VR, AR και MR τεχνολογιών εξακολουθούν να εξελίσσονται και ότι διαφορετικές βιομηχανίες, ερευνητές και εταιρείες χρησιμοποιούν τους όρους κάπως διαφορετικά. Είναι επίσης γεγονός ότι στον κλάδο, οι όροι VR, AR και MR χρησιμοποιούνται συχνά εναλλακτικά ή ως συνώνυμα. Αν και οι υλοποιήσεις επαυξημένης πραγματικότητας θεωρούνται μέρος της εικονικής πραγματικότητας, υπάρχουν ορισμένες βασικές διαφορές. Για παράδειγμα, οι υλοποιήσεις επαυξημένης πραγματικότητας χρησιμοποιούν συχνά διαφορετικό υλικό και λογισμικό από τις υλοποιήσεις εικονικής πραγματικότητας. Επιπλέον, η επαυξημένη πραγματικότητα υλοποιείται με την προσθήκη ψηφιακού περιεχομένου σε πραγματικά περιβάλλοντα, ενώ η εικονική πραγματικότητα μπορεί να οριστεί ως υλοποιήσεις μέσω των οποίων οι χρήστες μεταφέρονται σε ένα εικονικά δημιουργημένο περιβάλλον και αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον αυτό (Yildirim et al., 2018).

Λόγω της φύσης της τεχνολογίας VR, τα ανοικτά πρότυπα που έχουν σχεδιαστεί και συσσωρευτήκαν για τα βιντεοπαιχνίδια και τη βιομηχανία ψυχαγωγίας τις τελευταίες δεκαετίες δεν ισχύουν για την εικονική πραγματικότητα. Αυτό έχει επηρεάσει την ανάπτυξη των αντίστοιχων λύσεων. Μια έκθεση που σχετίζεται με το OpenXR, η οποία υλοποιήθηκε από τον όμιλο Khronos, περιγράφει τα ανοικτά πρότυπα για την ανάπτυξη MR και προσθέτει περαιτέρω

ότι εταιρείες όπως η Google, η Microsoft και η Sony, έχουν επιδείξει δημόσια την υποστήριξή τους προς την πρόοδο αυτής της τεχνολογίας. Το OpenXR παρέχει ένα Application και ένα Device Plugin Interface που επιτρέπουν διαφορετικές μηχανές να χρησιμοποιούνται σε διαφορετικές πλατφόρμες VR και να λειτουργούν σε διαφορετικές συσκευές VR (*OpenXR - High-Performance Access to AR and VR—Collectively Known as XR—Platforms and Devices*, 2016).

2.2. Εικονική πραγματικότητα (VR)

2.2.1. Τύποι εμπύθισης

Η εμπύθιση είναι η αντίληψη του χρήστη ότι είναι φυσικά παρών σε έναν εικονικό κόσμο. Η αντίληψη αυτή δημιουργείται από ερεθίσματα του χρήστη, όπως εικόνες και ήχοι. Η εμπύθιση συνήθως εξετάζεται σε μια κλίμακα από τη λιγότερο εμπυθιστική έως την πλήρη εμπυθιστικότητα.

- Χαμηλής εμπύθισης (Low Immersive)

Όπως υποδηλώνει και το όνομα, τα συστήματα χαμηλής εμπύθισης είναι οι λιγότερο εμπυθιστικές εφαρμογές της τεχνολογίας VR. Η VR είναι τόσο δημοφιλής στην καθημερινή ζωή που οι απλές εικονικές εμπειρίες συχνά παραβλέπονται στην κατηγορία VR. Αυτή η τεχνική επιτρέπει στους χρήστες να βιώσουν έναν κόσμο που δημιουργείται από υπολογιστή, ενώ εξακολουθούν να αντιλαμβάνονται το φυσικό τους περιβάλλον. Τα βιντεοπαιχνίδια είναι ένα από τα πιο αντιπροσωπευτικά παραδείγματα για το πώς μπορεί να επιτευχθεί χαμηλή εμπύθιση. Αυτή η τεχνολογία είναι αποτελεσματική και δεν απαιτεί υψηλά επίπεδα γραφικών ή κάποιο ειδικό υλικό. Η αλληλεπίδραση με τους υπολογιστές γίνεται συνήθως με τη χρήση τεχνητής νοημοσύνης, και είναι συνήθως η πιο οικονομική επιλογή για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι προσφέρει μια οικονομικά αποδοτική λύση για ένα ευρύ φάσμα αναγκών (Kaplan-Rakowski & Gruber, 2019).



Εικόνα 2-2: Χαμηλή Εμβύθιση VR

- **Ημι-εμβύθισης (Semi Immersive)**

Σε αυτόν τον τύπο εμβύθισης, οι χρήστες βυθίζονται εν μέρει σε ένα περιβάλλον. Οι χρήστες δεν αποκόπτονται εντελώς από το φυσικό τους περιβάλλον, γεγονός που σημαίνει ότι εστιάζουν στην ψηφιακή εικόνα μιας διαφορετικής πραγματικότητας, ενώ εξακολουθούν να βρίσκονται σε επαφή με το φυσικό τους περιβάλλον. Μια πιο καθηλωτική εμπειρία επιτυγχάνεται με τη χρήση εικόνων με μεγαλύτερη λεπτομέρεια. Αυτός ο τύπος εικονικής πραγματικότητας χρησιμοποιείται συχνά για εκπαιδευτικούς σκοπούς και βασίζεται σε πολλαπλές οθόνες υψηλής ανάλυσης, ισχυρούς υπολογιστές και προβολείς εικόνων. Ως εκ τούτου, τα ημιεμβυθιστικά συστήματα παρέχουν υψηλότερο επίπεδο εμβύθισης καθώς και καλύτερη αίσθηση κλίμακας κάνοντας χρήση γραφικών με σημαντικά υψηλότερη ανάλυση από τα γυαλιά VR ή ένα HMD (head-mounted display). Μια από τις πιο γνωστές χρήσεις της ημιεμβύθισης είναι στην εκπαίδευση, για παράδειγμα στον προσομοιωτή πτήσης, όπου οι χρήστες μπορούν να εκπαιδευτούν σε ασφαλείς συνθήκες (Bustillo et al., 2015).



Εικόνα 2-3: Ημι-εμβύθιση VR

- **Πλήρους εμβύθισης (Full Immersive)**

Η πλήρης εμβύθιση προσφέρει την πιο ρεαλιστική εμπειρία στο εικονικό περιβάλλον με εικόνα και ήχο. Σε αυτόν τον τύπο εμβύθισης, μια οθόνη τοποθετείται στο κεφάλι του χρήστη. Η συσκευή αυτή προσφέρει σχετικά υψηλή ανάλυση με ευρύ φάσμα όρασης. Η οθόνη HMD (head-mounted display) χωρίζεται μεταξύ των ματιών του χρήστη για τη δημιουργία μιας στερεοσκοπικής τρισδιάστατης εικόνας. Οι δύο οθόνες τοποθετούνται πολύ κοντά στο μάτι (50-70mm), αλλά η εικόνα στην οποία εστιάζει ο χρήστης είναι πολύ πιο μακριά λόγω του οπτικού συστήματος HMD. Κατά τη χρήση της συσκευής, ο χρήστης αποκόπτεται από τον πραγματικό κόσμο, ενώ ενισχύεται ο κόσμος που δημιουργείται από τον υπολογιστή. Αυτή η τεχνολογία προσφέρει στους χρήστες οπτικό πεδίο 360°, πράγμα που σημαίνει ότι μπορούν να λαμβάνουν μια οπτική εικόνα στρέφοντας το κεφάλι τους προς οποιαδήποτε κατεύθυνση. Ένα σύστημα πλήρους εμβύθισης προσφέρει μια αίσθηση που δεν μπορεί να συγκριθεί με καμία άλλη τεχνική εμβύθισης, ωστόσο ο βαθμός εμβύθισης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως το οπτικό πεδίο, η ανάλυση της εικόνας, ο ρυθμός ανανέωσης, η αντίθεση και ο φωτισμός της οθόνης. Τέλος, τα συστήματα πλήρους εμβύθισης είναι τα πιο απαιτητικά όσον αφορά τις δυνατότητες και την τεχνολογία του υλικού του υπολογιστή και, ως εκ τούτου, αποτελούν την πιο ακριβή επιλογή για την επίτευξη ικανοποιητικού επιπέδου ρεαλισμού (Kaplan-Rakowski & Gruber, 2019).



Εικόνα 2-4: Πλήρης εμπύθιση VR

2.2.2. Ιστορική αναδρομή

- **1838 - Στερεοσκοπικές φωτογραφίες**

Το 1838, μια μελέτη του Charles Wheatstone (Άγγλος επιστήμονας 1802-1875) έδειξε ότι όταν βλέπει κανείς δύο δισδιάστατες εικόνες, μία σε κάθε μάτι, ο εγκέφαλος του χρήστη συνδυάζει τις δύο εικόνες σε ένα τρισδιάστατο αντικείμενο. Έτσι, στο στερεοσκόπιο, μια διάταξη φακών, δύο φωτογραφίες του ίδιου πράγματος που έχουν ληφθεί από διαφορετικά σημεία συνδυάζονται για να κάνουν το αντικείμενο να ξεχωρίζει σε μια συμπαγή άποψη. Ο παρατηρητής έχει την αίσθηση του βάθους, δημιουργώντας τη σωστή ψευδαίσθηση των τριών διαστάσεων. Η μεταγενέστερη ανάπτυξη του δημοφιλούς στερεοσκοπίου τύπου "View Master" χρησιμοποιήθηκε επίσης για τον εικονικό τουρισμό. Οι σχεδιαστικές αρχές του στερεοσκοπίου χρησιμοποιούνται ακόμη και σήμερα σε χαμηλού προϋπολογισμού γυαλιά εικονικής πραγματικότητας που τοποθετούνται στο κεφάλι, όπως το δημοφιλές Google Cardboard.



Εικόνα 2-5: Το στερεοσκόπιο του Charles Wheatstone



Εικόνα 2-6: View Master



Εικόνα 2-7: Google Cardboard VR Headset

- **1929 Link Trainer**

Το Link Trainer, επίσης γνωστό ως "Blue Box" ή "Pilot Trainer", είναι ένας προσομοιωτής πτήσης που κατασκευάστηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1930 με βάση την τεχνολογία που εισήγαγε ο Edwin Albert Link ένα χρόνο νωρίτερα. Ένα ορόσημο θα επιτευχθεί όταν ο εκπαιδευτής πιλότων της Link το 1934 θα συμμετάσχει σε μια άσκηση και θα εκτελέσει με επιτυχία πτήση με όργανα μέσα από πυκνά σύννεφα που η Πολεμική Αεροπορία των ΗΠΑ εκτιμούσε ότι ήταν αδύνατη, αποδεικνύοντας την αξία της εκπαίδευσης σε ένα ασφαλές περιβάλλον. Με την έναρξη του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, χιλιάδες πιλότοι από όλο τον κόσμο θα εκπαιδευόνταν με ασφάλεια και επιτυχία στο "Μπλε Κουτί" (Εικόνα 2-8) που πήρε το όνομά του από τη χαρακτηριστική βαμμένη μπλε άτρακτο.



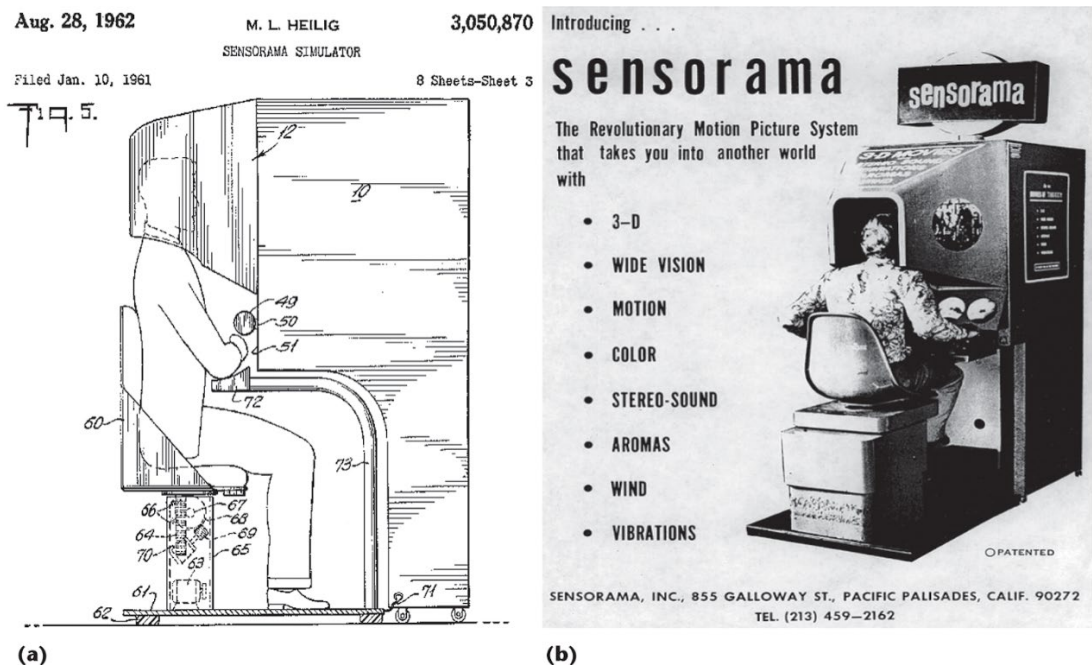
Εικόνα 2-8: Το Link Trainer εξωτερικά



Εικόνα 2-9: Το Link Trainer εσωτερικά

- 1950 Sensorama

Στη δεκαετία του 1950, ο σκηνοθέτης Morton Heilig άρχισε να αναπτύσσει έναν συνδυασμό τεχνολογιών που αποσκοπούσαν στην τόνωση των αισθήσεων του χρήστη, αυτό που ονόμασε "Sensorama", έναν σταθερό θάλαμο παρατήρησης με στερεοφωνικό ήχο, γεννήτριες οσμών, ανεμιστήρες για την προσομοίωση του ανέμου, στερεοσκοπική οθόνη για την προβολή έγχρωμου βίντεο και καρέκλα με δονήσεις. Αν και η εφεύρεση δεν είχε τη δυνατότητα αλληλεπίδρασης με τον χρήστη-θεατή, ήταν μια επαναστατική προσπάθεια για τη δημιουργία μιας καθηλωτικής αισθητηριακής εμπειρίας, ικανή να χαρίσει στον εμπνευστή της τον ανεπίσημο τίτλο του "πατέρα της εικονικής πραγματικότητας". Θεωρείται το πρώτο μηχάνημα εικονικής πραγματικότητας και κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας το 1962.



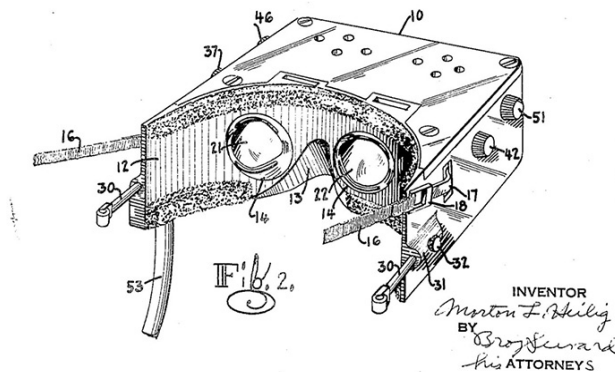
Εικόνα 2-10: Συσκευή προσομοίωσης Sensorama

- 1960 Μάσκα Telesphere

Μετά την εφεύρεση της "Sensorama", το 1960 από τον ίδιο εφευρέτη, ακολούθησε η "Telesphere Mask", μια μη διαδραστική συσκευή προβολής ταινιών με τη διαφορά ότι ήταν το πρώτο παράδειγμα οθόνης τοποθετημένης στο κεφάλι (Head Mounted Display - HMD) που παρείχε στερεοσκοπική τρισδιάστατη εικόνα ευρείας οθόνης με στερεοφωνικό ήχο.



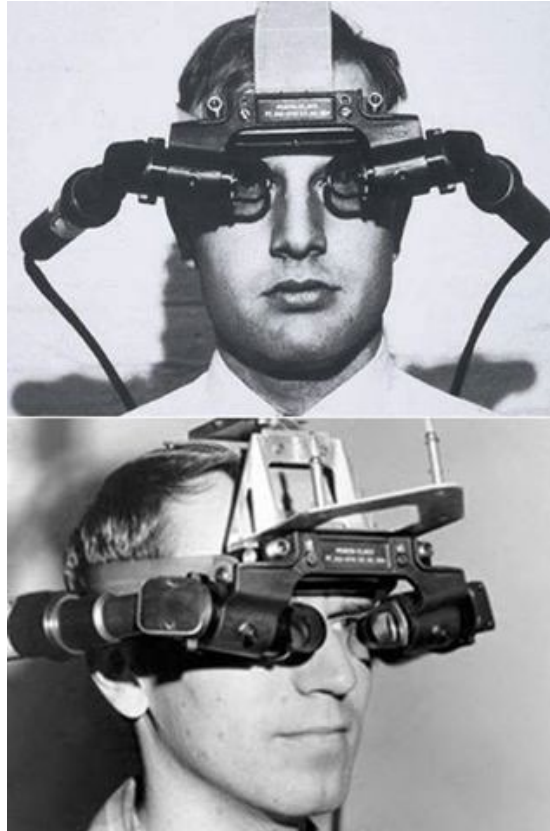
Εικόνα 2-11: Μάσκα Telesphere (Su et al., 2022)



Εικόνα 2-12: Σχέδιο του διπλώματος ευρεσιτεχνίας της μάσκας Telesphere (Su et al., 2022)

- **1961 Headsight - Το πρώτο HMD παρακολούθησης κίνησης**

Το 1961, δύο μηχανικοί της Philco ανέπτυξαν το "Headsight", τον πρόδρομο του HMD όπως το γνωρίζουμε σήμερα. Το Headsight περιλάμβανε μια οθόνη για κάθε μάτι και ένα μαγνητικό σύστημα παρακολούθησης της κίνησης του χρήστη που ήταν συνδεδεμένο με μια κάμερα κλειστού κυκλώματος. Το Headsight δεν αναπτύχθηκε για εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας (ο όρος δεν υπήρχε τότε), αλλά επέτρεπε στον στρατό να παρατηρεί και να λαμβάνει αποφάσεις εξ αποστάσεως σε καταστάσεις ύψιστης επιχειρησιακής προτεραιότητας. Με αυτή την εφεύρεση τέθηκε ο θεμέλιος λίθος για την εξέλιξη της εικονικής πραγματικότητας.



Εικόνα 2-13: Headsight

- **1965 Η απόλυτη οθόνη (Ultimate Display)**

Ο Ιβάν Σάδερλαντ περιέγραψε μια ιδέα που ονομάζεται "Απόλυτη Οθόνη", η οποία θα μπορούσε να προσομοιώνει την πραγματικότητα σε τέτοιο βαθμό ώστε κανείς να μην μπορεί να διακρίνει τη διαφορά μεταξύ φυσικής και χρονικής πραγματικότητας. Η ιδέα αυτή περιελάμβανε έναν εικονικό κόσμο του οποίου τα στοιχεία προβάλλονταν μέσω μιας οθόνης που τοποθετούνταν στο κεφάλι και αναπαρήγαγε ρεαλιστικά μέσω επαυξημένης τρισδιάστατης ηχητικής και οπτικής ανατροφοδότησης, έναν υπολογιστή για τη δημιουργία του εικονικού κόσμου και τη διατήρησή του σε πραγματικό χρόνο, καθώς και τη δυνατότητα των χρηστών να αλληλεπιδρούν με ρεαλιστικό τρόπο με αντικείμενα στον εικονικό κόσμο.

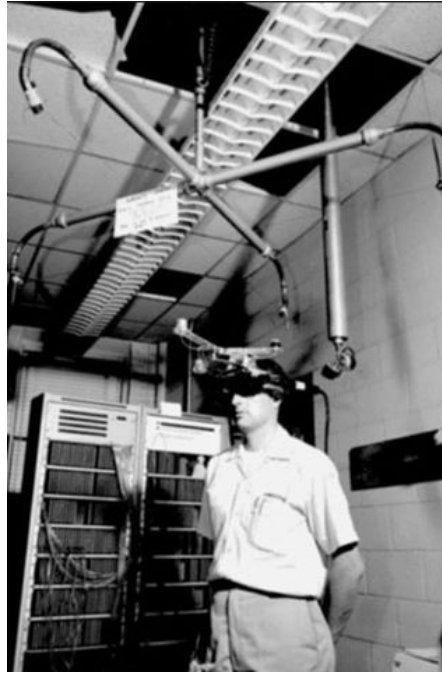
- **1966 Furness' Flight Sim**

Στα τέλη της δεκαετίας του 1960, με την αυξανόμενη πολυπλοκότητα της τεχνολογίας των μαχητικών αεροσκαφών, ένας μηχανικός του στρατού ονόματι Tom Furness παρακινήθηκε να επικεντρωθεί στην επίλυση των προβλημάτων που υπήρχαν, όπως το πώς να αναπαραστήσει τις πληροφορίες από τις εικόνες των αισθητήρων σε εικονικές οθόνες, πώς ο πιλότος θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει το κεφάλι του για να στοχεύει ενώ πυροβολεί και γενικά πώς να κάνει τα συστήματα λιγότερο πολύπλοκα στην κατανόηση και τη λειτουργία τους. Λόγω του περιορισμένου χώρου στο

πιλοτήριο, ο Tom στράφηκε στη δημιουργία συστημάτων επαυξημένης πραγματικότητας για την απεικόνιση πληροφοριών σε εικονικό περιβάλλον. Του πιστώνεται η έναρξη της ανάπτυξης της σύγχρονης τεχνολογίας προσομοιωτών πτήσεων.

- **1968 Η δαμόκλειος σπάθη**

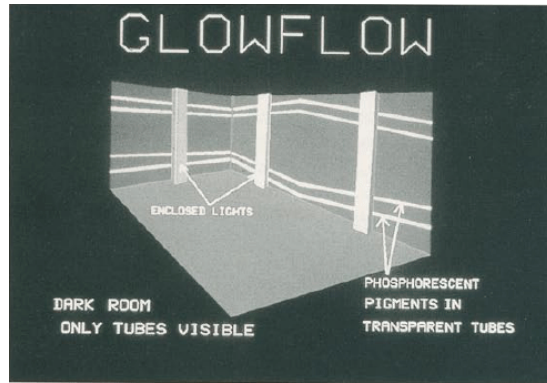
Το Sword of Damocles ήταν το όνομα του μηχανικού συστήματος παρακολούθησης και όχι της οθόνης που τοποθετείται στο κεφάλι και θεωρείται ευρέως ως το πρώτο σύστημα Head Mounted Display επαυξημένης πραγματικότητας. Δημιουργήθηκε το 1968 από τον επιστήμονα πληροφορικής Ιβάν Σάδερλαντ με τη βοήθεια των φοιτητών του. Ήταν ουσιαστικά η υλοποίηση της έννοιας της απόλυτης οθόνης (Ultimate Display). Η συσκευή ήταν πρωτόγονη όσον αφορά τη διεπαφή χρήστη και τα γραφικά, τα οποία ήταν απλοϊκά δωμάτια με συρματοπλέγματα. Το σύστημα εμφάνιζε στην στερεοσκοπική οθόνη την έξοδο από ένα πρόγραμμα υπολογιστή. Η προοπτική που εμφανιζόταν από το λογισμικό εξαρτιόταν από τη θέση του βλέμματος του χρήστη, οπότε ήταν απαραίτητη η παρακολούθηση του κεφαλιού. Η Head Mounted Display έπρεπε να συνδεθεί με έναν μηχανικό βραχίονα που κρεμόταν από την οροφή του εργαστηρίου, εν μέρει για λόγους βάρους και εν μέρει για την παρακολούθηση των κινήσεων των συνδέσεων των οργάνων της κεφαλής. Κατά τη χρήση της συσκευής, ο χρήστης έπρεπε να έχει το κεφάλι του στερεωμένο πάνω της για να εκτελεί τα πειράματα. Στο αρχικό στάδιο, τα υπό δοκιμή εξαρτήματα δεν ήταν πλήρως ενσωματωμένα. Στο τέλος της δεκαετίας άρχισε η ενσωμάτωση των εξαρτημάτων της συσκευής σε ένα ενιαίο σύστημα HMD. Με την ολοκλήρωση της ενσωμάτωσης, δημιουργήθηκε και τέθηκε σε λειτουργία το πρώτο πλήρως λειτουργικό σύστημα HMD.



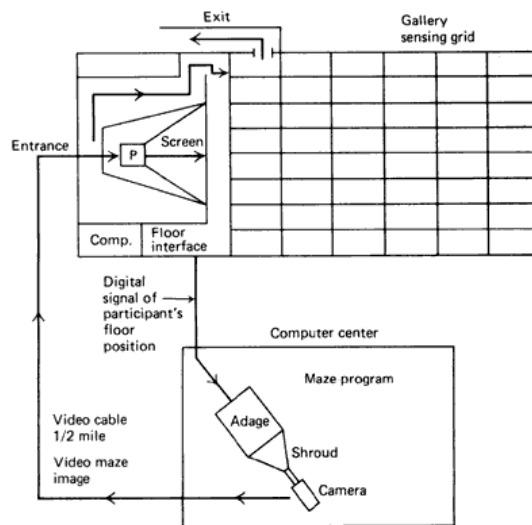
Εικόνα 2-14: Δαμόκλειος σπάθη

- **1969 Τεχνητή πραγματικότητα**

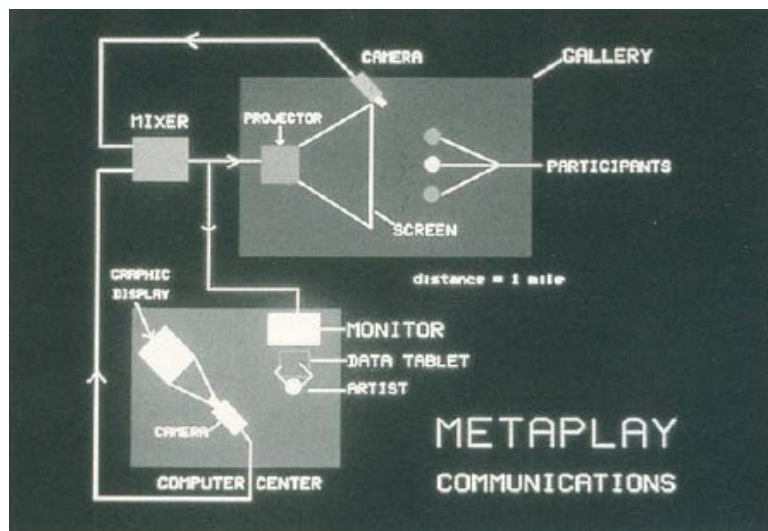
Ξεκινώντας το 1969, ο Myron Krueger από το Πανεπιστήμιο του Wisconsin δημιούργησε μια σειρά έργων σχετικά με τη φύση της ανθρώπινης πραγματικότητας σε εικονικά περιβάλλοντα, τα οποία αργότερα ονόμασε τεχνητή πραγματικότητα. Τα προγράμματά του που ονομάστηκαν GLOWFLOW METAPLAY και PSYCHIC SPACE αποτέλεσαν εξελίξεις στην έρευνά του που τελικά επέτρεψαν την ανάπτυξη της τεχνολογίας VIDEOPLACE το 1975. Το σύστημα αυτό μπορούσε να αναλύει και να επεξεργάζεται τις ενέργειες του χρήστη στον πραγματικό κόσμο και να τις μεταφράζει σε αλληλεπιδράσεις με εικονικά αντικείμενα με διάφορους προ-προγραμματισμένους τρόπους. Το VIDEOPLACE διέφερε σε πολλές πτυχές από τις εκπαιδευτικές και ερευνητικές προσομοιώσεις. Συγκεκριμένα, το σύστημα αντιστρέφει την έμφαση από το να αντιλαμβάνεται ο χρήστης τον κόσμο που δημιουργείται από τον υπολογιστή στο να αντιλαμβάνεται ο υπολογιστής τις ενέργειες στις συνθέσεις των αντικειμένων και του χώρου στον εικονικό κόσμο. Με αυτή τη μετατόπιση της εστίασης, ο Krueger διαπίστωσε ότι η πιστότητα της αναπαράστασης έγινε λιγότερο σημαντική από τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ του χρήστη και του εικονικού κόσμου, καθώς και από την ταχύτητα απόκρισης σε εικόνες ή άλλες μορφές αισθητηριακής εισόδου



Εικόνα 2-15: Glowflow



Εικόνα 2-16: Psychic Space



Εικόνα 2-17: Metaplay

- **1972-Ψηφιακός προσομοιωτής πτήσης της GE**

Η General Electric παρήγαγε τα πρώτα συστήματα CGI (Computer Generated Images) του διαστημικού προγράμματος. Οι πρώτες εκδόσεις αυτών των συστημάτων παρήγαγαν μια εικόνα "επιπέδου εδάφους", ενώ τα μεταγενέστερα συστήματα μπορούσαν να παράγουν εικόνες τρισδιάστατων αντικειμένων. Η πρόοδος σε αυτόν τον τομέα ήταν ταχεία και στενά συνδεδεμένη με την ανάπτυξη του ψηφιακού υλικού των υπολογιστών σε συνδυασμό με την παράλληλη ανάπτυξη των συστημάτων παραγωγής εικόνων. Αυτός ο προσομοιωτής διέθετε τρεις οθόνες τοποθετημένες σε διάταξη 180°, έτσι ώστε οι οθόνες να περιβάλλουν το προσομοιωμένο εκπαιδευτικό πιλοτήριο για να δώσουν στους εκπαιδευόμενους πιλότους την αίσθηση της πραγματικής εμπύθισης.

- **1979-HMD της McDonnell-Douglas**

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η αυξημένη πολυπλοκότητα λόγω της ραγδαίας εξέλιξης των μαχητικών αεροσκαφών οδήγησε τον στρατό να πειραματιστεί με την Head Mounted Display για την επίλυση προβλημάτων. Η βασική προϋπόθεση της συσκευής ήταν η προβολή πληροφοριών απευθείας στα μάτια του πιλότου για να εξαλειφθούν οι ογκώδεις οθόνες και τα συστήματα προβολής. Ένα από τα πρώτα παραδείγματα είναι το κράνος VITAL της McDonnell Douglas, το οποίο χρησιμοποιούσε έναν ηλεκτρομαγνητικό ανιχνευτή κίνησης της κεφαλής για να αντιλαμβάνεται πού κοιτούσε ο πιλότος του αεροσκάφους. Διπλοί μονοχρωματικοί καθοδικοί σωλήνες ακτινών τοποθετούνταν δίπλα στα αυτιά του πιλότου, προβάλλοντας την εικόνα σε διαχωριστές δέσμης μπροστά από τα μάτια του πιλότου. Αυτό το κράνος επέτρεπε στον πιλότο να βλέπει και να χειρίζεται τα μηχανικά χειριστήρια στο πιλοτήριο, ενώ παράλληλα έβλεπε την εικόνα του εξωτερικού κόσμου που δημιουργούσε ο υπολογιστής. Ωστόσο, τα προβλήματα με το ογκώδες κάλυμμα κεφαλής και τη θέαση μέσω των σωλήνων περιόρισαν την αποδοχή αυτών των πρώτων προσπαθειών.



Εικόνα 2-18: VITAL Helmet

- **1982 Sayre Gloves**

Το 1977 ο Daniel J. Sandin και ο Thomas Defanti στο Εργαστήριο Ηλεκτρονικής Οπτικοποίησης δημιούργησαν το πρώτο ενσύρματο γάντι ή γάντι δεδομένων που ονομάστηκε Sayre Glove. Το γάντι βασίστηκε στην ιδέα ενός συναδέλφου στο εργαστήριο, του Richard Sayre, και τα γάντια αυτά χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για το χειρισμό των ρυθμιστικών διασωληνώσεων. Η κατασκευή του ήταν φθηνή σε κόστος και ελαφριά. Σκοπός ήταν η παρακολούθηση των κινήσεων του χεριού και η παροχή μιας αποτελεσματικής μεθόδου πολυδιάστατου ελέγχου. Οι συσκευές αυτές χρησιμοποιούσαν αισθητήρες φωτός με εύκαμπτους σωλήνες, με μια πηγή φωτός στο ένα άκρο και ένα φωτοκύτταρο στο άλλο. Καθώς τα δάχτυλα κάμπτονταν, η ποσότητα του φωτός που έφτανε στα φωτοκύτταρα μεταβαλλόταν, παρέχοντας έτσι ένα μέτρο της κάμψης των δαχτύλων.

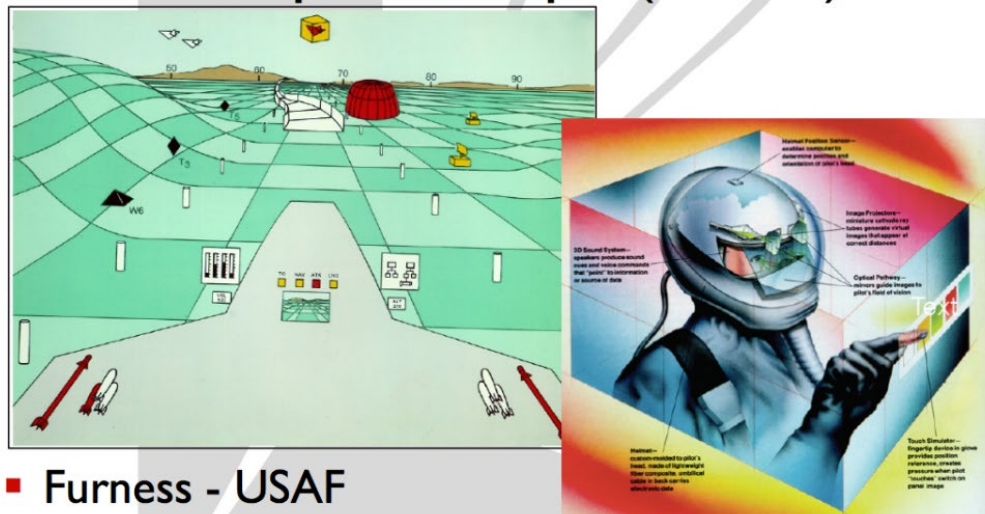


Εικόνα 2-19: Sayre Glove

- **1986 Super Cockpit**

Από το 1986 έως το 1989, ο Furness διηύθυνε το πρόγραμμα Super Cockpit της Πολεμικής Αεροπορίας. Η βασική ιδέα αυτού του προγράμματος ήταν ότι η ικανότητα των πιλότων να χειρίζονται χωρικές πληροφορίες εξαρτιόταν από την απεικόνιση των δεδομένων αυτών με τρόπο που να εκμεταλλεύεται τους φυσικούς αντιληπτικούς μηχανισμούς του ανθρώπου. Εφαρμόζοντας το HMD σε αυτόν τον στόχο, ο Furness σχεδίασε ένα σύστημα που προβάλλει πληροφορίες όπως τρισδιάστατους χάρτες που δημιουργούνται από υπολογιστή, υπέρυθρες εικόνες και εναέρια ραντάρ σε έναν καθηλωτικό, τρισδιάστατο εικονικό χώρο που ο πιλότος μπορούσε να δει και να ακούσει σε πραγματικό χρόνο. Το σύστημα παρακολούθησης κράνους, τα φωνητικά χειριστήρια και οι αισθητήρες επέτρεπαν στον πιλότο να ελέγχει το αεροσκάφος με χειρονομιακές εκφράσεις και κινήσεις των ματιών, μετατρέποντας την κατάδυση σε έναν εικονικό χώρο γεμάτο με δεδομένα σε τρόπους ελέγχου. Αυτή η διεπαφή μείωσε την πολυπλοκότητα και τον αριθμό των χειριστηρίων στο πιλοτήριο.

The Super Cockpit (1980's)



■ Furness - USAF

Furness, T. A. (1986, September). The super cockpit and its human factors challenges. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 30, No. 1, pp. 48-52). SAGE Publications.

Εικόνα 2-20: Το Super Cockpit και οι προκλήσεις των ανθρώπινων παραγόντων του

- **1987-Εικονική πραγματικότητα**

Το 1985, οι πρωτοπόροι της εικονικής πραγματικότητας Jaron Lanier και Thomas Zimmerman ίδρυσαν το Virtual Programming Lab (VPL). Ακόμη και μετά από όλη αυτή την ανάπτυξη της εικονικής πραγματικότητας, δεν υπήρχε ακόμη όρος για να περιγράψει αυτό το πεδίο. Όλα αυτά άλλαξαν το 1987, όταν ο Jaron Lanier επινόησε τον όρο εικονική πραγματικότητα. Μέσω της έρευνας της εταιρείας, ο Jaron ανέπτυξε μια σειρά από εξοπλισμό εικονικής πραγματικότητας, συμπεριλαμβανομένου του dataglove και της οθόνης EyePhone που τοποθετείται στο κεφάλι. Αξίζει να σημειωθεί ότι ήταν η πρώτη εταιρεία VR που πούλησε HMDs και γάντια δεδομένων.

- **1989-Η NASA μπαίνει στο VR**

Η Υπηρεσία Εξερεύνησης του Διαστήματος (NASA) κατασκεύασε μία από τις πρώτες συσκευές εικονικής πραγματικότητας. Αναπτύχθηκε και δημιουργήθηκε με το χέρι από μια ομάδα επιστημόνων και μηχανικών σε ένα ερευνητικό κέντρο της NASA στην Καλιφόρνια σε συνεργασία με την Crystal River Engineering, η οποία βοήθησε στην κατασκευή ενός ηχητικού εξαρτήματος. Οι ερευνητές της NASA επιθυμούσαν έναν προσομοιωτή εικονικής πραγματικότητας χαμηλού κόστους που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο εκπαίδευσης για τους υποψήφιους αστροναύτες, ώστε να αλληλεπιδρούν με τα συστήματα των

διαστημόπλοιων, χωρίς την ανάγκη κατασκευής ενός ολοκληρωμένου προσομοιωτή με σημαντικό κόστος. Το αποτέλεσμα ήταν παρόμοιο με αυτό των σύγχρονων συσκευών εικονικής πραγματικότητας και διέθετε μια αυτόνομη οθόνη συνδεδεμένη με μια σειρά φακών που εστίαζαν την εικόνα μέσω μιας θύρας προβολής στο πίσω μέρος της συσκευής. Η συσκευή με την ονομασία Virtual Interface Environment Workstation (VIEW), σε αντίθεση με προηγούμενες συσκευές ψευδο-VR, διαθέτει ενσωματωμένα γραφικά υπολογιστή και αισθητήρες κίνησης για να μιμείται όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικά το περιβάλλον που θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν οι εκπαιδευόμενοι αστροναύτες και οι πιλότοι μαχητικών αεροσκαφών για να αντιμετωπίσουν εξαιρετικά πολύπλοκες μηχανές.



Εικόνα 2-21: NASA'S VIEW VR

- **1991 Virtuality Group Arcade Machines**

Ένα σπουδαίο παράδειγμα χρήσης της εικονικής πραγματικότητας ως μέσο ψυχαγωγίας είναι αυτό της εταιρείας W Industries, που ιδρύθηκε από τον Jonathan Waldern, έναν από τους πρώτους πρωτοπόρους - ερευνητές της εικονικής πραγματικότητας στα μέσα της δεκαετίας του 1980, όταν κατασκεύασε τα πρωτότυπα, η τεχνολογία των οποίων βασιζόταν σε σύγχρονη αλλά ταυτόχρονα κάπως πρωτόγονη τεχνολογία λόγω της πλαστικής κατασκευής της οθόνης που κάλυπτε κάθε μάτι για να δίνει την ψευδαίσθηση μιας τρισδιάστατης εικόνας. Παρά το αυξανόμενο ενδιαφέρον για τους εικονικούς του χώρους, δεν κατάφερε να συγκεντρώσει

χρήματα επειδή οι εταιρείες εξακολουθούσαν να είναι απρόθυμες να επενδύσουν σε μια τέτοια τεχνολογία λόγω του κόστους - εξαιτίας αυτού, ο Waldern αγωνίστηκε οικονομικά μέχρι που κέρδισε το βραβείο για την "Καλύτερη Αναδυόμενη Τεχνολογία". Με το χρηματικό έπαθλο, μια ακόμη πιο σημαντική χρηματική επένδυση από μια μεγάλη εταιρεία αναψυχής και το ταυτόχρονο κύμα ενδιαφέροντος που δημιουργούσαν εταιρείες όπως η VPL, ήταν η κατάλληλη στιγμή για τη δημιουργία του Virtuality Group Εικόνα 2-22. Με το κόστος της κάθε μονάδας να είναι απαγορευτικό, η εστίαση ήταν στις επιχειρηματικές και εμπορικές εφαρμογές. Αναπόφευκτα, όμως, το ενδιαφέρον για την εικονική πραγματικότητα ήταν τόσο μεγάλο που δεν άργησε να περάσει η Virtuality στην αγορά των καταστημάτων ψυχαγωγίας το 1991, με την κυκλοφορία νέων μοντέλων ελαφρώς φθηνότερων από τα προηγούμενα. Η επιτυχία της Virtuality πιθανότατα ώθησε και άλλες μεγάλες εταιρείες τεχνολογίας να προσπαθήσουν να βγάλουν χρήματα στον ανταγωνισμό εξοπλισμού εικονικής πραγματικότητας, αλλά αυτό που ήταν σαφές ήταν ότι η εικονική πραγματικότητα ήταν το απίστευτα προσοδοφόρο μέλλον της τεχνολογίας. Ωστόσο, η ραγδαία τεχνολογική εξέλιξη των υπολογιστών στις αρχές της δεκαετίας του '90 που άφησε το νέο Virtuality να υπολειπεται σε σύγκριση με άλλες κονσόλες που ήταν ακόμη φθηνότερες και σε συνδυασμό με το γεγονός ότι το κοινό ήθελε πολύ περισσότερα από απλά τρισδιάστατα παιχνίδια για δεκαετίες ήταν μερικοί από τους λόγους που οδήγησαν στο τέλος του Virtuality. Παρά τις προσπάθειες να κρατηθεί η Virtuality ζωντανή μέσω πολλών συνεργασιών με άλλες εταιρείες, έχοντας χάσει τόσο το τεχνολογικό της πλεονέκτημα όσο και την ελκυστικότητά της ως τεχνολογία του μέλλοντος, το 1997 κήρυξε πτώχευση.



Εικόνα 2-22: Εικονικότητα

- **1993 Η SEGA ανακοινώνει νέα γυαλιά VR**

Το 1993 και ενώ πολλές εταιρείες προσπαθούσαν να βγάλουν χρήματα από την εικονική πραγματικότητα, η SEGA, εταιρεία ανάπτυξης και διανομής παιχνιδιών, κυκλοφόρησε το Genesis, μια κονσόλα που, αν και δεν ήταν στο ίδιο επίπεδο ποιότητας με το Virtuality και άλλες μηχανές και παρά κάποια προβλήματα τόσο με το βάρος όσο και με την άνεση των συσκευών αυτές οι μηχανές ανταποκρίθηκαν στην υπόσχεση της εικονικής πραγματικότητας στοχεύοντας να προσφέρουν την κονσόλα σε πολύ φιλική τιμή. Ωστόσο, η SEGA έλαβε πολλές αρνητικές κριτικές από ομάδες δοκιμών, με κύριο πρόβλημα τη ναυτία, ένα ζήτημα που αντιμετωπίζουν τα σύγχρονα συστήματα VR ακόμη και σήμερα. Με αναφορές ότι οι συσκευές αυτές αρρωσταίνουν τα παιδιά προκαλώντας ναυτία και πονοκεφάλους, η εταιρεία οδηγήθηκε στην ακύρωση του έργου, παρά τους ισχυρισμούς ότι ο λόγος αυτής της απόφασης ήταν ότι το SEGA VR-1 Εικόνα 2-23 ήταν τόσο ρεαλιστικό που θα μπορούσε να προκαλέσει τραυματισμό στους χρήστες λόγω υπερβολικής κίνησης.



Εικόνα 2-23: Sega VR

- **2012-To Kickstarter του Oculus.**

Το 2012 μια νέα καμπάνια συγκέντρωσης χρημάτων βγήκε στο διαδίκτυο. Με την παρουσίαση της ιδέας και την πρώτη σειρά δοκιμών της συσκευής Oculus rift και των χειριστηρίων Oculus Touch, ο Palmer Luckey κατάφερε να συγκεντρώσει δέκα φορές περισσότερα χρήματα από τον αρχικό στόχο της καμπάνιας. Τα χρήματα αυτά επέτρεψαν στην Oculus να λανσάρει δύο μοντέλα προπαραγωγής για χρήση από προγραμματιστές. Από τα δύο πρώτα χρόνια από την ίδρυση της εταιρείας, υπήρχε ενθουσιασμός από τους προγραμματιστές και τους λάτρεις της εικονικής πραγματικότητας, επειδή η τεχνολογία γινόταν κάτι περισσότερο από μια συναρπαστική δυνατότητα- γινόταν πραγματικότητα. Με την

κυκλοφορία του πρώτου σετ το 2013, οι πρώτοι χρήστες μπορούσαν να βιώσουν την εμπειρία του καθηλωτικού χειρισμού προβολής απλά και μόνο με την κίνηση του κεφαλιού τους. Η συσκευή απαιτούσε σύνδεση με έναν υπολογιστή PC ή Mac που μπορούσε να τροφοδοτήσει την εμπειρία εικονικής πραγματικότητας. Μέχρι το 2014, η προσθήκη μιας επιπλέον κάμερας για την παρακολούθηση παρείχε μια ακόμη πιο καθηλωτική εμπειρία εικονικής πραγματικότητας χωρίς την ανάγκη πρόσθετου υλικού. Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας και των δυνατοτήτων της εικονικής πραγματικότητας ενέπνευσε το Facebook να εξαγοράσει την Oculus. Το 2015 το μέλλον της εικονικής πραγματικότητας φαινόταν λαμπρό με άλλες εταιρείες να μπαίνουν στον ανταγωνισμό, όπως η HTC με το HTC VIVE. Δυστυχώς για την HTC, η Oculus είχε τη χρηματοδότηση του Facebook και τη συνδυασμένη τεχνογνωσία των προγραμματιστών τους. Το 2016 το Oculus Rift ήταν το πρώτο ευρέως γνωστό HMD που διατέθηκε στους καταναλωτές σε προσιτή τιμή και αποτέλεσε αναμφίβολα τον καταλύτη για βελτιώσεις στην αγορά της εικονικής πραγματικότητας. Από την ίδια εταιρεία ακολούθησαν τα μοντέλα Oculus Go, η πρώτη προσπάθεια του Facebook να δημιουργήσει μια αυτόνομη συσκευή που θα προσέφερε την εμπειρία της εικονικής πραγματικότητας ήταν το Oculus Quest Εικόνα 2-24, το οποίο, παρόμοια με το Rift, και το Oculus Quest 2 το πιο σύγχρονο αυτόνομο μοντέλο της Oculus που προσφέρει καλύτερες επιδόσεις σε όλους τους τομείς σε σχέση με το προηγούμενο μοντέλο.

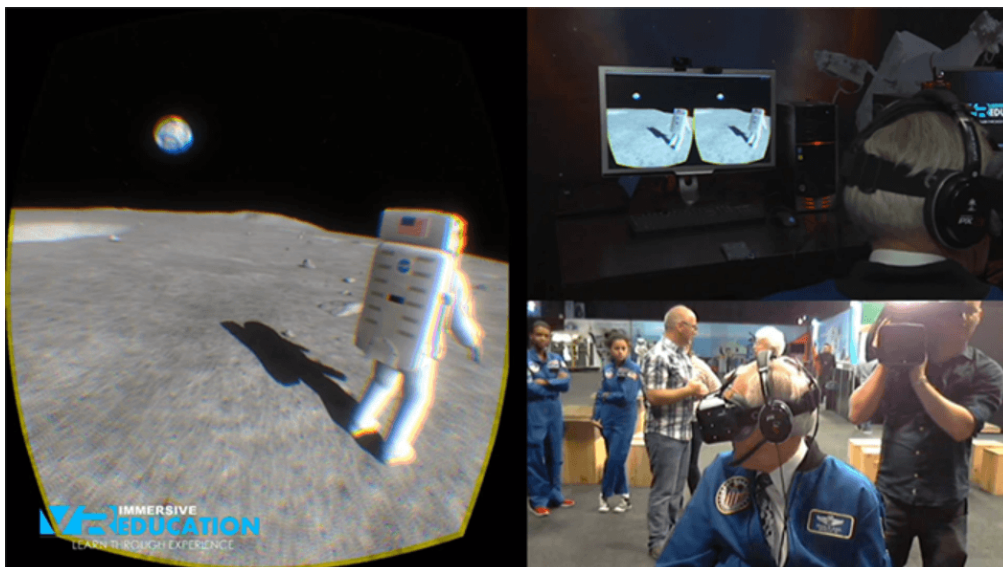


Εικόνα 2-24: Oculus

2.3. Εφαρμογές VR, AR και MR σε διάφορα πεδία

Εκπαίδευση

Όπως συνέβη και με άλλες αναδυόμενες τεχνολογίες στο παρελθόν, η εκπαίδευση έχει δείξει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την εικονική πραγματικότητα. Οι τεχνολογίες εικονικής πραγματικότητας (VR), επαυξημένης πραγματικότητας (AR) και μικτής πραγματικότητας (MR) έχουν τη δυνατότητα να φέρουν επανάσταση στον τρόπο με τον οποίο διδάσκουμε και μαθαίνουμε στην πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια εκπαίδευση (Mayer, 2019). Η τρέχουσα προσέγγιση της εκπαίδευσης έχει δύο σημαντικά προβλήματα: βασίζεται στην απαρχαιωμένη μορφή της απομνημόνευσης γεγονότων και οι πολλές πληροφορίες σε σύντομο χρονικό διάστημα μπορούν εύκολα να κατακλύσουν τους μαθητές, οδηγώντας σε πλήξη και απομάκρυνση. Ενώ η πρόσβαση στις πληροφορίες έχει γίνει πιο διαδεδομένη, η απλή κατανάλωση πληροφοριών δεν ισοδυναμεί απαραίτητα με μόρφωση. Η εικονική πραγματικότητα μπορεί να αντιμετωπίσει αυτά τα ζητήματα μεταμορφώνοντας τον τρόπο με τον οποίο η γνώση φτάνει στους μαθητές. Με τη δημιουργία ενός εικονικού περιβάλλοντος, οι μαθητές μπορούν όχι μόνο να δουν αλλά και να αλληλεπιδράσουν με το αντικείμενο. Αυτό επιτρέπει στους μαθητές να βιώσουν και να εμπλακούν με το υλικό αντί να το απομνημονεύουν απλώς παθητικά. Επιπλέον, η εικονική πραγματικότητα εξυπηρετεί επίσης τους μαθητές που συχνά δυσκολεύονται με τη θεωρητική γνώση. Παρέχοντας ένα οπτικό στοιχείο στη μάθηση, οι μαθητές μπορούν να κατανοήσουν ευκολότερα πολύπλοκες έννοιες.



Εικόνα 2-25: Εξερεύνηση διαδρομής αστροναύτη (Babich, 2019)

Στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση, η VR και η AR μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία μαθησιακών εμπειριών που ζωντανεύουν μαθήματα όπως η ιστορία και η γεωγραφία. Για παράδειγμα, οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν ακουστικά VR για να κάνουν εικονικές εκδρομές σε ιστορικές τοποθεσίες ή να εξερευνήσουν μακρινούς πλανήτες και άλλα μέρη του ηλιακού συστήματος. Η AR μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία διαδραστικών εγχειριδίων που επιτρέπουν στους μαθητές να εξερευνήσουν τρισδιάστατα μοντέλα ιστορικών αντικειμένων ή επιστημονικών εννοιών.

Στην τριτοβάθμια εκπαίδευση, η VR και η AR μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία μαθησιακών εμπειριών σε θέματα όπως η ιατρική, η αρχιτεκτονική και η μηχανική. Για παράδειγμα, οι φοιτητές ιατρικής μπορούν να χρησιμοποιήσουν την εικονική πραγματικότητα για να εξασκηθούν σε χειρουργικές επεμβάσεις σε ένα προσομοιωμένο περιβάλλον πριν τις εκτελέσουν σε πραγματικούς ασθενείς. Οι φοιτητές αρχιτεκτονικής μπορούν να χρησιμοποιήσουν AR για να δουν και να αλληλεπιδράσουν με εικονικά μοντέλα κτιρίων. Οι φοιτητές μηχανικοί μπορούν να χρησιμοποιήσουν VR/AR για να απεικονίσουν και να προσομοιώσουν τη συμπεριφορά δομών και μηχανών.

Η τεχνολογία MR χρησιμοποιείται ευρέως σε πολλούς τομείς, όπως η βιομηχανία και η εκπαίδευση. Έχει την ικανότητα να συνδυάζει τον φυσικό κόσμο με εικονικά αντικείμενα, οπότε είναι ένα εξαιρετικό εργαλείο για την επαγγελματική εκπαίδευση και κατάρτιση, όπου οι μαθητές μαθαίνουν δεξιότητες του πραγματικού κόσμου. Επίσης, σε τομείς όπως η αρχιτεκτονική, η μηχανική και οι κατασκευές, η μαγνητική τομογραφία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την οπτικοποίηση σχεδίων, τον εντοπισμό προβλημάτων και τον προγραμματισμό της κατασκευαστικής διαδικασίας, γεγονός που μπορεί να είναι πολύ χρήσιμο στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις, η χρήση των τεχνολογιών VR, AR και MR μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την κατανόηση των μαθητών για τα θέματα που μελετούν, καθώς και την ικανότητά τους να διατηρούν αυτές τις πληροφορίες με την πάροδο του χρόνου. Επιπλέον, μπορούν επίσης να καταστήσουν τη μάθηση πιο ελκυστική, διαδραστική και ακόμη και διασκεδαστική, γεγονός που μπορεί να συμβάλει στην παρακίνηση των μαθητών για μάθηση. Ωστόσο, η εικονική πραγματικότητα δεν αποτελεί ακόμη κοινή πρακτική όσον αφορά το εκπαιδευτικό πλαίσιο. Παρόλο που έχουν γίνει διάφορες προσπάθειες για την εισαγωγή αυτής της τεχνολογίας σε διάφορους θεματικούς τομείς, για παράδειγμα το ClassVR (*Ελληνικό Σχολείο Εικονικής Πραγματικότητας*, 2019), το κόστος του εξοπλισμού VR εξακολουθεί να

είναι απαγορευτικό, ιδίως αν ληφθεί υπόψη η κλίμακα της τάξης. Για παράδειγμα, η αγορά 20 ή περισσότερων ακουστικών Oculus Quest δεν είναι βιώσιμη επένδυση για τα σχολεία. Επιπλέον, η κατάσταση γίνεται ακόμη πιο προβληματική αν ληφθεί υπόψη ο κατά προσέγγιση κύκλος ζωής (3 έτη), που οι περισσότεροι καταναλωτές ηλεκτρονικών ειδών μοιράζονται, από άποψη λειτουργικότητας και προδιαγραφών υλικού (Greenwald et al., 2018).

Έχουν γίνει περαιτέρω έρευνες, για να βρεθεί πώς η εικονική πραγματικότητα επηρεάζει τις επιδόσεις των μαθητών, καθώς και την αντιλαμβανόμενη απόλαυσή τους. Για παράδειγμα, οι Tarng κ.ά. (Tarng et al., 2017) διεξήγαγαν μια μελέτη, η οποία αποσκοπούσε στη σύγκριση των μαθησιακών αποτελεσμάτων μεταξύ ενός εκπαιδευτικού σεναρίου βασισμένου στην εικονική πραγματικότητα (virtual εργαστήριο) και μιας πιο παραδοσιακής προσέγγισης, όπου μια οθόνη LCD και κυκλώματα ελέγχου χρησιμοποιήθηκαν ως βοηθήματα διδασκαλίας. Η πλειονότητα των φοιτητών υποστήριξε ότι ανέπτυξαν καλύτερη κατανόηση των αρχών του υπό εξέταση θέματος μετά την παρακολούθηση εκπαίδευσης στο εικονικό εργαστήριο. Επιπλέον, αναφέρθηκαν μεγαλύτερα ποσοστά ικανοποίησης όσον αφορά το αυξημένο ενδιαφέρον και τα κίνητρα για μάθηση. Συνολικά, οι περισσότεροι φοιτητές απόλαυσαν το μαθησιακό περιεχόμενο, το σχεδιασμό της διεπαφής και την εμπειρία χρήσης του εικονικού εργαστηρίου (Tarng et al., 2017).

Ομοίως, η συγκριτική μελέτη που πραγματοποίησαν οι Shi κ.ά.. (gamified VR έναντι traditional setting) εντόπισε σημαντικές βελτιώσεις στα μαθησιακά αποτελέσματα και στην αύξηση των κινήτρων για τη μάθηση των μαθηματικών (Shi et al., 2019). Η προστιθέμενη αξία της εικονικής πραγματικότητας, στο σύνολό της, είναι καλά τεκμηριωμένη σε πολλαπλές διεπιστημονικές μελέτες που αναδεικνύουν τα εκπαιδευτικά οφέλη και τις ευκαιρίες που προσφέρουν τέτοιες τεχνολογίες, ιδίως στην εκπαίδευση STEM (de Klerk et al., 2019; Kim et al., 2019; Nuanmeesri & Poomhira, 2019).

Οι ερευνητές έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι η χρήση desktop-VR μπορεί να ενισχύσει τις δεξιότητες συνεργασίας των εκπαιδευομένων λόγω της αύξησης της προθυμίας των χρηστών να εμπλακούν στη διαδικασία. Αυτό το αποτέλεσμα αποδίδεται κυρίως στην αίσθηση της παρουσίας η οποία επηρεάζει τη νοητική κατάσταση των χρηστών και οδηγεί στην ανάπτυξη μεγαλύτερων επιπέδων εμπλοκής με τις εργασίες που βρίσκονται σε εξέλιξη (Abdullah et al., 2019; Darabkh et al., 2018; Southgate et al., 2019; Wolfartsberger, 2019).

Μελέτες σε διάφορα θέματα έχουν διαπιστώσει βελτιωμένα μαθησιακά αποτελέσματα. Για παράδειγμα, οι Chen κ.ά. (Chen et al., 2019) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η εικονική πραγματικότητα βελτιώνει τις μεθόδους διδασκαλίας στη μηχανική εργαλειομηχανών. Στην έρευνά τους 40 τελειόφοιτοι φοιτητές μηχανολόγων μηχανικών λειτούργησαν μια εργαλειομηχανή σε μια εικονική προσομοίωση, για να δουν πώς η λύση VR θα επηρέαζε την απόδοση μάθησης. Εκτός από τα βελτιωμένα μαθησιακά αποτελέσματα, από τη χρήση της λύσης VR, οι συμμετέχοντες ανέφεραν μεγαλύτερη ευχαρίστηση και ικανοποίηση, καθώς και αυτοπεποίθηση και επάρκεια στον χειρισμό ενός πραγματικού μηχανήματος. Ένα πρόσθετο εύρημα ήταν ότι οι μαθητές δυσκολεύονταν να ελέγξουν τη μηχανή με το ποντίκι. Οι Chen κ.ά.. πρότειναν πολλαπλά πράγματα που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τη στόχευση της ανάπτυξης τέτοιων ειδικών δεξιοτήτων, για παράδειγμα στο σχεδιασμό να προστεθεί περισσότερος χρόνος για πιο σύνθετες εργασίες.

Ιατρική

Η υγειονομική περίθαλψη, όπως και οι περισσότεροι τομείς, απαιτεί ανανέωση τόσο στον τρόπο εκπαίδευσης των μελλοντικών γιατρών όσο και στον τρόπο εξυπηρέτησης των ασθενών. Η εικονική πραγματικότητα δοκιμάζεται, αναπτύσσεται και χρησιμοποιείται στην ιατρική παγκοσμίως και επιλύει πολλά ζητήματα. Οι φοιτητές ιατρικής και οι νέοι εργαζόμενοι στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης επωφελούνται από την εικονική πραγματικότητα βελτιώνοντας την παραγωγικότητά τους στη θεωρητική μάθηση. Οι φοιτητές μπορούν να εξερευνήσουν σε βάθος τρισδιάστατα ιατρικά μοντέλα με τρόπο που τα φυσικά μοντέλα δεν μπορούν να αναπαραγάγουν (Abdelmaged, 2021).

Το λογισμικό VR που δίνει έμφαση στη ρεαλιστική ιατρική εκπαίδευση βοηθά τους φοιτητές Ιατρικής και τους εργαζόμενους στον ίδιο τομέα να αποκτήσουν πρακτική εμπειρία σε ένα περιβάλλον χωρίς κινδύνους. Αυτός ο τύπος εικονικής πραγματικότητας επιτρέπει την προσομοίωση σεναρίων που διαφορετικά θα ήταν δύσκολο, επικίνδυνο ή δαπανηρό να αναπτυχθούν στην πραγματική ζωή. Σε αυτόν τον προσομοιωμένο κόσμο, ο χρήστης γίνεται μέρος ενός σεναρίου στο οποίο αναμένεται να εκτελέσει συγκεκριμένα καθήκοντα, όπως η εκτέλεση μιας ιατρικής διαδικασίας ή η διαχείριση ιατρικού εξοπλισμού. Έτσι, είναι δυνατή η αξιολόγηση των επιδόσεων του χρήστη με βάση προκαθορισμένα κριτήρια (Abdelmaged, 2021).



Εικόνα 2-26: Προσομοίωση χειρουργικής εκπαίδευσης

Τουρισμός

Ο τουρισμός είναι ένας από τους τομείς που επηρεάστηκε σημαντικά από την υγειονομική πανδημία λόγω των περιοριστικών μέτρων που αναγκάστηκαν να λάβουν οι χώρες (*International Tourism and The COVID-19 Pandemic: The Use of Virtual Reality to Increase Tourism Destination Sustainability and How Users Perceive The Authenticity of VR Experiences | Jurnal Kepariwisata Indonesia: Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Kepariwisata Indonesia, 2022*). Κατά τη διάρκεια των περιοριστικών μέτρων, οι άνθρωποι δεν επιτρέπονταν να επισκέπτονται άλλες χώρες και, ως εκ τούτου, δεν είχαν την δυνατότητα να δουν επιτόπου αξιοθέατα και μουσεία. Με το ερώτημα πότε οι τουριστικές δραστηριότητες θα επανέλθουν στο φυσιολογικό, οι εμπλεκόμενοι με τον τουρισμό φορείς αναζητούσαν μια εναλλακτική λύση. Η χρήση της εικονικής πραγματικότητας στον τουρισμό προσφέρει τη δυνατότητα επίσκεψης μουσείων και αξιοθεάτων εξ αποστάσεως, ξεπερνώντας το εμπόδιο των περιοριστικών μέτρων. Επιπλέον, η εικονική πραγματικότητα μπορεί να εμπλουτίσει την εμπειρία του χρήστη, κάτι που είναι εφικτό με το να καταστήσει το εικονικό περιβάλλον σχετικό με τον χώρο που επισκέπτεται. Για παράδειγμα, αντί ο χρήστης να δει τον Παρθενώνα στη σημερινή του μορφή, θα μπορούσε να περιηγηθεί σε έναν χώρο που θα ήταν οπτικά πολύ κοντά στην εποχή στην οποία χτίστηκε. Ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό που προσφέρει η εικονική πραγματικότητα είναι η οπτικοποίηση τοποθεσιών και περιοχών που δεν είναι προσβάσιμες στο κοινό ή στις οποίες απαγορεύεται η πρόσβαση (*International Tourism and The COVID-19 Pandemic: The Use of Virtual Reality to Increase Tourism Destination*

Sustainability and How Users Perceive The Authenticity of VR Experiences | Jurnal Kepariwisata Indonesia: Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Kepariwisata Indonesia, 2022).



Εικόνα 2-27: Χρήση του VR στον τουρισμό. (HASSASSIAN, A., 2019.)

Ψυχαγωγία

Τα τελευταία χρόνια, η εικονική πραγματικότητα έχει παρουσιάσει σημαντικό ρυθμό ανάπτυξης στον τομέα της ψυχαγωγίας, ιδίως των βιντεοπαιχνιδιών. Η ανάπτυξη αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι η εικονική πραγματικότητα προσφέρει στους καταναλωτές κάτι διαφορετικό από αυτό που παρέχουν οι συμβατικές μορφές ψυχαγωγίας σε τέτοιο βαθμό που δεν μπορούν να συγκριθούν με την εικονική πραγματικότητα. Οι χρήστες βιώνουν μια πλήρως καθηλωτική αισθητηριακή εμπειρία με την προβολή 360°, όχι μόνο παρακολουθώντας το παιχνίδι αλλά νιώθοντας ότι βρίσκονται μέσα σε αυτό (Abdelmaged, 2021).

Η VR προσφέρει μια καθηλωτική εμπειρία διεγείροντας και τις πέντε βασικές αισθήσεις του χρήστη, οι οποίες σε ορισμένες περιπτώσεις απαιτούν τη χρήση πρόσθετου εξοπλισμού.

- ❖ **Όραση:** ο χρήστης μέσω του VR Headset και των ειδικών φακών που υπάρχουν σε αυτό τοποθετείται στο τρισδιάστατο εικονικό περιβάλλον έχοντας οπτικό πεδίο 360°.
- ❖ **Ακοή:** Κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης του χρήστη στο εικονικό περιβάλλον, παράγονται διάφοροι ήχοι που δημιουργούν μια καθηλωτική εμπειρία για τον χρήστη. Για τη δημιουργία ενός ρεαλιστικού περιβάλλοντος, το σύστημα λαμβάνει υπόψη την

απόσταση του αντικειμένου από τον χρήστη και την κατεύθυνση του χρήστη στο εικονικό περιβάλλον.

❖ Αφή: Περιλαμβάνει κυρίως δονήσεις διαφορετικής έντασης και συχνότητας για μικρά ή μεγάλα χρονικά διαστήματα ανάλογα με τις ανάγκες του παιχνιδιού. Για παράδειγμα, σε ένα παιχνίδι σκοποβολής, ο παίκτης μπορεί να βιώνει έναν τύπο δόνησης του χεριού όταν πυροβολεί με πιστόλι και έναν άλλο όταν πυροβολεί με τουφέκι. Πέρα από τον βασικό εξοπλισμό των περισσότερων VR, οι χρήστες μπορούν να χρησιμοποιήσουν ειδικές στολές για να νιώσουν περισσότερα πράγματα, όπως την αίσθηση του να χτυπιέσαι από μια σφαίρα.

❖ Οσμή: Η αισθητηριακή διέγερση της αίσθησης της όσφρησης είναι ένας άλλος τρόπος με τον οποίο μπορεί να ενισχυθεί η εμπειρία του χρήστη. Ωστόσο, δεδομένου ότι οι συσκευές VR δεν διαθέτουν οσμή, χρησιμοποιούνται άλλα μέσα, όπως η δημοφιλής μάσκα Feelreal που κυκλοφορεί στην αγορά. Αυτή η συσκευή προσφέρει στο χρήστη συνδυασμούς αρωμάτων που προσφέρουν ζωντάνια, και ρεαλισμό.

❖ Γεύση: Η γεύση είναι μια άλλη αίσθηση που μπορεί να διεγερθεί κατά τη χρήση VR. Αν και φαίνεται περίπλοκο ως πρακτική, επιστήμονες από διάφορα πανεπιστήμια παγκοσμίως εργάζονται πάνω στην τεχνολογία της θερμικής γεύσης. Η αίσθηση της γεύσης μέσω αυτής της τεχνολογίας είναι δυνατή χάρη σε ένα κουτί που περιέχει τόσο ηλεκτρικές όσο και θερμικές μονάδες ελέγχου. Οι ηλεκτρικές μονάδες ελέγχου είναι υπεύθυνες για το ξινό, το αλμυρό και το πικρό, ενώ οι θερμικές μονάδες ελέγχου είναι υπεύθυνες για το γλυκό και το πικάντικο.

Στρατός

Στο παρελθόν, η ιστορία της εικονικής πραγματικότητας επηρεάστηκε από τον στρατό και την αεροναυπηγική. Η εικονική πραγματικότητα είναι ένα ισχυρό εργαλείο που χρησιμοποιείται σε αυτόν τον τομέα, κυρίως για την εκπαίδευση στρατιωτών και αστροναυτών (Εικόνα 2-28: Εκπαίδευση σε στρατιωτικές ασκήσεις (Lele, 2011) Εικόνα 2-28). Συχνά βοηθά στην προετοιμασία ασκήσεων που είναι υπερβολικά ασυνήθιστες, υπερβολικά δαπανηρές ή πολύ επικίνδυνες για να γίνουν στην πραγματική ζωή.



Εικόνα 2-28: Εκπαίδευση σε στρατιωτικές ασκήσεις (Lele, 2011)

Η στρατιωτική εκπαίδευση με τη χρήση λογισμικού προσομοίωσης βοηθά στην ανάπτυξη δεξιοτήτων μάχης για μικρές ομάδες ή μεμονωμένους στρατιώτες με την προσομοίωση πραγματικών οχημάτων, στρατιωτών και σεναρίων μάχης. Με τη χρήση ακουστικών εικονικής πραγματικότητας και χειριστηρίων, οι εκπαιδευόμενοι μπορούν να βυθιστούν πλήρως στις προσομοιώσεις, μαθαίνοντας αποτελεσματικότερα και διατηρώντας αυτά που έμαθαν. Για παράδειγμα, ένας προσομοιωτής πτήσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επικαλύψει έναν εικονικό κόσμο που αποδίδει ρεαλιστικά ένα πραγματικό πεδίο μάχης για πλήρη εκπαίδευση πιλότων. Όλες οι αισθήσεις του χρήστη μπορούν να αξιοποιηθούν για τη δημιουργία μιας ρεαλιστικής προσομοίωσης της εκπαίδευσης των πιλότων (Lele, 2011).

Η εικονική πραγματικότητα έχει αποδειχθεί ότι είναι χρήσιμη στη λήψη αποφάσεων και στην τακτική σε πραγματικές καταστάσεις μάχης. Με τη χρήση της εικονικής πραγματικότητας για τη δημιουργία μιας ρεαλιστικής προσομοίωσης του πεδίου μάχης, το επιτελείο διοίκησης μπορεί εύκολα να κατανοήσει την κατάσταση. Με την εκτέλεση προσομοιώσεων και τη δοκιμή τους, ο διοικητής μπορεί να κατανοήσει μια σειρά πιθανών αποτελεσμάτων και να κάνει καλύτερα σχέδια μάχης (Lele, 2011).



Εικόνα 2-29: Προσομοίωση στρατιωτικής εκπαίδευσης (Lele, 2011)

2.4. Πολιτιστικό περιεχόμενο και η σημασία του στην εκπαίδευση

Το πολιτιστικό περιεχόμενο διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στην εκπαίδευση, καθώς επιτρέπει στους μαθητές να κατανοήσουν και να εκτιμήσουν την ποικιλομορφία του κόσμου. Η μελέτη διαφορετικών πολιτισμών μπορεί να διευρύνει τις προοπτικές των μαθητών και να ενθαρρύνει την πολιτισμική κατανόηση, την ενσυναίσθηση και την αποδοχή. Επιπλέον, το πολιτιστικό περιεχόμενο μπορεί επίσης να βοηθήσει τους μαθητές να αναπτύξουν μια αίσθηση ταυτότητας και υπερηφάνειας για τη δική τους πολιτιστική κληρονομιά.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για την ενσωμάτωση του πολιτιστικού περιεχομένου στην εκπαίδευση, όπως η ενσωμάτωση στα προγράμματα σπουδών, η εκμάθηση γλωσσών, τα προγράμματα πολιτιστικών ανταλλαγών, οι προσκεκλημένοι ομιλητές και οι πολιτιστικές εκδηλώσεις, καθώς και οι διαδικτυακοί πόροι. Το πολιτιστικό περιεχόμενο μπορεί να ενσωματωθεί σε διάφορα μαθήματα, όπως η ιστορία, η λογοτεχνία, η τέχνη και οι κοινωνικές σπουδές, για να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν το πολιτιστικό πλαίσιο αυτού που μαθαίνουν και να κάνουν συνδέσεις μεταξύ των διαφόρων μαθημάτων. Η εκμάθηση μιας ξένης γλώσσας είναι ένας εξαιρετικός τρόπος για να γνωρίσει κάποιος διαφορετικούς πολιτισμούς και να αποκτήσει μια χρήσιμη δεξιότητα στον σημερινό διασυνδεδεμένο κόσμο.

Τα προγράμματα πολιτιστικών ανταλλαγών, συμπεριλαμβανομένων των προγραμμάτων ανταλλαγής μαθητών, παρέχουν στους συμμετέχοντες εμπειρίες από πρώτο

χέρι από διαφορετικούς πολιτισμούς και τους βοηθούν να αναπτύξουν βαθύτερη κατανόηση και εκτίμηση άλλων πολιτισμών. Η πρόσκληση προσκεκλημένων ομιλητών από διαφορετικά πολιτισμικά υπόβαθρα για να μιλήσουν στους μαθητές για τις εμπειρίες και τους πολιτισμούς τους μπορεί να προσφέρει στους μαθητές έναν πιο προσωπικό και ελκυστικό τρόπο να μάθουν για άλλους πολιτισμούς. Η διοργάνωση πολιτιστικών εκδηλώσεων και φεστιβάλ μπορούν να εξοικειώσουν τους μαθητές με διαφορετικές παραδόσεις και έθιμα.

Διαδικτυακοί πόροι, όπως ιστότοποι, βίντεο και εικόνες, παρέχουν στους μαθητές μια επισκόπηση των διαφόρων πολιτισμών και της ιστορίας τους, βοηθώντας να ζωντανέψει το θέμα. Όλες αυτές οι ευκαιρίες μπορούν να ωφελήσουν σημαντικά τους μαθητές προωθώντας την κατανόηση και την εκτίμηση της πολιτισμικής ποικιλομορφίας του κόσμου και παρέχοντάς τους τα απαραίτητα εργαλεία για να περιηγηθούν και να επιτύχουν σε έναν ολόενα και πιο παγκοσμιοποιημένο κόσμο.

2.5. Προηγούμενες μελέτες σχετικά με τη χρήση των VR, AR και MR για την εκπαίδευση πολιτιστικού περιεχομένου

Μια από τις πιο αξιοσημείωτες μελέτες στον τομέα αυτό είναι η έρευνα των πολυαισθητηριακών εφαρμογών VR και AR για την πολιτιστική κληρονομιά από τους Marto κ.ά. (Marto et al., 2022). Η μελέτη εντόπισε διάφορες εφαρμογές VR και AR στον τομέα της πολιτιστικής κληρονομιάς, συμπεριλαμβανομένων εικονικών περιηγήσεων, βυθιστικών εμπειριών και εκπαιδευτικών παιχνιδιών. Η μελέτη υπογράμμισε επίσης τα δυνητικά οφέλη από τη χρήση αυτών των τεχνολογιών στην πολιτιστική εκπαίδευση, όπως η αυξημένη απόδοση, τα βελτιωμένα μαθησιακά αποτελέσματα και η καλύτερη διατήρηση της γνώσης.

Μια άλλη σημαντική μελέτη είναι ο σχεδιασμός και η αξιολόγηση βυθιστικών περιβαλλόντων μάθησης VR από τους Cao κ.ά. (Cao et al., 2023). Η μελέτη διερεύνησε τις αρχές σχεδιασμού και τις μεθόδους αξιολόγησης για τη δημιουργία αποτελεσματικών περιβαλλόντων μάθησης VR. Τα ευρήματα αποκάλυψαν ότι τα καλά σχεδιασμένα μαθησιακά περιβάλλοντα VR μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά τις μαθησιακές εμπειρίες των μαθητών παρέχοντας διαδραστικά, ελκυστικά και καθηλωτικά μαθησιακά περιβάλλοντα.

Επιπλέον, η μελέτη των Ibañez-Etxeberria κ.ά. (Ibañez Etxeberria et al., 2020) αξιολόγησε την αποτελεσματικότητα της VR και της AR στην εκπαίδευση πολιτιστικού περιεχομένου συγκρίνοντας την παραδοσιακή μέθοδο διδασκαλίας με τη χρήση της VR και της AR. Η μελέτη διαπίστωσε ότι οι τεχνολογίες VR και AR μπορούν να παρέχουν πιο ελκυστικές

και διαδραστικές μαθησιακές εμπειρίες, οδηγώντας σε καλύτερη διατήρηση των γνώσεων και αυξημένα κίνητρα.

Επιπλέον, η μετα-ανάλυση που διεξήχθη από τον Yu (Yu, 2021) διερεύνησε την επίδραση της τεχνολογίας VR στην εκπαίδευση. Η μελέτη ανέλυσε 31 εμπειρικές μελέτες και διαπίστωσε ότι η τεχνολογία VR είχε θετικό αντίκτυπο στα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών, ιδίως όσον αφορά την απόκτηση γνώσεων, την ανάπτυξη δεξιοτήτων και τα κίνητρα.

Μια άλλη σχετική μελέτη είναι η εξέταση της αποτελεσματικότητας της τεχνολογίας VR για την ανάπτυξη διαπολιτισμικών ικανοτήτων από τους Akdere κ.ά. (Akdere et al., 2021). Η μελέτη διερεύνησε τη χρήση της VR για την ανάπτυξη της διαπολιτισμικής ικανότητας των μαθητών παρέχοντάς τους καθηλωτικές πολιτισμικές εμπειρίες. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η τεχνολογία VR μπορεί να αποτελέσει αποτελεσματικό εργαλείο για την ανάπτυξη της διαπολιτισμικής ικανότητας, αυξάνοντας την ευαισθητοποίηση, την κατανόηση και την εκτίμηση των μαθητών για τους διαφορετικούς πολιτισμούς.

Επιπλέον, η μελέτη των Puggioni κ.ά. (Puggioni et al., 2021) αξιολόγησε την αποτελεσματικότητα ενός συστήματος καθοδήγησης-μάθησης στις επιδόσεις και τα κίνητρα των φοιτητών ενός μαθήματος πολιτιστικής κληρονομιάς. Η μελέτη διαπίστωσε ότι το σύστημα, το οποίο συνδύαζε τεχνολογίες AR και κινητής μάθησης, βελτίωσε σημαντικά τα μαθησιακά αποτελέσματα και τα κίνητρα των μαθητών.

Τέλος, η μελέτη των Karafotias κ.ά. (Karafotias et al., 2022) παρουσίασε την περίπτωση του έργου Ψηφιακές Διαδρομές στα Μονοπάτια της Ελληνικής Ιστορίας (RoGH), το οποίο είχε ως στόχο την ανάπτυξη εφαρμογών VR για την πολιτιστική κληρονομιά με σκοπό τον εμπλουτισμό της εμπειρίας των χρηστών. Η μελέτη κατέδειξε πώς η χρήση της τεχνολογίας VR μπορεί να βελτιώσει την εμπειρία της πολιτιστικής εκπαίδευσης.

Εν κατακλείδι, αρκετές μελέτες αναδεικνύουν τα δυνητικά οφέλη από τη χρήση τεχνολογιών VR, AR και MR στην πολιτιστική εκπαίδευση. Τα ευρήματα υποδηλώνουν ότι οι τεχνολογίες αυτές μπορούν να παρέχουν ενισχυμένες και συναρπαστικές εκπαιδευτικές εμπειρίες που εμπλέκουν πλήρως τους εκπαιδευόμενους στη μαθησιακή διαδικασία, οδηγώντας σε καλύτερη διατήρηση της γνώσης, αυξημένα κίνητρα και βελτιωμένα μαθησιακά αποτελέσματα. Ωστόσο, απαιτείται περαιτέρω έρευνα για τη διερεύνηση των μακροπρόθεσμων επιπτώσεων αυτών των τεχνολογιών στην εκπαίδευση και για τον προσδιορισμό των πιο αποτελεσματικών τρόπων ενσωμάτωσής τους στις εκπαιδευτικές πρακτικές.

2.6. Σύνοψη

Στη σημερινή προηγμένη ψηφιακή εποχή, το φάσμα της επεκταμένης πραγματικότητας (Extended Reality - XR) έχει εξελιχθεί σε μια πρωτοποριακή οντότητα, καταλαμβάνοντας θέση πρωτοπορίας στην τεχνολογική καινοτομία. Η XR, ένας όρος ομπρέλα που περιλαμβάνει την Εικονική Πραγματικότητα (VR), την Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) και τη Μικτή Πραγματικότητα (MR), έχει επιτάξει μετασχηματιστικές αλλαγές σε πολλούς τομείς.

Αυτό που ξεχωρίζει την εικονική πραγματικότητα είναι η απaráμιλλη ικανότητά της για εμβύθιση, εισάγοντας τους χρήστες σε μια προσομοιωμένη σφαίρα και συσκοτίζοντας την οριοθέτηση μεταξύ πραγματικότητας και εικονικότητας. Αντίθετα, η AR διακρίνεται από την απρόσκοπτη συγχώνευση των ψηφιακών πληροφοριών με το περιβάλλον του χρήστη σε πραγματικό χρόνο, γεφυρώνοντας έτσι το φυσικό και το ψηφιακό πεδίο. Το MR, στην πολυπλοκότητά του, συνδυάζει χαρακτηριστικά τόσο της VR όσο και της AR, δημιουργώντας μια αρμονική αλληλεπίδραση πραγματικών και εικονικών αλληλεπιδράσεων.

Ανιχνεύοντας την πορεία της εικονικής πραγματικότητας—μιας κομβικής πτυχής του τομέα XR—οι ρίζες της βρίσκονται στον 19ο αιώνα. Η έννοια της απεικόνισης τρισδιάστατων εικόνων επινοήθηκε το 1838 μέσω στερεοσκοπικών φωτογραφιών, θέτοντας τα θεμέλια για εμπειρίες εμβύθισης. Προχωρώντας στον 20ο αιώνα, υλοποιήθηκαν αρκετές σημαντικές εφευρέσεις. Αυτές οι καινοτομίες τόνισαν το θεμελιώδες ήθος της εικονικής πραγματικότητας: εντατικοποίηση της εμπλοκής και της διαδραστικότητας των χρηστών σε εικονικούς χώρους.

Το δεύτερο μισό του 20ου αιώνα, σε συνδυασμό με την έλευση του 21ου, σηματοδότησε μια ένθερμη ενίσχυση της εμβέλειας της εικονικής πραγματικότητας. Καθοριστικές εξελίξεις, όπως ο ψηφιακός προσομοιωτής πτήσης της General Electric, προμήνυαν τα συστήματα δημιουργίας εικόνων από υπολογιστή που επικρατούν σήμερα. Επιπλέον, η παρουσίαση των γαντιών Sayre Gloves σηματοδότησε την έλευση της παρακολούθησης της κίνησης του χεριού σε εικονικές σφαίρες. Σημείο καμπής αποτέλεσε η βύθιση του όρου «εικονική πραγματικότητα» από τον Jaron Lanier, που συμπυκνώνει την πεμπτουσία των καθηλωτικών εμπειριών. Η καμπάνια Kickstarter της Oculus το 2012 αποτέλεσε την επιτομή μιας αναγέννησης της εικονικής πραγματικότητας, κινητοποιώντας την περιέργεια τόσο του κοινού όσο και των επιχειρήσεων, με αποκορύφωμα την εξαγορά της από τον τεχνολογικό κολοσσό Facebook.

Πέρα από την ψυχαγωγία, οι προεκτάσεις της XR, ιδίως της VR, είναι βαθιές. Στον ακαδημαϊκό χώρο, οι τεχνολογίες αυτές προμηνύουν μια μνημειώδη αλλαγή, επαναπροσδιορίζοντας τις παιδαγωγικές μεθόδους με διαδραστικές και καθηλωτικές μεθοδολογίες. Η VR μεταμορφώνει αφηρημένες έννοιες σε απτές εμπειρίες, καλύπτοντας ποικίλες μαθησιακές προτιμήσεις. Ωστόσο, η απαγορευτική οικονομική δαπάνη για εξοπλισμό αιχμής VR παραμένει αποτρεπτικός παράγοντας για την πανταχού παρούσα ενσωμάτωσή του στην τάξη.

Η ιατρική επιστήμη, που βρίσκεται μόνιμως στην πρώτη γραμμή της τεχνολογικής ενσωμάτωσης, έχει υιοθετήσει απερίφραστα την εικονική πραγματικότητα. Οι επαγγελματίες της ιατρικής παγκοσμίως αξιοποιούν την εικονική πραγματικότητα για την μετάδοση θεωρητικών γνώσεων και πρακτική εκπαίδευση. Το σημαντικό πλεονέκτημα της εικονικής πραγματικότητας στην υγειονομική περίθαλψη είναι η παροχή εικονικών προσομοιώσεων χωρίς κινδύνους, δίνοντας τη δυνατότητα στους αρχάριους να αναλαμβάνουν περίπλοκες διαδικασίες χωρίς επιπτώσεις στον πραγματικό κόσμο.

Υπό το πρίσμα παγκόσμιων αντιξοοτήτων όπως οι πανδημίες, ο τομέας του τουρισμού διέκρινε έναν σύμμαχο στην εικονική πραγματικότητα. Η τεχνολογία αυτή κατέστησε τα γεωγραφικά όρια παρωχημένα, παρέχοντας στους λάτρεις των ταξιδιών εικονική πρόσβαση σε ιστορικές τοποθεσίες και σε προορισμούς που προηγουμένως ήταν απρόσιτοι. Στον τομέα της ψυχαγωγίας, συγκεκριμένα των παιχνιδιών, η VR προαναγγέλλει μια επαναστατική εποχή. Οι ολοκληρωμένες πολυαισθητηριακές εμπειρίες, που περιλαμβάνουν όραση, ήχο, αφή, ακόμη και όσφρηση ή γεύση, εμπλουτίζουν τις ευκαιρίες για αλληλεπίδραση σε πρωτοφανή επίπεδα.

Τέλος, η εύκολη προσβασιμότητα και απρόσκοπτη «επαφή» των νέων με πολιτιστικό υλικό είναι απαραίτητη στο σημερινό παγκοσμιοποιημένο κόσμο. Η εικονική πραγματικότητα και οι αντίστοιχες τεχνολογίες XR προσφέρουν τη δυνατότητα στο ευρύ κοινό να «εξερευνήσει» και να γνωρίσει το ποικίλο μωσαϊκό των παγκόσμιων πολιτισμών. Πολυάριθμες επιστημονικές έρευνες έχουν διερευνήσει τα πολλαπλά πλεονεκτήματα της ενσωμάτωσης των τεχνολογιών XR στην πολιτιστική εκπαίδευση. Η επικρατούσα συναίνεση υπογραμμίζει την υπόσχεση αυτών των τεχνολογιών, αλλά εξίσου υπογραμμίζει την επιτακτική ανάγκη για αυστηρή έρευνα ώστε να διασφαλιστεί η βιώσιμη και αποτελεσματική αφομοίωσή τους στα τυποποιημένα εκπαιδευτικά παραδείγματα.

Εν κατακλείδι, οι μετασχηματιστικές δυνατότητες και εφαρμογές των XR είναι έτοιμες να σμιλέψουν τις μελλοντικές πρακτικές τόσο στον τομέα της ψυχαγωγίας όσο και στην εκπαίδευση. Για την πραγματική αξιοποίηση των δυνατοτήτων τους, υπάρχει επιτακτική ανάγκη για ολοκληρωμένη έρευνα, αυξημένη προσβασιμότητα και έξυπνη στρατηγική.

3. Σχεδιασμός Έρευνας

3.1. Μεθοδολογία και σχεδιασμός της έρευνας

3.1.1. Μεθοδολογία

Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε ένα εικονικό εκπαιδευτικό περιβάλλον πολιτιστικού περιεχομένου το οποίο παρείχε στους χρήστες διαδραστικές εκπαιδευτικές εμπειρίες και στη συνέχεια αξιολογήθηκε, μέσω ερωτηματολογίων, η αποτελεσματικότητα αυτών των εμπειριών στην προώθηση της πολιτιστικής κατανόησης. Μέσω των ερωτηματολογίων αξιολόγησης συλλέχθηκαν δεδομένα αφενός σχετικά με την προηγούμενη εμπειρία των χρηστών όσον αφορά τη χρήση τεχνολογιών VR και τον τρόπο με τον οποίο κατανοούν και συγκρατούν πληροφορίες πολιτιστικού περιεχομένου, και αφετέρου σχετικά με την τρέχουσα εμπειρία που αποκόμισαν οι χρήστες μέσω του εικονικού εκπαιδευτικού περιβάλλοντος πολιτιστικού περιεχομένου που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Παράλληλα με τα προηγούμενα ερωτηματολόγια, διανεμήθηκε και ένα επιπλέον, πριν και μετά την ολοκλήρωση της εκπαιδευτικής παρέμβασης με χρήση VR, με σκοπό να διερευνηθεί αν και κατά πόσο βελτιώθηκαν οι γνώσεις των μαθητών μέσα από την εκπαιδευτική διαδικασία.

Το πρώτο βήμα στον ερευνητικό σχεδιασμό της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διεξοδική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας για να δημιουργηθεί μια βάση γνώσεων σχετικά με το θέμα. Αυτό περιλαμβάνει την έρευνα της υπάρχουσας βιβλιογραφίας σχετικά με τη χρήση των VR στην εκπαίδευση και τον αντίκτυπό τους στο πολιτιστικό περιεχόμενο, καθώς και την τρέχουσα κατάσταση των VR στο πολιτιστικό περιεχόμενο.

Με βάση τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, διατυπώνονται δύο ερευνητικά ερωτήματα. Τα ερευνητικά ερωτήματα που μελετά η παρούσα εργασία είναι:

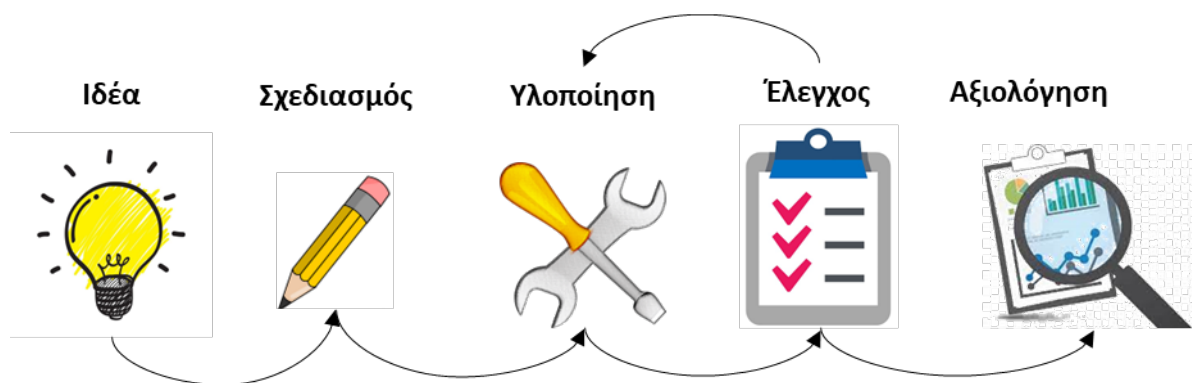
E1. Υπάρχει στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ της προηγούμενης εμπειρίας των συμμετεχόντων με την εκπαιδευτική Εικονική Πραγματικότητα και της μαθησιακής τους εμπειρίας;

E2. Υπάρχουν σημαντικές διαφορές στην αντιλαμβανόμενη εμπειρία με βάση το φύλο των μαθητών;

Το επόμενο βήμα είναι ο καθορισμός της ερευνητικής μεθοδολογίας που θα χρησιμοποιηθεί προκειμένου να απαντηθούν τα ερευνητικά ερωτήματα και να ελεγχθούν οι υποθέσεις. Αυτό περιλαμβάνει μια μεθοδολογική προσέγγιση, χρησιμοποιώντας ποσοτικές μεθόδους (Cohen et al., 2018). Η δημιουργία μίας εκπαιδευτικής εφαρμογής VR με πολιτιστικό περιεχόμενο (Κάστρο της Άρτας) και η δοκιμή της σε ομάδα μαθητών από Γυμνάσια της πόλης της Άρτας προκειμένου να μετρηθεί μέσω ερωτηματολογίων η εμπλοκή τους στην εμπειρία VR και η διατήρηση της προσλαμβάνουσας γνώσης, ολοκληρώνει το συγκεκριμένο βήμα.

Τα δεδομένα που συλλέγονται αναλύονται στη συνέχεια με τη χρήση κατάλληλων στατιστικών τεχνικών για τον εντοπισμό μοτίβων και σχέσεων μεταξύ της χρήσης της τεχνολογίας VR, και της εκπαιδευτικής αποτελεσματικότητας. Αυτό περιλαμβάνει ποσοτική ανάλυση των δεδομένων εμπλοκής στην εμπειρία VR και διατήρησης της προσλαμβάνουσας γνώσης.

Τέλος, η διπλωματική εργασία ολοκληρώνεται με μια συζήτηση των ευρημάτων, των επιπτώσεών τους στον τομέα και προτάσεων για μελλοντική έρευνα. Αυτό περιλαμβάνει συστάσεις για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη εφαρμογών VR με πολιτιστικό περιεχόμενο, καθώς και συστάσεις για περαιτέρω έρευνα σχετικά με τον εκπαιδευτικό αντίκτυπο της τεχνολογίας VR.



Εικόνα 3-1: Σχεδιασμός και μεθοδολογία ερευνητικής διαδικασίας

3.1.2. Σχεδιασμός έρευνας

Ο ερευνητικός σχεδιασμός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ενσωματώνει μια ποσοτική μέθοδο τα αποτελέσματα της οποίας παρέχουν ολοκληρωμένη κατανόηση των ερευνητικών ερωτημάτων. Οι ποσοτικές ερωτήσεις είναι απαραίτητες για την παρακολούθηση των επιδόσεων και των απόψεων των μαθητών και επιπλέον, τέτοιες μέθοδοι που βασίζονται

σε δεδομένα είναι επίσης εύκολα επεκτάσιμες σε μεγάλες ομάδες, πράγμα που είναι σημαντικό όταν εξετάζεται ο αντίκτυπος των συσχετίσεων διαφόρων παραγόντων (Cohen et al., 2018).

Η ποσοτική μέθοδος είναι μια συστηματική, εμπειρική μέθοδος που χρησιμοποιεί αριθμητικά δεδομένα για τον εντοπισμό και τον έλεγχο των σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών. Στην εκπαίδευση με βάση τον πολιτισμό, η ποσοτική έρευνα μπορεί να αποτελέσει ένα ισχυρό εργαλείο για τη μέτρηση της αποτελεσματικότητας των προγραμμάτων πολιτιστικής εκπαίδευσης και τον εντοπισμό τομέων βελτίωσης (Hoy, 2010).

Τα πλεονεκτήματα της ποσοτικής προσέγγισης στην εκπαίδευση με βάση τον πολιτισμό περιλαμβάνουν την ικανότητά της να παράγει στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα, να γενικεύει τα ευρήματα σε μεγαλύτερους πληθυσμούς και να μετρά τον αντίκτυπο ενός προγράμματος πολιτιστικής εκπαίδευσης με τυποποιημένο τρόπο (Munsters & Richards, 2010). Η ποσοτική έρευνα μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό των σχέσεων μεταξύ της πολιτιστικής εκπαίδευσης και άλλων μεταβλητών, όπως η ακαδημαϊκή επίδοση ή η εμπλοκή των μαθητών.

Ωστόσο, υπάρχουν επίσης περιορισμοί στη χρήση μιας ποσοτικής προσέγγισης στην πολιτιστική εκπαίδευση (Rahman, 2016). Για παράδειγμα, η ποσοτική έρευνα μπορεί να μην καταγράφει τις πολύπλοκες και διαφοροποιημένες εμπειρίες της πολιτισμικής εκπαίδευσης ή τις υποκειμενικές προοπτικές των μαθητών και των εκπαιδευτικών. Επιπλέον, η ποσοτική έρευνα μπορεί να βασίζεται σε τυποποιημένες αξιολογήσεις που δεν ευθυγραμμίζονται με τους πολιτισμικά ειδικούς τρόπους γνώσης ή αξιολόγησης της μάθησης.

3.2. Συμμετέχοντες

Οι συμμετέχοντες ήταν μαθητές Γυμνασίων της πόλης της Άρτας. Στην έρευνα συμμετείχαν συνολικά 52 μαθητές.

Η ηλικία των συμμετεχόντων κυμαινόταν από 13 έως 15 ετών, καθώς το δείγμα αποτελούνταν από μαθητές Α, Β και Γ Γυμνασίου, και οι μαθητές δεν επιλέχθηκαν με βάση κάποιον παράγοντα.

3.3. Υλοποίηση και χρονοδιάγραμμα

Το πείραμα που διεξήχθη για την παρούσα έρευνα είχε ως στόχο να προσδιορίσει αν μία εύκολη στη χρήση εκπαιδευτική εφαρμογή VR μπορεί να ενισχύσει τις πρακτικές

διδασκαλίας και να διευκολύνει τη μάθηση. Για την εφαρμογή που αναπτύχθηκε χρειάστηκαν ακουστικά VR (Oculus Quest 2) (Oculus Quest Store, 2019), ένας υπολογιστής και μία οθόνη 55 ιντσών.

Οι 52 συμμετέχοντες χωρίστηκαν τυχαία σε 2 ομάδες. Οι ερευνητές διαμοίρασαν το προκαταρκτικό ερωτηματολόγιο στους συμμετέχοντες για τη συλλογή πληροφοριών σχετικά με την προηγούμενη εμπειρία τους στην εκπαίδευση μέσω VR και το ερωτηματολόγιο για την αξιολόγηση των γνώσεων τους. Η συμπλήρωσή τους διήρκεσε περίπου 10 λεπτά. Στη συνέχεια οι συμμετέχοντες, φορώντας τα ακουστικά VR, βίωσαν την VR εμπειρία της εκπαιδευτικής εφαρμογής πολιτιστικού περιεχομένου, η οποία διήρκεσε περίπου 20 λεπτά. Αμέσως μετά την ολοκλήρωση της εμπειρίας VR προκειμένου να αξιολογηθεί η κατανόηση του περιεχομένου που βασίζεται στον πολιτισμό, οι συμμετέχοντες συμπλήρωσαν το συμπερασματικό ερωτηματολόγιο. Επίσης, συμπλήρωσαν ξανά το ερωτηματολόγιο για την αξιολόγηση των γνώσεων τους. Η συμπλήρωσή τους διήρκεσε περίπου 10 λεπτά.

3.3.1. Συλλογή δεδομένων

Οι μαθητές έπρεπε να απαντήσουν σε ερωτηματολόγια πριν από τη χρήση της VR εφαρμογής, και μετά την ολοκλήρωση της εμπιστευτικής εμπειρίας. Το περιεχόμενο των ερωτηματολογίων απεικονίζεται στους Πίνακας 3-1, Πίνακας 3-2, και Πίνακας 3-3. Όλες οι κλίμακες Likert είχαν την ίδια μορφή, με το 1 να σημαίνει τη λιγότερο θετική επιλογή και το 5 να σημαίνει την υψηλότερη δυνατή επιλογή. Οι ερευνητές δημιούργησαν τέσσερα ερωτηματολόγια μέσω Google Forms με τις σχετικές ερωτήσεις για το πείραμα VR.



Εικόνα 3-2 Συμπλήρωση ερωτηματολογίων από τους συμμετέχοντες



Εικόνα 3-3 Χρήση VR εφαρμογής από τους συμμετέχοντες

Πίνακας 3-1

Προκαταρκτική Έρευνα (Kucuk et al., 2014)

Προηγούμενη εμπειρία με την εκπαιδευτική Εικονική Πραγματικότητα

Το εξής ερωτηματολόγιο περιλαμβάνει ερωτήσεις σχετικά με την πρότερη εμπειρία σας με εκπαιδευτικές εφαρμογές Εικονικής Πραγματικότητας. Επιλέξτε την καταλληλότερη απάντηση σε κάθε ερώτηση. Μην αφιερώνετε πολύ χρόνο σε κάθε ερώτηση! Η πρώτη σας αντίδραση είναι πιθανότατα η καλύτερη. Απαντήστε όλες τις ερωτήσεις. Οι απαντήσεις σας είναι εμπιστευτικές και θα χρησιμοποιηθούν μόνο για ερευνητικούς σκοπούς. Σας ευχαριστούμε για τη συμμετοχή και τη συνεισφορά σας.

Κλίμακα: 1 = Διαφωνώ απόλυτα, 2 = Διαφωνώ, 3 = Ούτε συμφωνώ, ούτε διαφωνώ, 4 = Συμφωνώ, 5 = Συμφωνώ απόλυτα.

Φύλο:

Αγόρι

<p>Κορίτσι <input type="checkbox"/></p> <p>Δεν επιθυμώ να απαντήσω <input type="checkbox"/></p>
<p>Ηλικία</p> <p>13 <input type="checkbox"/></p> <p>14 <input type="checkbox"/></p> <p>15 <input type="checkbox"/></p>
<p>C1. Ικανοποίηση</p>
<p>S1. Μου αρέσουν τα μαθήματα που διδάσκονται με εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας.</p>
<p>S2. Η επίδειξη τρισδιάστατων αντικειμένων, βίντεο και κινούμενων σχεδίων στις εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας αυξάνει την περιέργειά μου.</p>
<p>S3. Μελετώ περισσότερο για το μάθημα χάρη στις εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας.</p>
<p>S4. Τα τρισδιάστατα αντικείμενα στις εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας δίνουν μια αίσθηση πραγματικότητας στο περιβάλλον.</p>
<p>S5. Ανυπομονώ να έρθω στο μάθημα όταν χρησιμοποιούνται εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας.</p>
<p>S6. Συγκεντρώνομαι καλύτερα στο μάθημα όταν χρησιμοποιούνται</p>

εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας.
S7. Μου αρέσει να διαβάζω το μάθημα στο σπίτι με εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας.
C2. Άγχος
S1. Οι εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας δεν προσελκύουν την προσοχή μου.
S2. Οι εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας με δυσκολεύουν στη μάθηση, επειδή με μπερδεύουν.
S3. Δεν υπάρχει λόγος να χρησιμοποιούνται εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας στα μαθήματα.
S4. Η χρήση εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας στο μάθημα προκαλεί χάσιμο χρόνου.
S5. Βαριέμαι καθώς χρησιμοποιώ εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας.
S6. Είναι δύσκολη η χρήση εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας στο μάθημα.
C3. Προθυμία
S1. Θέλω οι εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας να χρησιμοποιούνται και σε άλλα μαθήματα.

S2. Θέλω οι εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας να αντικαταστήσουν τα βιβλία μαθημάτων στο μέλλον.

Πίνακας 3-2

<p>Συμπερασματική Έρευνα (Fokides et al., 2019)</p> <p>Αξιολόγηση της εμπειρίας εμβυθιστικής μάθησης</p>
<p>Το εξής ερωτηματολόγιο περιλαμβάνει ερωτήσεις σχετικά με την εμπειρία σας με την εκπαιδευτική εφαρμογή εικονικής πραγματικότητας. Επιλέξτε την καταλληλότερη απάντηση σε κάθε ερώτηση. Μην αφιερώνετε πολύ χρόνο σε κάθε ερώτηση! Η πρώτη σας αντίδραση είναι πιθανότατα η καλύτερη. Απαντήστε όλες τις ερωτήσεις. Οι απαντήσεις σας είναι εμπιστευτικές και θα χρησιμοποιηθούν μόνο για ερευνητικούς σκοπούς. Σας ευχαριστούμε για τη συμμετοχή και τη συνεισφορά σας.</p> <p>Κλίμακα: 1 = Διαφωνώ απόλυτα, 2 = Διαφωνώ, 3 = Ούτε συμφωνώ, ούτε διαφωνώ, 4 = Συμφωνώ, 5 = Συμφωνώ απόλυτα.</p>
<p>Φύλο:</p> <p>Αγόρι <input type="checkbox"/></p> <p>Κορίτσι <input type="checkbox"/></p> <p>Δεν επιθυμώ να απαντήσω <input type="checkbox"/></p>
<p>Ηλικία</p> <p>13 <input type="checkbox"/></p> <p>14 <input type="checkbox"/></p> <p>15 <input type="checkbox"/></p>

C1. Παρουσία
S1. Ήμουν βαθιά συγκεντρωμένος στην εφαρμογή.
S2. Αν κάποιος μου μιλούσε, δεν μπορούσα να τον ακούσω.
S3. Ξεχνούσα το χρόνο που περνούσε ενώ χρησιμοποιούσα την εφαρμογή.
S4. Αισθανόμουν αποκομμένος από τον έξω κόσμο ενώ χρησιμοποιούσα την εφαρμογή.
C2. Απόλαυση
S1. Νομίζω ότι η εφαρμογή ήταν διασκεδαστική.
S2*. Ένιωσα να βαριέμαι κατά τη χρήση της εφαρμογής.
S3. Απολαμβάνω τη χρήση της εφαρμογής.
S4. Μου άρεσε πραγματικά να μελετώ με αυτή την εφαρμογή.
S5. Αισθάνθηκα καλά που ολοκλήρωσα με επιτυχία τις εργασίες σε αυτή την εφαρμογή.
S6*. Αισθάνθηκα απογοητευμένος.
C3. Αντιλαμβανόμενη μαθησιακή αποτελεσματικότητα

<p>S1. Ένωσα ότι αυτή η εφαρμογή μπορεί να διευκολύνει τον τρόπο που μαθαίνω.</p>
<p>S2. Αυτή η εφαρμογή ήταν ένας πολύ πιο εύκολος τρόπος μάθησης σε σύγκριση με τη συνηθισμένη διδασκαλία.</p>
<p>S3. Αυτή η εφαρμογή έκανε τη μάθηση πιο ενδιαφέρουσα.</p>
<p>S4. Ένωσα ότι η εφαρμογή αύξησε τις γνώσεις μου.</p>
<p>S5. Αισθάνθηκα ότι έπιασα τις βασικές ιδέες των όσων διδάχθηκα με αυτή την εφαρμογή.</p>
<p>S6. Σίγουρα θα προσπαθήσω να εφαρμόσω τις γνώσεις που έμαθα με αυτή την εφαρμογή.</p>
<p>C4. Αντιλαμβανόμενος ρεαλισμός</p>
<p>S1. Κατά την αλληλεπίδραση με τα εικονικά αντικείμενα, οι αλληλεπιδράσεις αυτές έμοιαζαν με πραγματικές.</p>
<p>S2. Υπήρχαν στιγμές που τα εικονικά αντικείμενα έμοιαζαν τόσο πραγματικά όσο και τα πραγματικά.</p>
<p>S3. Τα εικονικά αντικείμενα μου φάνηκαν σαν πραγματικά αντικείμενα.</p>
<p>S4. Όταν χρησιμοποιούσα την εφαρμογή, ο εικονικός κόσμος ήταν πιο πραγματικός από τον πραγματικό κόσμο.</p>

C5. Αντιλαμβανόμενη επάρκεια του μαθησιακού υλικού
S1*. Σε ορισμένες περιπτώσεις, υπήρχαν τόσες πολλές πληροφορίες που ήταν δύσκολο να θυμηθώ τα σημαντικά σημεία.
S2*. Οι ασκήσεις σε αυτή την εφαρμογή ήταν πολύ δύσκολες.
S3*. Δεν μπόρεσα πραγματικά να κατανοήσω αρκετό από το υλικό αυτής της εφαρμογής.
C6. Αντιλαμβανόμενη ευκολία χρήσης
S1. Νομίζω ότι ήταν εύκολο να μάθω πώς να χρησιμοποιώ την εφαρμογή.
S2*. Βρήκα την εφαρμογή περιττά πολύπλοκη.
S3. Φαντάζομαι ότι οι περισσότεροι άνθρωποι θα μάθουν να χρησιμοποιούν αυτή την εφαρμογή πολύ γρήγορα.
S4*. Χρειάστηκε να μάθω πολλά πράγματα πριν μπορέσω να ξεκινήσω με αυτή την εφαρμογή.
S5*. Αισθάνθηκα ότι χρειαζόμουν τη βοήθεια κάποιου άλλου για να χρησιμοποιήσω την εφαρμογή, επειδή δεν ήταν εύκολο για μένα να καταλάβω πώς να τη χρησιμοποιήσω.
S6. Μου ήταν εύκολο να γίνω επιδέξιος στη χρήση της εφαρμογής

C7. Κίνητρα
S1*. Αυτή η εφαρμογή δεν μου κράτησε την προσοχή.
S2*. Κατά τη χρήση της εφαρμογής, δεν είχα την παρόρμηση να μάθω περισσότερα για το αντικείμενο μάθησης.
S3*. Η εφαρμογή δεν με παρακίνησε να μάθω.

Πίνακας 3-3

Αξιολόγηση εκπαίδευσης
Ποιος ήταν ο ιδρυτής και πρώτος ηγεμόνας του λεγόμενου “Δεσποτάτου της Ηπείρου”;
Πού βρίσκεται το Κάστρο της Άρτας;
Υπάρχουν τμήματα του αρχαίου αμυντικού τείχους της Αμβρακίας ενσωματωμένα στη δομή του Κάστρου μέχρι σήμερα;
Τον 13ο-14ο αιώνα η Άρτα δέχθηκε επιθέσεις μόνο από Βυζαντινούς ηγεμόνες;
Το έτος 1318 η πόλη της Άρτας και το Κάστρο τέθηκαν υπό την κυριαρχία του Carlo I Tocco;
Πότε η Άρτα και το κάστρο της παραδόθηκαν στην Οθωμανική Αυτοκρατορία;
Το 1736 και 1737 η πόλη της Άρτας πλήττεται από επιδημίες πανώλης;

Ποιος επέκτεινε, οχύρωσε και αναβάθμισε το Κάστρο της Άρτας στη σημερινή του μορφή;
Πόσες φορές καταλήφθηκε το Κάστρο της Άρτας;
Πότε χτίστηκε το ξενοδοχείο Ξενία;

3.3.2. Εκπαιδευτική VR εφαρμογή πολιτιστικού περιεχομένου

Η εστίαση στην πιστότητα των γραφικών δεν είναι ζωτικής σημασίας για τη βελτίωση του μαθησιακού αποτελέσματος και την προστιθέμενη αξία στην εικονική πραγματικότητα. Όταν στους μαθητές παρέχεται το κατάλληλο υλικό, το οποίο δεν εστιάζει στον ρεαλισμό, αλλά στην εμπύθιση μέσω της ευκολίας χρήσης και των διαισθητικών χειρισμών, αναμένονται βελτιωμένα μαθησιακά αποτελέσματα (Makransky & Lilleholt, 2018). Αυτό υποστηρίζεται από την εργασία του Mayer, ο οποίος κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ένα υψηλότερο επίπεδο ρεαλισμού δεν προκαλεί σημαντική βελτίωση στα μαθησιακά αποτελέσματα, αντιθέτως, οι μαθητές προτιμούν ένα πιο "καρτουνίστικο" στυλ (Mayer, 2019). Οι Makransky κ.ά. (Makransky, Terkildsen, et al., 2019) θεωρούσαν επίσης, ότι ο πρόσθετος ρεαλισμός θα μπορούσε να αποσπάσει την προσοχή.

3.4. Μηχανές παιχνιδιών

Η σύγχρονη αγορά βιντεοπαιχνιδιών είναι γεμάτη με αμέτρητα παιχνίδια, και τα περισσότερα από αυτά έχουν δημιουργηθεί με τη βοήθεια μιας μηχανής παιχνιδιών (Andrade, 2015). Οι μηχανές παιχνιδιών είναι αφηρημένα στοιχεία ενός παιχνιδιού (όπως ο ήχος, τα γραφικά και η φυσική) που ενσωματώνονται σε ένα ενιαίο σύστημα, προκειμένου να επαναχρησιμοποιηθούν για άλλα παιχνίδια. Αυτά τα στοιχεία είναι γνωστά ως διαχειριστές της μηχανής παιχνιδιών (Thorn, 2011). Οι βασικότεροι διαχειριστές μιας μηχανής παιχνιδιών είναι ένας διαχειριστής απόδοσης, ένας διαχειριστής πόρων, ένας διαχειριστής σκηνών, ένας διαχειριστής εισόδου και ένας διαχειριστής σφαλμάτων. Άλλοι σημαντικοί, αλλά όχι απαραίτητοι (ανάλογα με το για τι χρησιμοποιείται η μηχανή παιχνιδιών) είναι ένας διαχειριστής ήχου, ένας διαχειριστής σεναρίων και ένας διαχειριστής φυσικής (Thorn, 2011).

3.4.1. Αρχιτεκτονική μηχανών παιχνιδιών

- Διαχειριστής πόρων

Ο διαχειριστής πόρων είναι υπεύθυνος για τη διαχείριση των μέσων και των δεδομένων συμπεριφοράς. Τα δεδομένα πολυμέσων αναφέρονται σε όλα τα γραφικά, τον ήχο, τα κινούμενα σχέδια και κάθε άλλο ψηφιακό μέσο που καθορίζει την εμφάνιση και τον ήχο ενός παιχνιδιού. Τα δεδομένα συμπεριφοράς καθορίζουν πώς πρέπει να συμπεριφέρεται ένα παιχνίδι κατά την εκτέλεση. Ο διαχειριστής πόρων είναι υπεύθυνος για:

- ✓ να προσδιορίζει και να διακρίνει μεταξύ όλων των πόρων,
- ✓ να φορτώνει και να αποφορτίζει τους πόρους από και προς τα αρχεία τους και μέσα και έξω από τη μνήμη,
- ✓ να διασφαλίζει ότι δεν υπάρχουν περισσότερες από μία περιπτώσεις κάθε πόρου στη μνήμη ανά πάσα στιγμή.

- Διαχειριστής απόδοσης

Αφού ο διαχειριστής πόρων φορτώσει τα γραφικά στη μνήμη, ο διαχειριστής απόδοσης είναι υπεύθυνος για την εμφάνισή τους στην οθόνη. Για να γίνει αυτό, μια διεργασία προσπελαύνει τον πόρο γραφικών στη μνήμη και τον σχεδιάζει στην οθόνη με τη βοήθεια του υλικού γραφικών. Ο διαχειριστής αναπαραγωγής πρέπει:

- ✓ να επικοινωνεί μεταξύ της μηχανής και του υλικού γραφικών,
- ✓ να αποδίδει τους πόρους εικόνας από τη μνήμη στην οθόνη,
- ✓ να ορίζει την ανάλυση.

- Διαχειριστής εισόδου

Σε όλα τα παιχνίδια και τις πλατφόρμες υπάρχει μια γενική ανάγκη για έναν μηχανισμό λήψης και απόκρισης στη χρήση εισόδου, οπότε προκύπτει η ανάγκη για έναν διαχειριστή εισόδου. Σκοπός του διαχειριστή εισόδου είναι:

- ✓ να διαβάζει την είσοδο του χρήστη κατά την εκτέλεση από όλες τις συσκευές που δέχεται το παιχνίδι,
- ✓ να κωδικοποιεί την είσοδο σε μορφή ανεξάρτητη από τη συσκευή.

- Διαχειριστής ήχου

Σε γενικές γραμμές, ό,τι ισχύει για τον διαχειριστή απόδοσης όσον αφορά τους πόρους γραφικών, ισχύει και για τον διαχειριστή ήχου όσον αφορά τους πόρους ήχου. Ως ήχος νοούνται τόσο η μουσική όσο και ο ήχος. Ο διαχειριστής ήχου θα πρέπει να είναι σε θέση:

- ✓ να επικοινωνεί μεταξύ της μηχανής και του υλικού ήχου,
- ✓ να ρυθμίζει τα επίπεδα έντασης,
- ✓ να εφαρμόζει εφέ στον ήχο, όπως εφέ εξασθένισης, πανορμίσεων και ηχούς.

- Διαχειριστής σφαλμάτων

Ένας προγραμματιστής δεν μπορεί ποτέ να είναι αρκετά σίγουρος ότι το λογισμικό του είναι απαλλαγμένο από σφάλματα. Για το λόγο αυτό, οι προγραμματιστές μηχανών παιχνιδιών ή/και παιχνιδιών έχουν ανάγκη από έναν τρόπο ανίχνευσης και χειρισμού σφαλμάτων που μπορεί να προκύψουν. Ο διαχειριστής σφαλμάτων έχει ως σκοπό:

- ✓ να ανιχνεύει εξαιρέσεις σε χρόνο εκτέλεσης σε ένα παιχνίδι,
- ✓ να χειρίζεται αυτές τις εξαιρέσεις και να αποφεύγει ξαφνικές καταρρεύσεις του συστήματος,
- ✓ την καταγραφή των σφαλμάτων σε μια αναφορά αρχείου αναγνώσιμου από τον άνθρωπο.

- Διαχειριστής σκηνής

Αυτός ο διαχειριστής αποτελεί γέφυρα μεταξύ όλων των διαχειριστών και καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο όλοι οι διαχειριστές συσχετίζονται μεταξύ τους και χρησιμοποιούνται έτσι ώστε να τους προσδίδεται νόημα στον παίκτη. Ο διαχειριστής σκηνών είναι υπεύθυνος για πολλά πράγματα, μερικά από τα οποία περιλαμβάνουν:

- ✓ επικοινωνία μεταξύ πολλών διαχειριστών,
- ✓ παρακολούθηση των γεγονότων,
- ✓ απαρίθμηση των ενεργών αντικειμένων στο παιχνίδι και δυνατότητα πρόσβασης και τροποποίησής τους από τον προγραμματιστή.

3.4.2. Τύποι μηχανών παιχνιδιών

Υπάρχουν δύο τύποι μηχανών που μπορεί κανείς να χρησιμοποιήσει. Το πρώτο είδος είναι οι συμβατικές μηχανές, όπως η Unity και η Unreal, όπου ο χρήστης λαμβάνει μια άδεια χρήσης, δωρεάν ή επί πληρωμή, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά που χρειάζεται και τις ανάγκες του. Το δεύτερο είδος είναι οι μηχανές που δημιουργούνται από το μηδέν. Η επιλογή μεταξύ αυτών των δύο ειδών έχει, προφανώς, και πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα (Soto-Martin et al., 2020)

Πλεονεκτήματα της χρήσης μιας ανεπτυγμένης μηχανής:

- ✓ Εξοικονόμηση πολύ χρόνου.
- ✓ Δεν απαιτούνται πολύπλοκες δεξιότητες προγραμματισμού.
- ✓ Αποδεδειγμένο λογισμικό και εργαλεία.
- ✓ Διαθέσιμη βοήθεια.
- ✓ Εύκολη και γρήγορη χρήση περιουσιακών στοιχείων τρίτων κατασκευαστών.

Μειονεκτήματα της χρήσης μιας ανεπτυγμένης μηχανής:

- Κόστος χρήσης εκ των προτέρων ή σε δικαιώματα χρήσης.
- Πιθανή έλλειψη ορισμένων λειτουργιών.
- Συμμόρφωση με τους κανόνες της μηχανής.

Πλεονεκτήματα της χρήσης μηχανής δημιουργημένης από το μηδέν:

- ✓ Η ύπαρξη μόνο του απαραίτητου κώδικα αυξάνει την απόδοση.
- ✓ Δεν υπάρχει χρηματικό κόστος χρήσης.
- ✓ Ελευθερία ελέγχου.
- ✓ Απόλυτη γνώση της λειτουργίας της μηχανής.

Μειονεκτήματα της χρήσης μιας μηχανής δημιουργημένης από το μηδέν:

- Η δημιουργία του είναι χρονοβόρα.
- Απαιτητική η εκμάθηση της δημιουργίας
- Περιορισμένοι εκπαιδευτικοί πόροι
- Περιορισμένη βοήθεια για τυχόν λάθη και προβλήματα.

3.4.3. Ιστορία των μηχανών παιχνιδιών

Το 1993 η ID Software εξέδωσε ένα δελτίο τύπου για το επερχόμενο παιχνίδι DOOM, στο οποίο περιέγραφε τις εκπληκτικές καινοτομίες στην τεχνολογία, το gameplay, τη διανομή και τη δημιουργία περιεχομένου. Περιέγραψαν το λογισμικό τους, γνωστό ως "DOOM engine". Σε αντίθεση με οποιοδήποτε άλλο λογισμικό παιχνιδιών μέχρι τότε, διαχώριζε τη βασική λειτουργικότητα του παιχνιδιού (όπως η απόδοση) από τα δημιουργικά στοιχεία (όπως εικόνες και ήχοι) και τους ειδικούς κανόνες του παιχνιδιού. Τα μεταγενέστερα παιχνίδια σχεδιάστηκαν με αυτή την προσέγγιση κατά νου, με τη βασική λειτουργικότητα (μηχανή) και το περιεχόμενο να αναπτύσσονται ξεχωριστά. Καθώς οι μηχανές παιχνιδιών ωρίμασαν σε αυτό που είναι γνωστές σήμερα, η εφαρμογή των μηχανών παιχνιδιών διευρύνθηκε σε πεδίο εφαρμογής, καθώς χρησιμοποιούνται στην ανάπτυξη παιχνιδιών σοβαρού σκοπού, όπως εφαρμογές οπτικοποίησης, εκπαίδευσης, ιατρικής και στρατιωτικής προσομοίωσης (Checa et al., 2021; *Unreal Engine*, 2020).

3.4.4. Δημοφιλείς μηχανές παιχνιδιών

Οι Toftedahl και Engström (Toftedahl & Engström, 2019) ανέλυσαν τη χρήση των μηχανών παιχνιδιών στην πλατφόρμα Steam και Itch.io. Στο Steam, ανέφεραν τις μηχανές Unreal (25,6%) και Unity (13,2%) ως τις κύριες μηχανές, τονίζοντας ότι μόνο το 13% των παιχνιδιών αναφέρουν πληροφορίες σχετικά με τη μηχανή τους. Στο Itch.io, ανακάλυψαν ότι η Unity χρησιμοποιήθηκε για το 47,3% των παιχνιδιών στην πλατφόρμα. Άλλες γνωστές μηχανές παιχνιδιών είναι οι CryEngine, GameMaker, Godot και Amazon Lumberyard.

❖ Unity

Το Unity (*Unreal Engine | The Most Powerful Real-Time 3D Creation Tool*, 2020) είναι μια μηχανή παιχνιδιών πολλαπλών πλατφορμών με πολλές δυνατότητες για τη δημιουργία διαδραστικού τρισδιάστατου περιεχομένου. Διαθέτει ένα φιλικό προς το χρήστη περιβάλλον εργασίας, ενώ παράλληλα παρέχει στους προγραμματιστές πρόσβαση χαμηλού επιπέδου. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν χιλιάδες στοιχεία από διάφορους κατασκευαστές περιεχομένου για την ταχεία δημιουργία καθηλωτικών εμπειριών. Το τρισδιάστατο λογισμικό μπορεί να παραχθεί σε σημαντικά λιγότερο χρόνο σε σχέση με αυτόν που απαιτείται για την ανάπτυξη παραδοσιακού λογισμικού λόγω της διαισθητικής διεπαφής, της καλά σχεδιασμένης αρχιτεκτονικής και της δυνατότητας επαναχρησιμοποίησης στοιχείων. Χομπίστες, επαγγελματίες και ερευνητές έχουν καταφέρει να κατασκευάσουν εφαρμογές εικονικής

πραγματικότητας χρησιμοποιώντας εξοπλισμό εικονικής πραγματικότητας καταναλωτικού επιπέδου και το Unity. Το Unity υποστηρίζεται σήμερα πλήρως από διάφορες εταιρείες εικονικής πραγματικότητας λόγω της ευρείας και εύκολης χρήσης του (Jerald et al., 2014).

Πίνακας 3-4

Mobile	iOS	Android	tvOS				
Desktop	Windows (UWP)	Mac	Linux				
Web	WebGL						
Console	Playstation (PS4, PS5)	Xbox (One, Series X/S)	Nintendo Switch	Stadia			
Vr/Xr	Oculus (Rift, Quest)	Playstation VR	Google's ARCore	Apple's ARKit	Windows Mixed Reality	HTC VIVE	Google Cardboard

Επίσης, το Unity3D παρέχει πολλά πλεονεκτήματα όσον αφορά τη γρήγορη δημιουργία ενός παιχνιδιού. Οι ενέργειες που σχετίζονται με την πλατφόρμα, για παράδειγμα, και οι περίπλοκες σχέσεις αντικειμένων-παιχνιδιών ελέγχονται από πολλαπλές οπτικές προβολές και ένα παιχνίδι προγραμματίζεται χρησιμοποιώντας γλώσσες σεναρίων JavaScript, C# ή Boo. Επειδή μια εφαρμογή δέσμης ενεργειών ενσωματώνεται αυτόματα σε ένα αρχείο .NET DLL, και οι τρεις γλώσσες δέσμης ενεργειών αποδίδουν παρόμοια. Ωστόσο η ταχύτητα εκτέλεσής τους είναι 20 φορές ταχύτερη από την τυπική JavaScript. Αυτές οι γλώσσες είναι επίσης φιλικές προς όλες τις πλατφόρμες. Ως αποτέλεσμα, οι δημιουργοί παιχνιδιών μπορούν να δημιουργήσουν παιχνίδια για Windows, Mac, Xbox 360, PlayStation 3, Wii, iPad, iPhone και Android. Επιπλέον, με την εγκατάσταση ενός plug-in, τα παιχνίδια μπορούν να παιχτούν στο διαδίκτυο (Xie, 2012).

Μια άλλη πτυχή του Unity3D είναι ότι τα υλικά και τα αντικείμενα των παιχνιδιών μπορούν να εισαχθούν ή να εξαχθούν ως πακέτο, καθιστώντας απλή την ανταλλαγή εργασιών ανάπτυξης μεταξύ πολλαπλών παιχνιδιών. Ως αποτέλεσμα, η χρησιμοποίηση ενός πακέτου

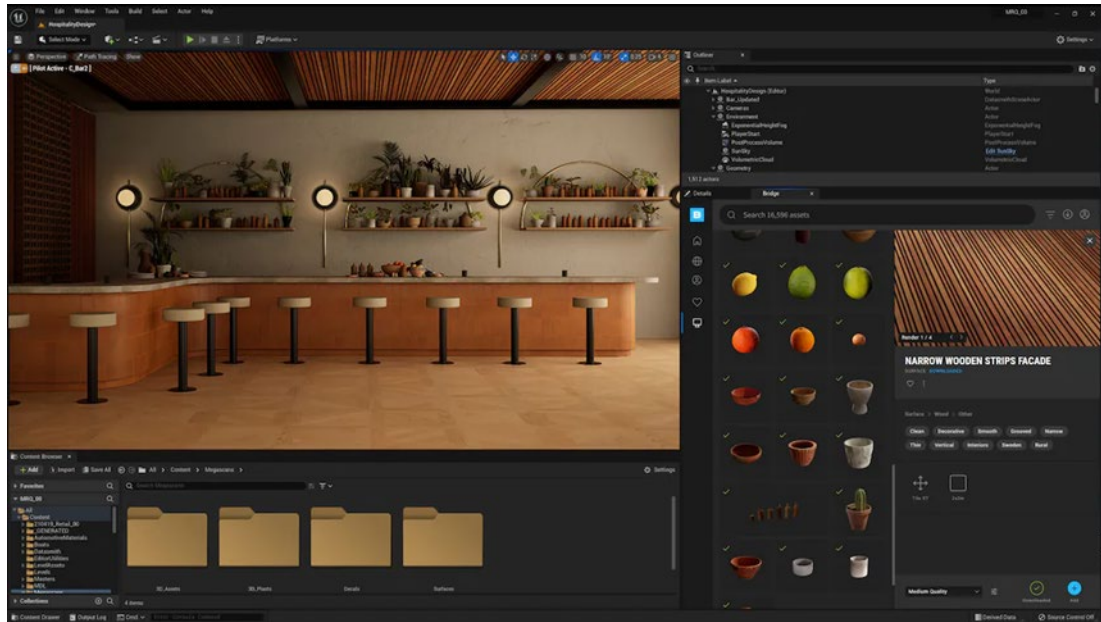
μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την αποτελεσματικότητα της παραγωγής παιχνιδιών. Συγκεκριμένες λειτουργίες, όπως η τεχνητή νοημοσύνη, η λειτουργία δικτύου, ο έλεγχος χαρακτήρων κ.ο.κ., μπορούν να συνδυαστούν και να διευκολύνουν το έργο των προγραμματιστών (Xie, 2012).



Εικόνα 3-4: Σκηνή εικονικής πραγματικότητας στο Unity3D (Unity Real-Time Development Platform | 3D, 2D, VR & AR Engine, 2019)

❖ Unreal

Η Unreal Engine είναι μια πλήρης σουίτα εργαλείων ανάπτυξης για οποιονδήποτε εργάζεται με τεχνολογία πραγματικού χρόνου. Δίνει στους δημιουργούς όλων των κλάδων την ελευθερία και τον έλεγχο για να προσφέρουν ψυχαγωγία αιχμής, συναρπαστικές οπτικοποιήσεις και καθηλωτικούς εικονικούς κόσμους (Unreal Engine | *The Most Powerful Real-Time 3D Creation Tool*, 2020).



Εικόνα 3-5: Τρισδιάστατη σκηνή σε Unreal Engine (Unreal Engine | The Most Powerful Real-Time 3D Creation Tool, 2020)

Ο ιδρυτής της Epic Games, Tim Sweeney, ανέπτυξε την πρώτη γενιά της μηχανής Unreal Engine για ένα παιχνίδι shooter πρώτου προσώπου, με την ονομασία Unreal, το οποίο δημοσιεύθηκε το 1998. Ήταν επαναστατικό για την εποχή του, καθώς είχε απίστευτα γραφικά, παίκτες που ελέγχονταν από τον υπολογιστή (bots) και παρείχε έναν επεξεργαστή επιπέδων, το UnrealEd, που επέτρεπε στους παίκτες να τροποποιούν το παιχνίδι. Στόχος του Ted Sweeney ήταν να δημιουργήσει ένα λογισμικό που θα μπορούσε να βελτιωθεί και να επεκταθεί σε πολλές γενιές παιχνιδιών. Σε αντίθεση με την ID Software, η οποία προσέφερε μόνο τον πηγαίο κώδικα της μηχανής της, η Epic παραχώρησε άδεια χρήσης της τεχνολογίας της, και συναντήθηκε με εταιρείες που την είχαν παραχωρήσει, για να συζητήσει σχετικά με βελτιώσεις. Οι εταιρείες που είχαν αδειοδοτήσει την Unreal Engine είχαν ένα τεράστιο πλεονέκτημα σε σχέση με άλλες εταιρείες, καθώς δεν χρειαζόταν να δημιουργήσουν τα πάντα από την αρχή και μπορούσαν όχι μόνο να δημιουργήσουν παιχνίδια τελευταίας τεχνολογίας πολύ πιο γρήγορα, αλλά και να τα μεταφέρουν σε άλλα είδη υλικού πολύ πιο εύκολα, επειδή η διαχείριση γινόταν από την μηχανή. Η Unreal Engine 2 έκανε το ντεμπούτο της το 2002 με ένα δωρεάν παιχνίδι shooter πολλαπλών παικτών, το America's Army, το οποίο αναπτύχθηκε από τον αμερικανικό στρατό ως δοκιμή στρατολόγησης. Αυτή η έκδοση είχε πιο λεπτομερή γραφικά, πρόσθεσε συστήματα σωματιδίων, plug-ins για λογισμικό δημιουργίας τρισδιάστατων μοντέλων, φυσικές προσομοιώσεις και πολλά άλλα χαρακτηριστικά. Το Unreal 3 ήταν μια βελτίωση του Unreal 2 στον renderer, το σύστημα ήχου, και τη φυσική. Αλλά η κυκλοφορία του δωρεάν Unreal Development Kit (UDK) ήταν η πιο αξιοσημείωτη. Προηγουμένως, μόνο οι κάτοχοι αδειών

μπορούσαν να δημιουργήσουν παιχνίδια με το Unreal, αλλά τώρα όλοι μπορούσαν. Κατά τη διάρκεια του Unreal 3 έγιναν συχνά βελτιώσεις. Η Unreal Engine 4 ανακοινώθηκε το 2012 και κυκλοφόρησε δωρεάν για όλους τους χρήστες το 2015. Η UE 4 είχε τεράστιες βελτιώσεις σε σχέση με τον προκάτοχό της σε κάθε πτυχή, καθώς βρισκόταν σε εξέλιξη για πάνω από 12 χρόνια. Μία από τις κύριες αναβαθμίσεις ήταν η κατάργηση της UnrealScript και η αντικατάστασή της με C++. Η UE 5 κυκλοφόρησε στις 26 Μαΐου 2021, αλλά ήταν μόνο πρόωμης πρόσβασης, και κυκλοφόρησε πλήρως στις 5 Απριλίου 2022. Παρόλο που, δεν υπήρχαν τόσο δραστικές αλλαγές όσο από την UE3 στην UE4, η UE5 βελτίωσε ακόμα περισσότερο τη μηχανή, καθιστώντας δυνατή τη δημιουργία παιχνιδιών υψηλής ποιότητας ακόμα και για άτομα που δεν είχαν κανένα υπόβαθρο στον προγραμματισμό.

Η Unreal Engine 1 έως 3 χρησιμοποιούσε τη δική της γλώσσα σεναρίων, την UnrealScript. Στο UE 4 αντικατέστησαν την UnrealScript με την C++ και πρόσθεσαν τα "Blueprints", ένα οπτικό σύστημα σεναρίων, το οποίο επέτρεπε τη γρήγορη ανάπτυξη της λογικής του παιχνιδιού χωρίς προγραμματισμό, καθιστώντας ευκολότερη την ανάπτυξη ενός παιχνιδιού από ένα άτομο, αν δεν έχει δεξιότητες μεταξύ τέχνης, σχεδιασμού ή προγραμματισμού. Το UE είναι διάσημο για τα εκπληκτικά γραφικά υψηλής ποιότητας χωρίς την ανάγκη συγγραφής ούτε μιας γραμμής κώδικα.

Πίνακας 3-5

Mobile	iOS	Android					
Desktop	Windows (UWP)	Mac	Linux				
Web	WebGL	HTML5					
Console	Playstation (PS4, PS5)	Xbox (One, Series X/S)	Nintendo Switch	Stadia			
Vr/Xr	Oculus (Rift, Quest)	Playstation VR	SAMSUNG GEAR VR	OSVR	Windows Mixed Reality	HTC VIVE	Magic Leap

❖ CryEngine

Η CryEngine (*CRYENGINE - Crytek's Powerful Game Development Platform*, 2019) είναι μια πολυπλατφορμική (υποστηρίζει PlayStation, Xbox, Windows, Oculus Rift, OSVR, PSVR και HTC VIVE) all-in-one μηχανή τρισδιάστατων παιχνιδιών που σχεδιάστηκε από τη γερμανική εταιρεία ανάπτυξης παιχνιδιών Crytek το 2002. Η CryEngine είναι γνωστή για την προσπάθειά της να δημιουργήσει την πιο ισχυρή μηχανή παιχνιδιών στη βιομηχανία, παρέχοντας στους δημιουργούς ισχυρά εργαλεία για την κατασκευή φωτορεαλιστικών παιχνιδιών, ανεξάρτητα από τον προϋπολογισμό ή το μέγεθος της ομάδας του προγραμματιστή. Αυτή η μηχανή παιχνιδιών είναι εύκολη στην εκμάθηση, καθώς παρέχει πλήρη πηγαίο κώδικα, σαφή σεμινάρια και λεπτομερή τεκμηρίωση. Επιπλέον, το CryEngine διαθέτει μια ισχυρή κοινότητα ανάπτυξης και ένα ευρύ φάσμα προπαρασκευασμένων στοιχείων έτοιμων προς χρήση.

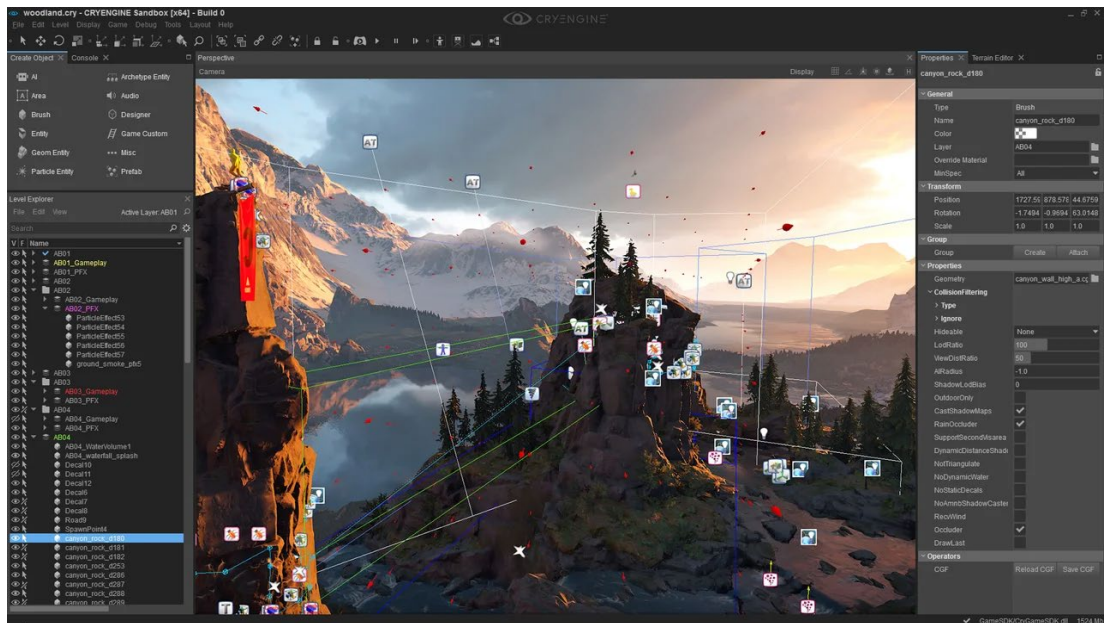
Η CryEngine 1 είναι μια μηχανή παιχνιδιών που χρησιμοποιείται στο βιντεοπαιχνίδι shooter πρώτου προσώπου Far Cry. Δημιουργήθηκε ως τεχνολογικό demo για την Nvidia για να επιδείξει τις δυνατότητές της. Όταν η εταιρεία είδε τη δυναμική της, η Crytek αποφάσισε να τη μετατρέψει σε παιχνίδι. Λίγο αργότερα, κυκλοφόρησε η έκδοση 1.2 με βελτιωμένες δυνατότητες γραφικών και αργότερα η έκδοση 1.3 πρόσθεσε υποστήριξη για φωτισμό High Dynamic Range.

Η CryEngine 2 χρησιμοποιήθηκε στο παιχνίδι Crysis της Crytek και μια ενημερωμένη έκδοση στο Crysis Warhead. Και δόθηκε άδεια χρήσης στη γαλλική εταιρεία IMAGTP, η οποία ειδικεύεται στην αρχιτεκτονική, για τη δημιουργία ενός προγράμματος που επέτρεπε στους πελάτες να δουν πώς θα έμοιαζε ένα κτίριο ή μια κατασκευή πριν από την κατασκευή.

Η CryEngine 3 παρουσιάστηκε στο Game Developers Conference του 2009 τον Μάρτιο και αναπτύχθηκε για τα Microsoft Windows, το PlayStation 3, το Xbox 360 και το Wii U. Τον Ιούνιο ανακοινώθηκε ότι η Crytek θα παρήγαγε το Crysis 2 στη νέα μηχανή και το παιχνίδι κυκλοφόρησε τον Οκτώβριο.

Τον Αύγουστο του 2013, η Crytek άλλαξε το όνομα της CryENGINE (ξεκινώντας από την έκδοση 3.6) σε απλά "CryEngine". Αυτή η νέα έκδοση της CryEngine προσθέτει υποστήριξη για Linux και κονσόλες όπως το PlayStation 4, και το Xbox One.

Η Crytek ανακοίνωσε μια νέα έκδοση του CryEngine με την ονομασία CryEngine 5. Επιπλέον, ένα νέο μοντέλο αδειοδότησης που ονομάζεται "πληρώνετε ό,τι θέλετε-pay what you want" και πρόσβαση στον πηγαίο κώδικα. Τον Σεπτέμβριο, κυκλοφόρησε η έκδοση 5.4 προσθέτοντας το render του Vulkan API ως beta και άλλα χαρακτηριστικά, όπως πρότυπα C# και νέες τεχνικές anti-aliasing. Αργότερα, τον Μάρτιο η Crytek άλλαξε το μοντέλο αδειοδότησης από "πληρώνετε ό,τι θέλετε-pay what you wan" σε 5% διαμοιρασμό των εσόδων.



Εικόνα 3-6: Cryengine (CRYENGINE - Crytek's Powerful Game Development Platform, 2019)

3.5. Δεοντολογία και περιορισμοί

Στη φάση σχεδιασμού της ποσοτικής έρευνας, η διευθύντρια της Διεύθυνσης Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης Ν. Άρτας ενέκρινε τη διεξαγωγή της έρευνας. Οι υπεύθυνοι καθηγητές είχαν λάβει επίσης έγκριση για την εμπλοκή των μαθητών στην έρευνα αυτή. Πριν από την έναρξη του πειράματος, οι ερευνητές παρουσίασαν σε όλους τους μαθητές το αντικείμενο της μελέτης, τους στόχους της και τις μεθόδους δοκιμής. Μετά την εισαγωγή οι μαθητές ενημερώθηκαν λεπτομερώς για τη χρήση και τη συλλογή ανώνυμων δεδομένων. Επιπλέον, έλαβαν προειδοποιήσεις για τις γνωστές πιθανές παρενέργειες που μπορεί να προκύψουν κατά την αλληλεπίδραση με την VR (π.χ. ναυτία & επιληψία). Όλα τα ευαίσθητα δεδομένα αντιμετωπίστηκαν σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές του GDPR. Όλοι οι παρόντες μαθητές συμφώνησαν να συμμετάσχουν στο πείραμα και ενημερώθηκαν για το δικαίωμά τους να εγκαταλείψουν το πείραμα ανά πάσα στιγμή.

4. Σχεδιασμός και υλοποίηση της εφαρμογής

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε μια εφαρμογή εικονικής πραγματικότητας εκπαιδευτικού περιεχομένου για το ιστορικό Κάστρο της Άρτας με τη χρήση της μηχανής παιχνιδιών Unity. Η μηχανή αυτή επιλέχθηκε επειδή είναι ιδανική για αρχάριους, εύκολη στη χρήση και έχει συμβατότητα με φορητές συσκευές όπως το Oculus Quest. Εκτός από την συμβατότητα, η συντριπτική πλειοψηφία των προγραμματιστών χρησιμοποιεί το Unity για την ανάπτυξη εφαρμογών VR, γεγονός που διευκολύνει την εύρεση λύσεων σε προβλήματα και σφάλματα. Επιπλέον, το Unity παρέχει στους προγραμματιστές εξαιρετικές τεκμηριώσεις και μια τεράστια πληθώρα εργαλείων και επεκτάσεων που καθιστούν το σχεδιασμό και την υλοποίηση ευκολότερη.

4.1. Δομικά Στοιχεία και βασική Διεπαφή του Unity

4.1.1. Δομικά Στοιχεία

Η βασική λογική σύμφωνα με την οποία δομείται η πλατφόρμα της Unity είναι ιδέα του σχεδιασμού υψηλού επιπέδου. Κατά την διάρκεια της ανάπτυξης μιας εφαρμογής, ο προγραμματιστής βασίζεται στον συνδυασμό κομματιών κώδικα (scripts) με διάφορες έννοιες και αντικείμενα που διατίθενται στην πλατφόρμα. Μέσα από τον συνδυασμό αυτό, οι έννοιες του προγραμματιστή και του σχεδιαστή ταυτίζονται δίνοντας την ευκαιρία ανάπτυξης παιχνιδιών και εφαρμογών, προϋποθέτοντας απλά μία επιφανειακή γνώση της γλώσσας προγραμματισμού. Επίσης, ο εκάστοτε δημιουργός οφείλει να εξετάζει την πορεία ανάπτυξης με έναν σφαιρικό τρόπο αφού δεν χρειάζεται να εργάζεται στα χαμηλά επίπεδα προγραμματισμού. Αυτή η επαναστατική και συνάμα σύγχρονη θεώρηση στην ανάπτυξη λογισμικού (software development) προσφέρει στην πλατφόρμα της Unity τεράστια ευελιξία και μπορεί να προστεθεί στους προαναφερθέντες λόγους της επιτυχίας της. Τα αντικείμενα με τα οποία αναφέρθηκε παραπάνω ότι συνδυάζονται με τον κώδικα ανήκουν σε μία μεγάλη ομάδα με το όνομα GameObjects. Ένα GameObject αποτελεί την πιο θεμελιώδη έννοια σχεδιασμού αφού όλα τα αντικείμενα μίας εφαρμογής μπορούν να χαρακτηριστούν με αυτόν τον όρο. Σε κάθε αντικείμενο αυτού του τύπου μπορούν να του ανατεθούν διάφορες ιδιότητες που ονομάζονται Components, οι οποίες καθορίζουν την συμπεριφορά του στην εφαρμογή. Components θεωρούνται και τα κομμάτια κώδικα που αναθέτει ο προγραμματιστής στα GameObjects. Ένας ακόμα βασικός όρος είναι αυτός του έργου (Project), το οποίο περιλαμβάνει όλα τα αντικείμενα και γενικότερα στοιχεία που χρησιμοποιούνται στην

εφαρμογή είτε αυτά είναι GameObjects, είτε υλικά Materials, είτε κομμάτια κώδικα κλπ. Οποιοδήποτε λοιπόν, αντικείμενο περιλαμβάνεται σε ένα έργο, ονομάζεται Asset. Τα διάφορα περιβάλλοντα και επίπεδα της εφαρμογής που περιέχει ένα έργο, ονομάζονται σκηνές (Scenes). Η ανάγκη για χρήση ενός GameObject παραπάνω από μία φορές στην ίδια σκηνή, δηλαδή η δημιουργία διπλοτύπων και η ανάγκη για επεξεργασία του κάθε αντιγράφου ξεχωριστά οδήγησε στην δημιουργία μίας έννοιας που ονομάζεται prefab (από το prefabricated - προκατασκευασμένος). Αποθηκεύοντας ένα prefab ως ένα αρχέτυπο αντικείμενο, είναι δυνατή η χρήση και επεξεργασία αντιγράφων του με την εκάστοτε συμπεριφορά που θέλουμε.

❖ Βασική διεπαφή (Interface)

Σχετικά με την διεπαφή, η οποία έχει μικρές διαφορές μεταξύ των διαφόρων εκδόσεων της Unity, χωρίζεται σε διάφορα κομμάτια (windows):

Project: Ξεκινώντας, όπως προαναφέρθηκε, το έργο (Project) αποτελεί μία θεμελιώδης έννοια για την ανάπτυξη μιας εφαρμογής. Επομένως, είναι λογικό να αφιερώνεται ένα ολόκληρο κομμάτι της διεπαφής σε αυτήν, στο οποίο είναι διαθέσιμα όλα τα αντικείμενα και οι σκηνές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, δηλαδή όλα τα Assets. Η οργάνωση είναι σε δομή φακέλων και αρχείων με την ρίζα της δομής να θεωρείται ο φάκελος Assets που βρίσκεται στο directory του υπολογιστή που έχει επιλεγεί για το παρόν έργο. Υπάρχει και μία μπάρα αναζήτησης ώστε να διευκολύνεται η πλοήγηση και η επιλογή του Asset που επιθυμεί ο χρήστης.

Scene: Σε αυτό το παράθυρο απεικονίζεται το περιβάλλον της σκηνής με όλα τα GameObjects, την κάμερα και τις πηγές φωτός. Ανάλογα με τον τύπο της εφαρμογής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τρισδιάστατη ή δισδιάστατη απεικόνιση. Αφού περιέχει όλα τα αντικείμενα της σκηνής, δίνεται και η δυνατότητα στον χρήστη να επεξεργαστεί χειροκίνητα τα φυσικά χαρακτηριστικά του εκάστοτε GameObject, όπως η θέση, το μέγεθος κλπ. Επίσης, επιλέγοντας το Game View προβάλλεται η εικόνα που λαμβάνει η κάμερα κατά την εκκίνηση του παιχνιδιού, που σημαίνει ότι επιλέγοντας το Play button ξεκινάει κανονικά το παιχνίδι και ο προγραμματιστής μπορεί να δει την λειτουργία του από την οπτική γωνία του χρήστη.

Hierarchy: Στο κομμάτι αυτό προβάλλονται όλα τα GameObjects της σκηνής οργανωμένα σε μορφή γονεϊκού συστήματος (parenting system). Μέσω αυτού του συστήματος, τα 'παιδιά' κληρονομούν τι ιδιότητες του 'γονέα'. Το παράθυρο λοιπόν του

Hierarchy προσφέρει έναν εύκολο και άμεσο τρόπο προβολής της οργανωτικής δομής των αντικειμένων της σκηνής αλλά και επιλογής του κάθε GameObject ξεχωριστά.

Inspector: Εδώ προβάλλονται αναλυτικά όλες οι απαραίτητες πληροφορίες για το GameObject που έχει επιλεγεί. Αυτό σημαίνει πως εδώ προβάλλονται τα Components που έχουν ανατεθεί στο κάθε GameObject δίνοντας την δυνατότητα στον χρήστη όχι μόνο να μεταβάλλει τις τιμές των μεταβλητών των Components, αλλά και να προσθαφαιρέσει τα Components που επιθυμεί.

Console: Η λειτουργία του Console Window αφορά τα διάφορα σφάλματα (errors), τις προειδοποιήσεις (warnings), και διάφορα μηνύματα της Unity. Χρησιμοποιείται για την διευκόλυνση της διαδικασίας του debugging. Αυτό σημαίνει ότι ο χρήστης μπορεί να τυπώσει μέσω του κώδικα και τα δικά του μηνύματα για την αποσφαλμάτωση, ώστε να επαληθεύσει την λειτουργία των διάφορων μεθόδων και scripts που χρησιμοποιεί.

Αρχικά, για την υλοποίηση της εφαρμογής, ήταν απαραίτητη η συλλογή φωτογραφικού υλικού 360° και πληροφοριών κειμένου για τα σημεία ενδιαφέροντος εντός του Κάστρου της Άρτας. Τη συλλογή των φωτογραφιών 360° ακολούθησε η επεξεργασία τους. Οι φωτογραφίες ενσωματώθηκαν σε σφαίρες (στοιχεία του Unity), τεχνική η οποία δίνει στο χρήστη την ψευδή εντύπωση του βάθους.

Οι σφαίρες αυτές τοποθετήθηκαν στο εικονικό περιβάλλον που δημιουργήθηκε στο Unity, προσφέροντας μια πιο ρεαλιστική εμπειρία για τον χρήστη, με τους ήχους να ακούγονται με περισσότερη ή λιγότερη ένταση ανάλογα με την απόσταση.

Εκτός από τη μηχανή παιχνιδιών Unity, το Oculus Quest 2 χρησιμοποιήθηκε τόσο για την ανάπτυξη της εφαρμογής όσο και για τις συνεχείς δοκιμές. Επίσης, για τον εμπλουτισμό της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκαν τόσο προκατασκευασμένα αντικείμενα μοντέλων όσο και μοντέλα που κατασκευάστηκαν με τη βοήθεια της εφαρμογής Blender.

Εξοπλισμός

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση της εφαρμογής παρουσιάζεται παρακάτω.

Υλικό

Oculus Quest 2

Το Oculus Quest είναι μια αυτόνομη συσκευή, πράγμα που σημαίνει ότι η συσκευή μπορεί να λειτουργήσει χωρίς να χρειάζεται μια άλλη συσκευή, όπως ένας υπολογιστής. Το Oculus είναι μια προσιτή λύση VR, αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι οι επιδόσεις της συσκευής είναι χαμηλές.



Εικόνα 4-1: Ακουστικά και χειριστήρια Oculus 2

Λογισμικό

Μηχανή παιχνιδιών Unity

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, για το σχεδιασμό της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε η εφαρμογή Unity.

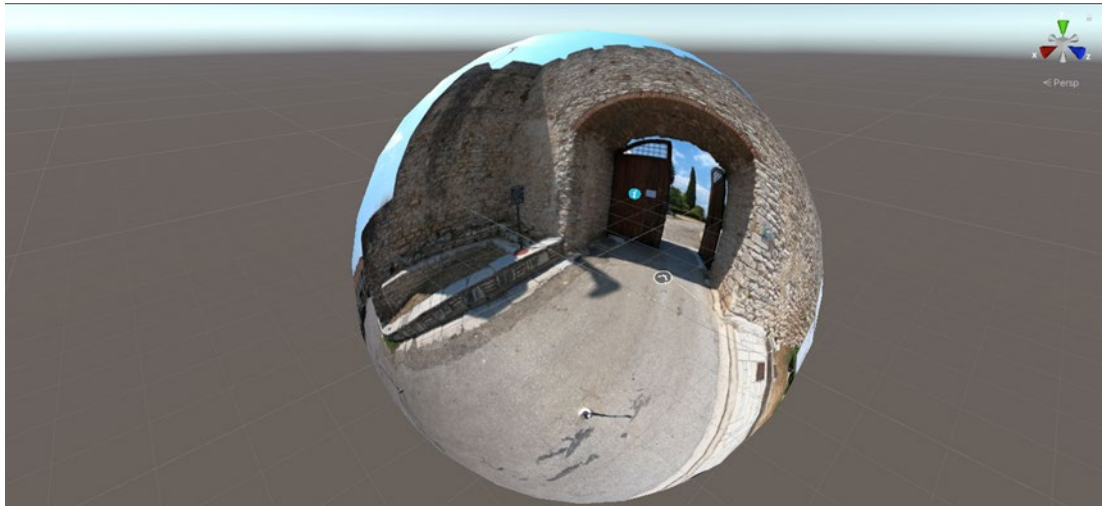


Εικόνα 4-2: Λογότυπο Unity

Αρχικά, για την υλοποίηση της εφαρμογής, δημιουργήθηκαν στο περιβάλλον του Unity οι σφαίρες στις οποίες μπορεί να κινείται εικονικά και να αλληλεπιδρά ο χρήστης. Οι σφαίρες έπρεπε να είναι ανεστραμμένες προς τα έξω για να εμφανίζονται σωστά οι φωτογραφίες 360° στο χρήστη. Αυτή η αντιστροφή των σφαιρών μπορεί να γίνει είτε μέσω των σεναρίων στο Unity, διαιρώντας τη σφαίρα σε τρίγωνα και αντιστρέφοντάς τα, είτε προσθέτοντας τις σφαίρες στο Blender, επιλέγοντας τις επιφάνειες και αντιστρέφοντάς τις χρησιμοποιώντας τα εργαλεία που παρέχονται μέσω της εφαρμογής.

4.2.Υλοποίηση εκπαιδευτικής VR εφαρμογής

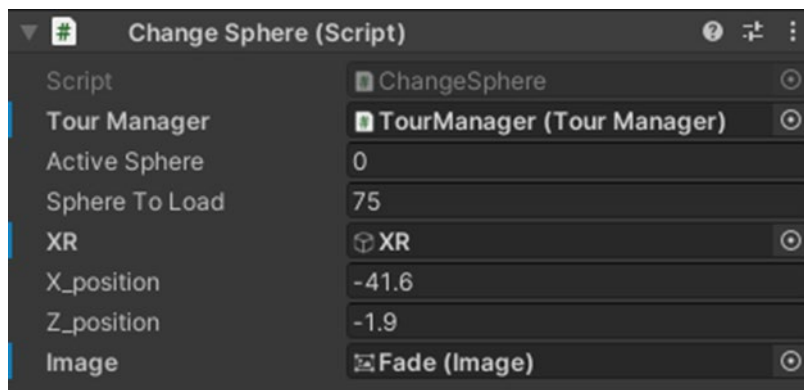
Για τη συγκεκριμένη εφαρμογή, χρησιμοποιήθηκαν προκατασκευασμένες σφαίρες, η καθεμία εκ των οποίων αναπαριστά ένα σημείο ενδιαφέροντος και τον περιβάλλοντα χώρο αυτού. Σε κάθε σφαίρα προστέθηκαν οι αντίστοιχες φωτογραφίες 360°.



Εικόνα 4-3: Η σφαίρα της Κύριας Πύλης όπως φαίνεται στο Unity

Μετά τη δημιουργία των σφαιρών, δημιουργήθηκε ένας τρόπος μετακίνησης μεταξύ τους, ο οποίος επιτρέπει στον χρήστη να μετακινείται στη σφαίρα της επιλογής του αφού πατήσει το αντίστοιχο κουμπί με το βέλος. Επιπλέον, δημιουργήθηκε ένα κουμπί, ώστε πατώντας το να εμφανίζονται στον χρήστη πληροφορίες για το εκάστοτε σημείο ενδιαφέροντος. Όταν πατηθεί το κουμπί με το βέλος, καλείται το σενάριο Change Sphere (Αλλαγή σφαίρας) (Εικόνα 4-4). Όταν εκτελείται το σενάριο, εκτελείται μια συνάρτηση που ονομάζεται fading in στην οποία η οθόνη (εικόνα fade) γίνεται αδιαφανής (μαύρη) για να μην προκαλεί ζάλη στον χρήστη κατά την αλλαγή θέσης της κάμερας. Μετά την εξασθένιση, καλείται ένα δεύτερο σενάριο, το οποίο χρησιμοποιεί τον δείκτη Active Sphere και Sphere To Load για να απενεργοποιήσει την πρώτη σφαίρα και να ενεργοποιήσει τη δεύτερη. Μετά την

ενεργοποίηση της σφαίρας καλείται η συνάρτηση Fading Out. Στη συνάρτηση αυτή, η μαύρη οθόνη που βλέπει ο χρήστης γίνεται σταδιακά διαφανής.



Εικόνα 4-4: Αλλαγή Sphere Component

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;
using UnityEngine.SceneManagement;

Unity Script (133 asset references) | 0 references
public class ChangeSphere : MonoBehaviour
{
    public TourManager tourManager;
    public int activeSphere;
    public int sphereToLoad;
    public GameObject XR;
    public float x_position;
    public float z_position;
    public Image image;

    0 references
    public void Load()
    {
        if (SceneManager.GetActiveScene() == SceneManager.GetSceneByName("CastleTourGame"))
        {
            StartCoroutine(FadingIn());
            tourManager.LoadSphere(activeSphere, sphereToLoad, image);
            ChangeScene.counter++;
            ChangeScene.Skipped = false;
        }
        else
        {
            StartCoroutine(FadingIn());
            tourManager.LoadSphere(activeSphere, sphereToLoad, image);
        }
    }

    2 references
    IEnumerator FadingIn()
    {
        image.color = new Color32(0, 0, 0, 255);
        if (SceneManager.GetActiveScene() == SceneManager.GetSceneByName("CastleTourGame"))
            XR.transform.position = new Vector3(x_position, XR.transform.position.y, z_position);
        else
            XR.transform.position = new Vector3(x_position + 3.5f, XR.transform.position.y, z_position - 1.5f);
        yield return new WaitForSeconds(0.5f);
    }
}

```

Εικόνα 4-5: Σενάριο Change Sphere


```
using UnityEngine;
using System.Collections;
using UnityEngine.UI;
Unity Script (2 asset references) | 1 reference
public class TourManager : MonoBehaviour
{
    public GameObject[] Spheres;

    2 references
    public void LoadSphere(int indexOfActiveSphere, int indexOfLoadingSphere, Image image)
    {
        Spheres[indexOfActiveSphere].SetActive(false);
        StartCoroutine(FadingOut(image));
        Spheres[indexOfLoadingSphere].SetActive(true);
    }

    1 reference
    IEnumerator FadingOut(Image image)
    {
        float j = 0.05f;
        for (int i = 0; i < 10; i++)
        {
            yield return new WaitForSeconds(0.1f);
            image.color = Color.Lerp(new Color32(0, 0, 0, 255), new Color32(0, 0, 0, 0), j);
            j++;
        }
    }

    /*IEnumerator FadingOut(Image image)
    {
        yield return new WaitForSeconds(1.0f);
        image.color = Color.Lerp(new Color32(0, 0, 0, 255), new Color32(0, 0, 0, 0), 1.0f);
    }*/ //old
}
```

Εικόνα 4-6: Σενάριο Tour Manager

Για να μην υπάρξει καθυστέρηση, περιμένοντας τον αφηγητή να τελειώσει και μετά να εμφανιστούν τα παιχνίδια, έπρεπε να εφαρμοστεί ένας μηχανισμός που θα διευκόλυνε την αποσφαλμάτωση και τον έλεγχο της εφαρμογής. Για το λόγο αυτό, δημιουργήθηκε ένα κουμπί για την παράκαμψη της αφήγησης. Ο χρήστης πρέπει να κρατάει πατημένο το αντίστοιχο κουμπί του joystick όταν εμφανίζεται μια μπάρα φόρτωσης. Όταν η μπάρα φορτώσει, η αφήγηση τελειώνει, η σελίδα του βιβλίου ξεκλειδώνει και εμφανίζεται το παιχνίδι.

```

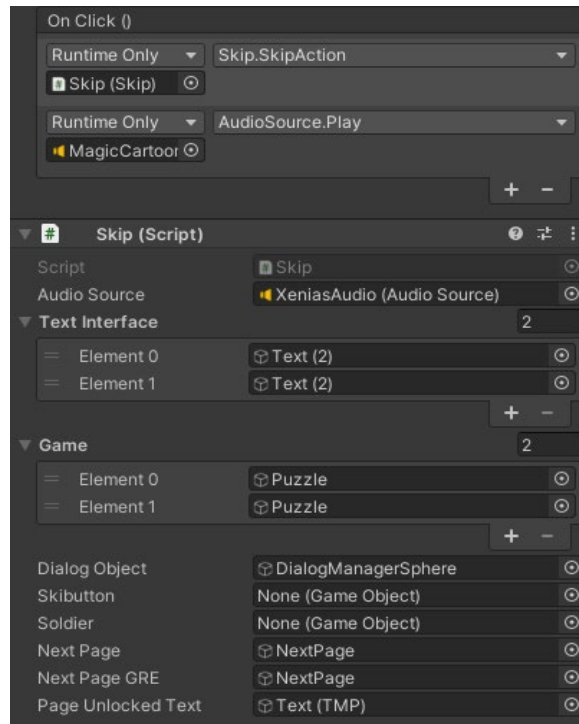
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;

Unity Script (2 asset references) | 1 reference
public class BarProgress : MonoBehaviour
{
    public Transform LoadingBar;
    public GameObject progressBar;
    [SerializeField] public float currentAmount=0;
    [SerializeField] private float speed=2;
    public GameObject wholeProgressObject;
    // Start is called before the first frame update

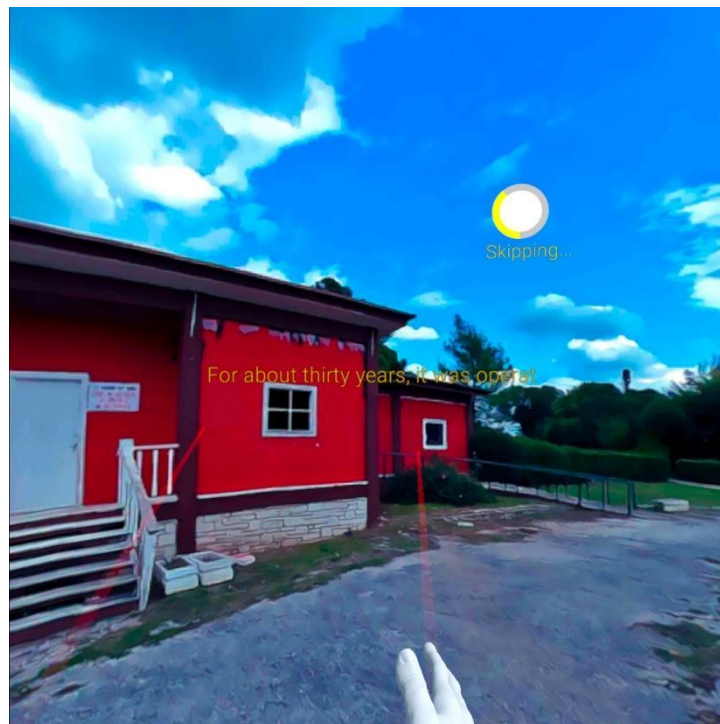
    // Update is called once per frame
    Unity Message | 0 references
    void Update()
    {
        if (ChangeScene.Skipped == false /*&& Dialog.Finished == false*/)
        {
            wholeProgressObject.SetActive(true);
            if (ChangeScene.counter != 1)
            {
                if (Input.GetKey(KeyCode.JoystickButton1))
                {
                    progressBar.SetActive(true);
                    if (currentAmount < 100)
                    {
                        currentAmount += speed * Time.deltaTime;
                    }
                    LoadingBar.GetComponent<Image>().fillAmount = currentAmount / 100;
                }
                else if (Input.GetKeyUp(KeyCode.JoystickButton1))
                {
                    progressBar.SetActive(false);
                    currentAmount = 0;
                    LoadingBar.GetComponent<Image>().fillAmount = currentAmount / 100;
                }
            }
        }
        else
        {
            wholeProgressObject.SetActive(false);
        }
    }
}

```

Εικόνα 4-7: Σενάριο Loading Bar Progress



Εικόνα 4-8: Skip Button Component



Εικόνα 4-9: Παράδειγμα παράλειψης



Εικόνα 4-10: Οικόσημο και τρισδιάστατο μοντέλο ιππότη στο Unity

Κάστρο της Άρτας

Τα σημεία ενδιαφέροντος του Κάστρου είναι τα παρακάτω:

- Κύρια πύλη
- Το παλάτι των Δεσποτών
- Η Βόρεια πύλη
- Το παρεκκλήσι των Αγίων Πάντων
- Ξενία
- Η Ακρόπολη του Κάστρου

Επιλογή γλώσσας

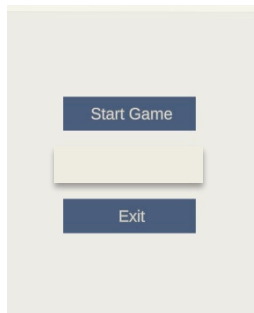
Κατά την εκκίνηση της εφαρμογής, ο χρήστης επιλέγει τη γλώσσα που επιθυμεί πατώντας το αντίστοιχο κουμπί. Αυτή η επιλογή καθορίζει τη γλώσσα του ήχου και του κειμένου της εφαρμογής.



Εικόνα 4-11: Επιλογή γλώσσας

Κύριο μενού

Στη συνέχεια, ο χρήστης οδηγείται στο κύριο μενού της εφαρμογής.



Εικόνα 4-12: Κύριο μενού

Οδηγός εκμάθησης

Ο χρήστης οδηγείται στον οδηγό εκμάθησης, μια σκηνή στην οποία λαμβάνει οδηγίες για τον τρόπο λειτουργίας των χειριστηρίων.



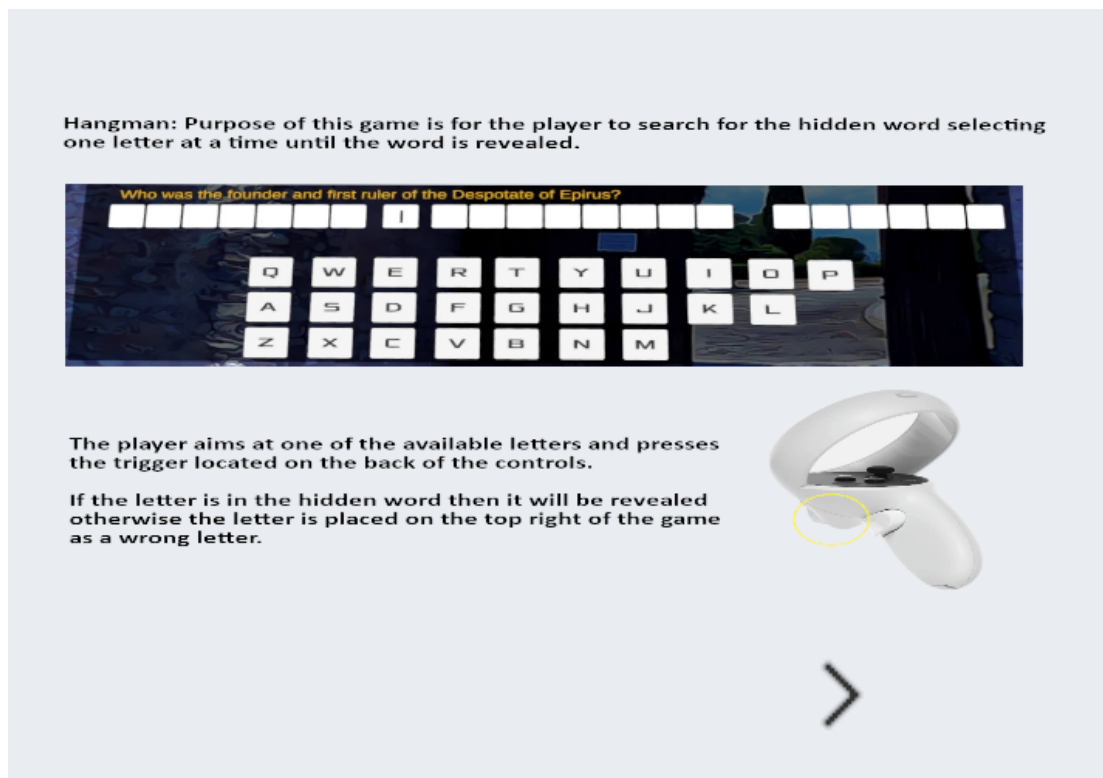
Εικόνα 4-13: Οδηγός εκμάθησης

Ο χρήστης πρέπει να ακολουθήσει τις οδηγίες του χειριστηρίου για να εμφανιστεί το κουμπί που οδηγεί στο παιχνίδι.

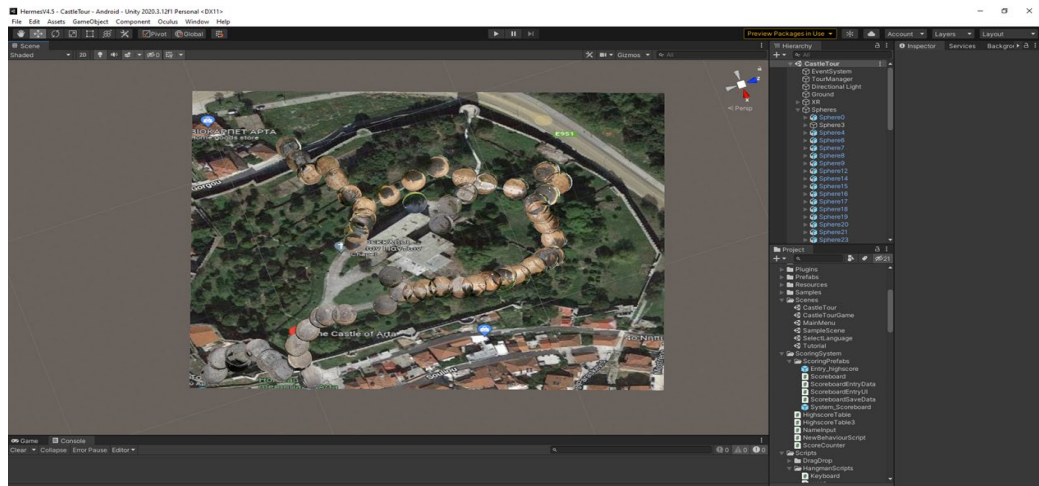


Εικόνα 4-14: Κουμπί που εμφανίζεται στον τελευταίο πίνακα οδηγιών

Ο οδηγός εκμάθησης εκτός από τις οδηγίες του χειριστηρίου περιλαμβάνει και έναν άλλο πίνακα που δείχνει πρόσθετες πληροφορίες και οδηγίες για τα παιχνίδια.



Εικόνα 4-15: Πληροφορίες και οδηγίες για το παιχνίδι



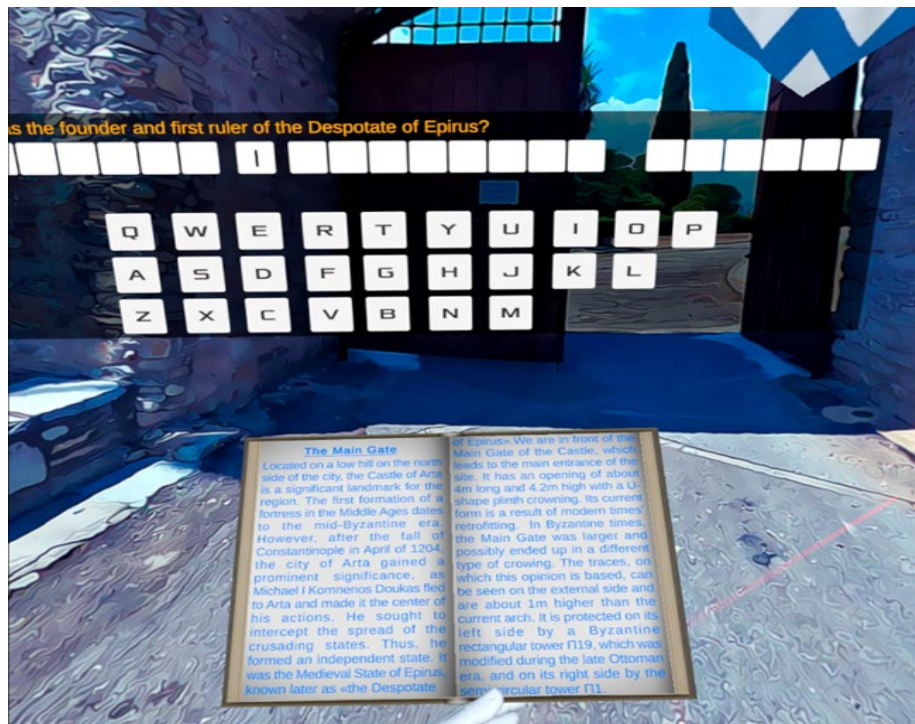
Εικόνα 4-16: Οι σφαίρες του Κάστρου στην εφαρμογή Unity

Η παιχνιδιοποίηση είναι η χρήση στοιχείων και αρχών σχεδιασμού παιχνιδιών σε ένα περιβάλλον που δεν είναι παιχνίδι (Buckley & Doyle, 2016). Παρόμοια με τα παιχνίδια, οι στόχοι ανταμείβουν τους παίκτες και προάγουν την εμπλοκή των χρηστών, όπως η συλλογή πόντων, ο ανταγωνισμός με άλλους χρήστες ή η ολοκλήρωση εργασιών για την προώθηση στην επόμενη περιοχή. Η παιχνιδιοποίηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην εκπαίδευση, καθώς προσελκύει το ενδιαφέρον των νέων, με στόχο την ευχάριστη και διασκεδαστική μετάδοση της γνώσης (Alsawaier, 2018).

Στην εφαρμογή υπάρχουν έξι σφαίρες και έχουν επεξεργαστεί ώστε να μοιάζουν περισσότερο με παιχνίδι. Ο χρήστης ξεκινά από την κύρια πύλη, όπου μαθαίνει πληροφορίες από τον αφηγητή για το σημείο ενδιαφέροντος. Ταυτόχρονα με την αφήγηση, εμφανίζεται ένας διάλογος που ακολουθεί το οπτικό πεδίο του χρήστη. Στο τέλος της αφήγησης μια ηχητική ειδοποίηση ενημερώνει τον χρήστη ότι έχει ξεκλειδωθεί μια νέα σελίδα στο βιβλίο. Το βιβλίο περιέχει τις σελίδες όλων των αφηγήσεων για τον χρήστη. Στην κεντρική πύλη ο χρήστης παίζει το παιχνίδι της κρεμάλας, στο οποίο πρέπει να βρει τη σωστή απάντηση στην ερώτηση. Η απάντηση σχετίζεται με το προηγούμενο κείμενο και το βιβλίο που περιέχει το κείμενο, το οποίο βοηθάει τον χρήστη να απαντήσει στην ερώτηση. Μετά την ολοκλήρωση του παιχνιδιού, αυτό εξαφανίζεται και εμφανίζεται ένα βέλος που οδηγεί στην επόμενη σφαίρα.



Εικόνα 4-17: Κύρια Πύλη



Εικόνα 4-18: Παιχνίδι κρεμάλας στην Κύρια Πύλη

Στο Ξενία, μετά την αφήγηση, εμφανίζεται ένα παζλ με μια παλιά φωτογραφία του σημείου. Ο χρήστης πρέπει να μετακινήσει τα κομμάτια στη σωστή θέση για να συμπληρώσει

την εικόνα. Αν ο χρήστης δεν μπορεί να λύσει το παζλ, έχει τη δυνατότητα να πατήσει ένα κουμπί που υπάρχει στο πάνω αριστερό μέρος του παζλ το οποίο ανακατεύει ξανά τα κομμάτια. Μετά τη συμπλήρωση του παζλ, το βέλος οδηγεί τον χρήστη στο παλάτι των Δεσποτών.



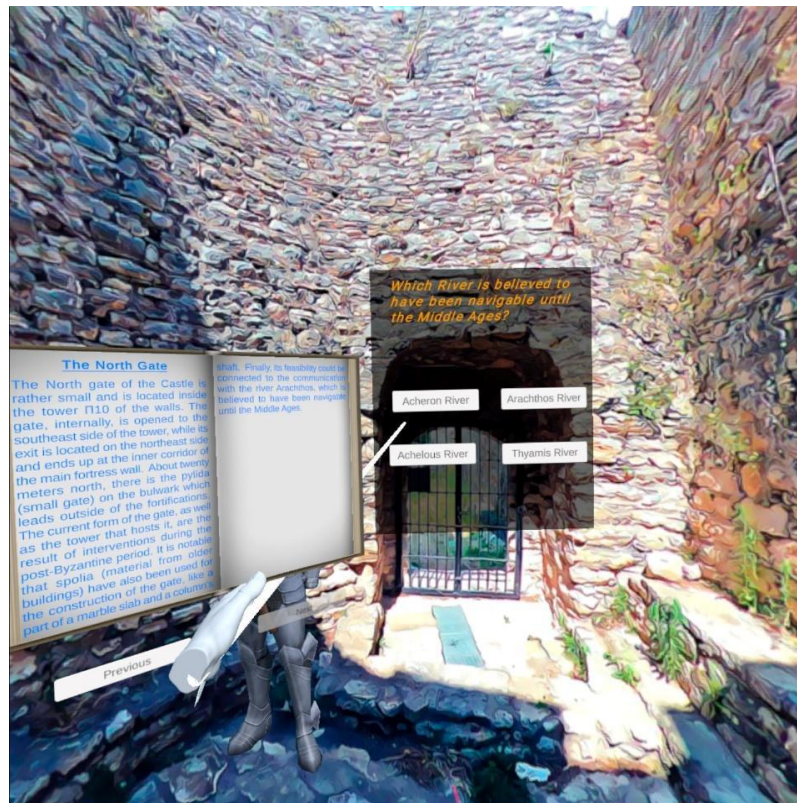
Εικόνα 4-19: Παιχνίδι παζλ στο Ξενία

Στο παλάτι των Δεσποτών δεν υπάρχει παιχνίδι στο τέλος της αφήγησης. Αντ' αυτού, ο χρήστης μπορεί να αλληλοεπιδράσει με 3 ιπότες (τρισδιάστατα μοντέλα). Κάθε ιπότης εκπροσωπεί μία από τις οικογένειες που κυβερνούσαν το Κάστρο της Άρτας, και πατώντας πάνω σε καθένα από τα τρία τρισδιάστατα μοντέλα, ο χρήστης μπορεί να ακούσει τις ιστορίες των οικογενειών.



Εικόνα 4-20: Το Παλάτι των Δεσποτών

Στην επόμενη σφαίρα ο χρήστης βρίσκεται στη Βόρεια Πύλη. Μετά το τέλος της αφήγησης, ο χρήστης πρέπει να απαντήσει σε μια ερώτηση πολλαπλής επιλογής σχετικά με τη Βόρεια Πύλη. Αφού απαντήσει επιτυχώς, ο χρήστης μπορεί να μεταβεί στην επόμενη σφαίρα, στην οποία έχει τοποθετηθεί το παρεκκλήσι των Αγίων Πάντων.



Εικόνα 4-21: Παιχνίδι πολλαπλών επιλογών στην Βόρεια Πύλη



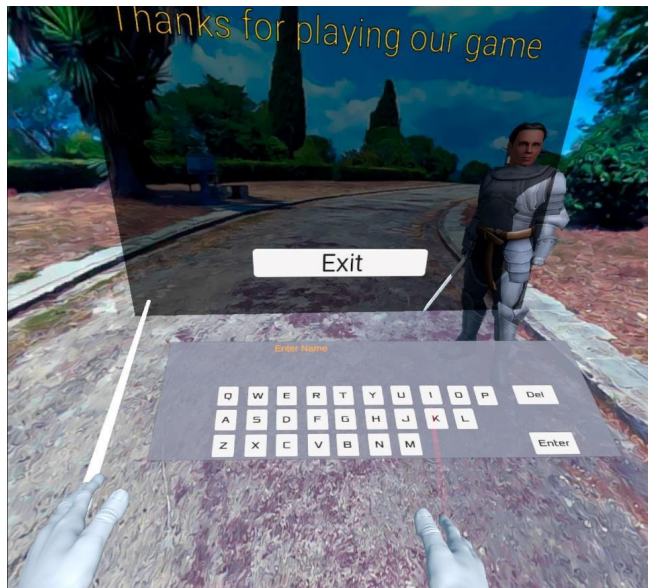
Εικόνα 4-22: Στην Βόρεια Πύλη μετά την ολοκλήρωση του παιχνιδιού

Στο παρεκκλήσι των Αγίων Πάντων, ο χρήστης πρέπει να σύρει τρεις εικόνες και να τις αντιστοιχίσει με ημερομηνίες. Αφού τις ταιριάξει, ο χρήστης πατάει το κουμπί που βρίσκεται πάνω αριστερά για να επιβεβαιώσει ότι όλα είναι σωστά. Εάν οι επιλογές είναι σωστές, ο χρήστης μπορεί να προχωρήσει στην τελική σφαίρα.

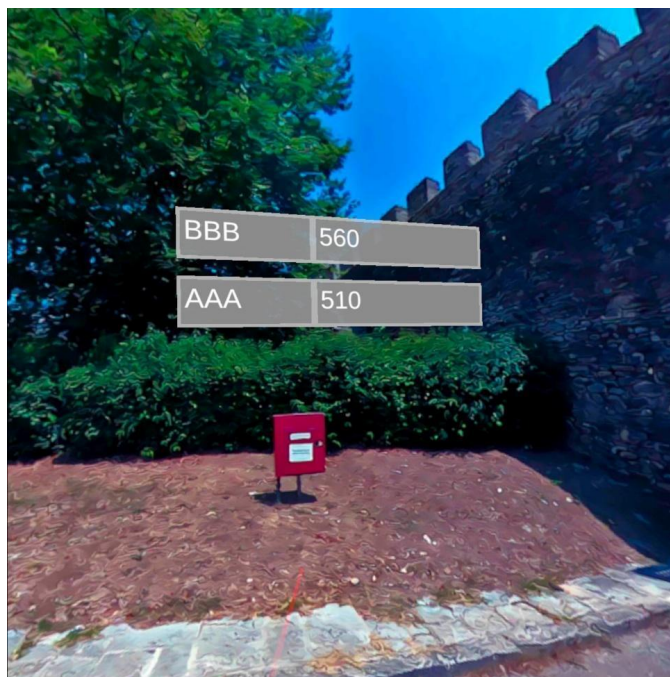


Εικόνα 4-23: Παρεκκλήσι των Αγίων Πάντων-mini game

Στην τελική σφαίρα ο χρήστης βρίσκεται έξω από την Ακρόπολη του Κάστρου. Εδώ, ο χρήστης πρέπει να σύρει και να αποθέσει τα σημεία ενδιαφέροντος στις αντίστοιχες φωτογραφίες. Αφού τα ταιριάξει όλα σωστά, εμφανίζεται ένα μήνυμα για τον χρήστη που έπαιξε το παιχνίδι. Επιπλέον, ο χρήστης μπορεί να πληκτρολογήσει το όνομά του ώστε να εισαχθεί στον πίνακα αποτελεσμάτων υψηλότερης βαθμολογίας. Οι πέντε παίκτες με την υψηλότερη βαθμολογία εμφανίζονται τόσο στην πρώτη όσο και στην τελευταία σφαίρα.



Εικόνα 4-24: Σκηνή τέλους έξω από την Ακρόπολη του Κάστρου



Εικόνα 4-25: Πίνακας υψηλότερων βαθμολογιών

5. Ανάλυση δεδομένων

Στην Ενότητα 3.3.1 παρουσιάστηκαν αναλυτικά οι ερωτήσεις που απαρτίζουν τόσο το προκαταρκτικό, όσο και το συμπερασματικό ερωτηματολόγιο. Οι ερωτήσεις μεμονωμένα αποτελούν τα στοιχεία (items) του ερωτηματολογίου, ενώ ομάδες εννοιολογικά ομοειδών ερωτήσεων αποτελούν τις εννοιολογικές κατασκευές (constructs).

Η ομαδοποίηση των ερωτήσεων σε εννοιολογικές κατασκευές εξυπηρετεί διάφορους σκοπούς (Rickards et al., 2012). Πρώτον, βοηθά στη δημιουργία μιας οργανωτικής δομής που φέρει τάξη και συνοχή στο ερωτηματολόγιο. Με την ομαδοποίηση συναφών ερωτήσεων, η ροή και το πλαίσιο της έρευνας γίνονται πιο κατανοητά για τους ερωτώμενους. Δεύτερον, ενισχύει την εννοιολογική σαφήνεια. Οι εννοιολογικές κατασκευές αντιπροσωπεύουν υποκείμενες έννοιες ή μεταβλητές που οι ερευνητές στοχεύουν να μετρήσουν. Με την οργάνωση των ερωτήσεων σε συγκεκριμένες δομές, κάθε δομή εστιάζει σε μια ξεχωριστή πτυχή του θέματος της έρευνας. Αυτό εξασφαλίζει ότι το ερωτηματολόγιο καλύπτει όλες τις σχετικές διαστάσεις του ερευνητικού πεδίου και διατηρεί την εννοιολογική σαφήνεια. Ένα άλλο πλεονέκτημα αποτελεί η βελτιωμένη αποτελεσματικότητα του ερωτηματολογίου. Η ομαδοποίηση των ερωτήσεων επιτρέπει στους ερευνητές να ελαχιστοποιήσουν τον πλεονασμό και να αποφύγουν τις επαναλαμβανόμενες ερωτήσεις. Με την εξάλειψη παρόμοιων ερωτήσεων, το ερωτηματολόγιο γίνεται πιο συνοπτικό, αποτρέποντας την κόπωση των ερωτηθέντων και αυξάνοντας την πιθανότητα λήψης ακριβών και αξιόπιστων δεδομένων. Η ομαδοποίηση διευκολύνει επίσης την αποτελεσματική στατιστική ανάλυση των συλλεχθέντων δεδομένων. Η συγκέντρωση των απαντήσεων για κάθε εννοιολογική κατασκευή επιτρέπει στους ερευνητές να αντλήσουν σημαντικές πληροφορίες και να εξαγάγουν συμπεράσματα σχετικά με συγκεκριμένες πτυχές του ερευνητικού θέματος. Οι στατιστικές τεχνικές μπορούν να εφαρμοστούν πιο αποτελεσματικά όταν οι εννοιολογικές κατασκευές ομαδοποιούνται κατάλληλα. Επιπλέον, η ομαδοποίηση επιτρέπει τη συγκριτική ανάλυση μεταξύ των εννοιολογικών κατασκευών. Οι ερευνητές μπορούν να εξετάσουν τις μεταξύ τους σχέσεις, να διερευνήσουν τα μοτίβα και να εντοπίσουν συσχετίσεις ή διαφορές. Αυτή η συγκριτική ανάλυση συμβάλλει στη βαθύτερη κατανόηση του ερευνητικού θέματος και των υποκείμενων δομών του. Συνοπτικά, η ομαδοποίηση των ερωτήσεων σε εννοιολογικές κατασκευές βελτιώνει την οργάνωση, τη σαφήνεια, την αποτελεσματικότητα, την ανάλυση και την ερμηνεία των ερευνητικών δεδομένων. Με τη διάρθρωση του ερωτηματολογίου με αυτόν τον τρόπο, οι

ερευνητές μπορούν να αποκτήσουν πιο αξιόπιστα ευρήματα και εμπάθυνση σε γνώσεις που συμβάλλουν στους συνολικούς στόχους της έρευνας (Brace, 2018).

Η κλίμακα βαθμονόμησης των απαντήσεων που υιοθετήθηκε είναι η ευρέως χρησιμοποιούμενη στο πεδίο των ερευνών κλίμακα αξιολόγησης Likert (Likert, 1932), η οποία μετρά τις στάσεις, τις απόψεις και τις αντιλήψεις των ερωτηθέντων. Αποτελείται από μια σειρά δηλώσεων ή στοιχείων και οι ερωτηθέντες καλούνται να δηλώσουν το επίπεδο συμφωνίας ή διαφωνίας τους με κάθε δήλωση/στοιχείο σε μια κλίμακα που κυμαίνεται συνήθως από "συμφωνώ απόλυτα" έως "διαφωνώ απόλυτα". Η κλίμακα Likert επιτρέπει στους ερωτηθέντες να εκφράσουν το βαθμό συμφωνίας ή διαφωνίας τους, παρέχοντας ένα ποσοτικό μέτρο των στάσεων ή των απόψεών τους. Η κλίμακα Likert χρησιμοποιείται ευρέως για διάφορους λόγους:

- **Ποσοτική μέτρηση των στάσεων:** Η κλίμακα Likert παρέχει έναν δομημένο και τυποποιημένο τρόπο για τη μέτρηση στάσεων ή απόψεων. Χρησιμοποιώντας μια προκαθορισμένη κλίμακα, οι ερευνητές μπορούν να ποσοτικοποιήσουν τις αντιλήψεις και τις στάσεις των ερωτηθέντων για διάφορα θέματα.
- **Ευκολία διαχείρισης:** Τα στοιχεία της κλίμακας Likert είναι σχετικά εύκολο να κατανοηθούν και να απαντηθούν, καθιστώντας τα φιλικά προς το χρήστη για τους ερωτώμενους της έρευνας. Η κλίμακα παρουσιάζει μια σαφή και απλή μορφή, απαιτώντας από τους ερωτηθέντες να επιλέξουν μια μόνο επιλογή απάντησης που αντιπροσωπεύει καλύτερα την άποψή τους.
- **Στατιστική ανάλυση:** Η κλίμακα Likert παρέχει ταξινομημένα δεδομένα, τα οποία επιτρέπουν ποικίλες στατιστικές αναλύσεις. Οι ερευνητές μπορούν να αναλύσουν τα αποτελέσματα, να εξετάσουν τις υποκείμενες σχέσεις και να κάνουν συγκρίσεις.
- **Συγκρισιμότητα και τυποποίηση:** Η κλίμακα Likert επιτρέπει στους ερευνητές να συγκρίνουν τις απαντήσεις μεταξύ διαφορετικών ερωτηθέντων ή ομάδων, διευκολύνοντας την τυποποιημένη συλλογή και ανάλυση δεδομένων.
- **Ευελιξία και προσαρμοστικότητα:** Η κλίμακα Likert μπορεί να τροποποιηθεί και να προσαρμοστεί ώστε να ταιριάζει σε διαφορετικά ερευνητικά πλαίσια και σκοπούς. Οι ερευνητές μπορούν να προσαρμόσουν τον αριθμό των επιλογών απάντησης, τη διατύπωση των δηλώσεων και τις αγκυρώσεις της κλίμακας ώστε να ανταποκρίνονται στις συγκεκριμένες ανάγκες τους, διατηρώντας παράλληλα τη θεμελιώδη δομή της κλίμακας Likert.

Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκε η 5-βάθμια κλίμακα Likert που αποτελεί μια ευρέως χρησιμοποιούμενη παραλλαγή της κλίμακας Likert που αποτελείται από πέντε επιλογές απάντησης που κυμαίνονται από "συμφωνώ απόλυτα" έως "διαφωνώ απόλυτα" ή από "πολύ ικανοποιημένος" έως "πολύ δυσαρεστημένος". Η μεσαία τιμή (δηλαδή, το 3) υποδηλώνει την ουδετερότητα. Η 5-βάθμια κλίμακα Likert επιτυγχάνει μια ισορροπία μεταξύ της παροχής αρκετών επιλογών απάντησης για την αποτύπωση των τάσεων στις στάσεις ή τις απόψεις των ερωτηθέντων, διατηρώντας παράλληλα την απλότητα και την ευκολία κατανόησης. Η κλίμακα αυτή χρησιμοποιείται ευρέως στην έρευνα λόγω της απλής μορφής της και της δυνατότητας ανάλυσης των δεδομένων με τη χρήση στατιστικών μεθόδων κατάλληλων για ταξινομημένα δεδομένα.

Ο αναγνώστης μπορεί να παρατηρήσει στον Πίνακα 3-2 ότι ορισμένες ερωτήσεις φέρουν αστερίσκο (*) δίπλα στην αρίθμησή τους. Αυτές είναι οι αρνητικά ή αντίστροφα διατυπωμένες ερωτήσεις και αποτελούν στοιχεία της έρευνας που είναι διατυπωμένα με τρόπο που απαιτεί από τους ερωτηθέντες να δώσουν μια αντίθετη ή αντίστροφη απάντηση σε σύγκριση με τα άλλα στοιχεία του ερωτηματολογίου. Για παράδειγμα, εάν μια κανονική ερώτηση ζητά συμφωνία, μια ερώτηση με αντίστροφη διατύπωση θα ζητούσε διαφωνία. Σκοπός της χρήσης αυτών των ερωτήσεων είναι ο έλεγχος της μεροληψίας των απαντήσεων και η αύξηση της εγκυρότητας των δεδομένων της έρευνας. Ακολουθούν μερικοί λόγοι για τους οποίους χρησιμοποιείται η αντίστροφη διατύπωση:

- **Ελαχιστοποίηση της μεροληψίας:** Οι ερωτηθέντες ενδέχεται να αναπτύξουν μοτίβα απαντήσεων ή προκαταλήψεις όπου τείνουν να συμφωνούν ή να διαφωνούν με όλα τα στοιχεία χωρίς να εξετάζουν το περιεχόμενό τους. Συμπεριλαμβάνοντας ερωτήσεις με αντίστροφη διατύπωση, οι ερευνητές εισάγουν διαφοροποιήσεις και διαταράσσουν τα σύνολα απαντήσεων, αναγκάζοντας τους ερωτηθέντες να δώσουν μεγαλύτερη προσοχή στις δηλώσεις και να σκεφτούν πιο κριτικά τις απαντήσεις τους.
- **Ενίσχυση της εγκυρότητας της μέτρησης:** Η αντίστροφη διατύπωση επιτρέπει στους ερευνητές να καταγράφουν τις αποχρώσεις και τη μεταβλητότητα των στάσεων ή των απόψεων των ερωτηθέντων. Παρουσιάζοντας τις δηλώσεις τόσο σε θετική όσο και σε αρνητική μορφή, οι ερευνητές μπορούν να μετρήσουν με μεγαλύτερη ακρίβεια το εύρος και το βάθος των πεποιθήσεων των ερωτηθέντων, εξασφαλίζοντας μια πιο ολοκληρωμένη αξιολόγηση της μετρούμενης κατασκευής.

- **Ανίχνευση της απροσεξίας των απαντήσεων:** Οι ερωτήσεις με αντίστροφη διατύπωση μπορούν να βοηθήσουν στον εντοπισμό των ερωτηθέντων που δεν δίνουν προσοχή ή απαντούν απρόσεκτα. Εάν οι ερωτηθέντες δίνουν σταθερά την ίδια απάντηση (π.χ., συμφωνώ) τόσο στις κανονικές όσο και στις αντίστροφα κωδικοποιημένες ερωτήσεις, αυτό μπορεί να υποδηλώνει έλλειψη δέσμευσης ή έλλειψη προσπάθειας για την απάντηση στην έρευνα.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι όταν χρησιμοποιούνται ερωτήσεις με αντίστροφη διατύπωση, οι σαφείς οδηγίες και η προσεκτική διατύπωση είναι ζωτικής σημασίας για την αποφυγή σύγχυσης μεταξύ των ερωτηθέντων. Επιπλέον, η κατάλληλη επανακωδικοποίηση των δεδομένων είναι απαραίτητη κατά την ανάλυση, ώστε να διασφαλιστεί ότι οι απαντήσεις ευθυγραμμίζονται με την επιδιωκόμενη κατεύθυνση της μετρούμενης εννοιολογικής κατασκευής.

Γι' αυτό το λόγο, οι βαθμολογίες των αρνητικά διατυπωμένων ερωτήσεων αντιστράφηκαν, ώστε να συνάδουν με την κατεύθυνση της εννοιολογικής κατασκευής στην οποία ανήκουν. Συνεπώς, οι απαντήσεις που υποδηλώνουν απόλυτη διαφωνία αντιστράφηκαν σε απόλυτη συμφωνία, και αντιστρόφως (δηλαδή, το 1 γίνεται 5, και το 5 γίνεται 1 αντίστοιχα). Ουσιαστικά, για 5-βάθμια κλίμακα Likert, αφαιρούμε από το 6 την τιμή της απάντησης. Πλέον, η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιείται στις απαντήσεις μετά την αντιστροφή.

Για λόγους συνοχής, παραθέτουμε τον Πίνακα 5-1 που παρουσιάζουν συγκεντρωτικά τις εννοιολογικές κατασκευές και το πλήθος των ερωτήσεων που τις απαρτίζουν, τόσο για το προκαταρκτικό, όσο και για το συμπερασματικό ερωτηματολόγιο.

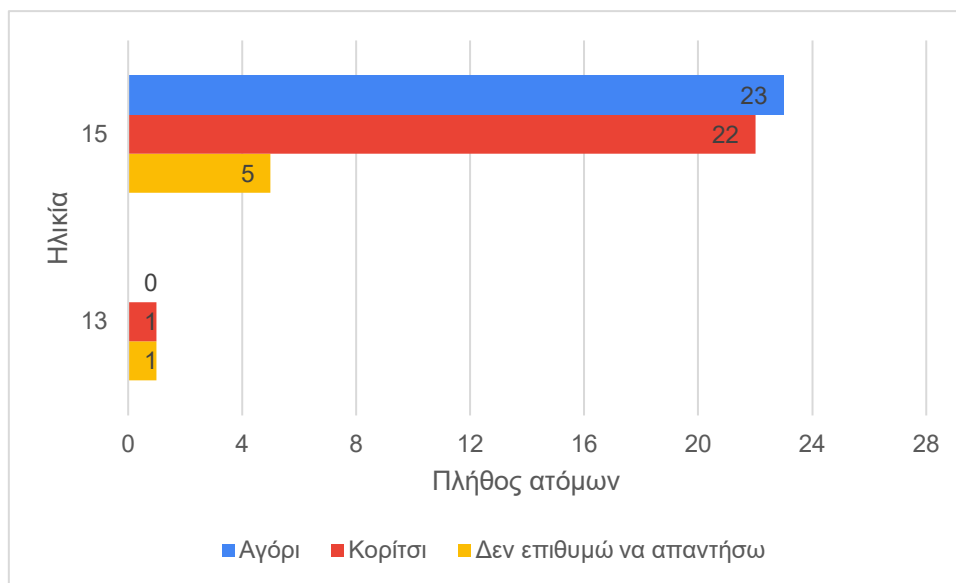
Πίνακας 5-1

Προκαταρκτικό	Συμπερασματικό
C1. Ικανοποίηση (7)	C1'. Παρουσία (4)
C2. Άγχος (6)	C2'. Απόλαυση (6)
C3. Προθυμία (2)	C3'. Αντιλαμβανόμενη μαθησιακή αποτελεσματικότητα (6)
	C4'. Αντιλαμβανόμενος ρεαλισμός (4)
	C5'. Αντιλαμβανόμενη επάρκεια του μαθησιακού υλικού (3)

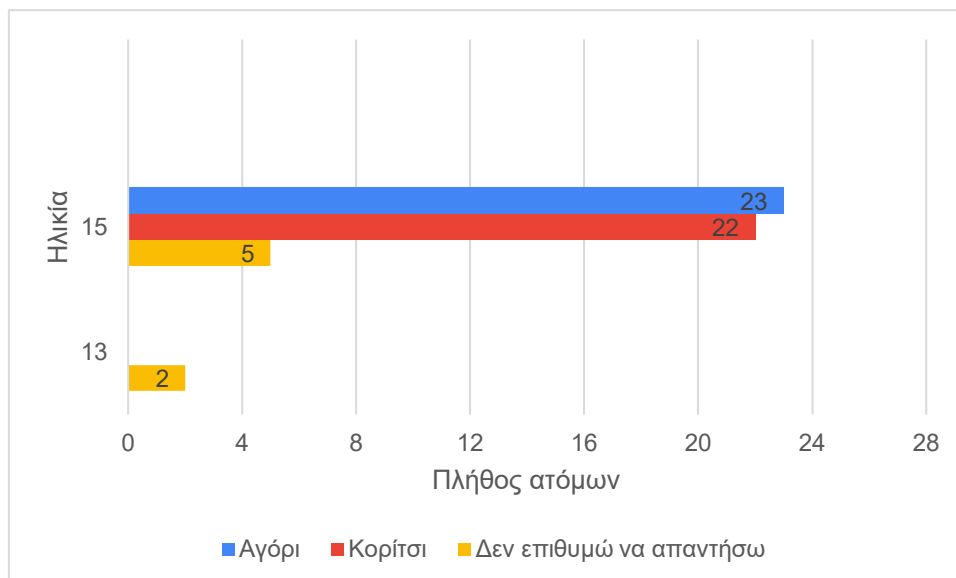
	C6'. Αντιλαμβανόμενη ευκολία χρήσης (6)
	C7'. Κίνητρα (3)

5.1.Δημογραφικά στοιχεία του δείγματος

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, συνολικά συμμετείχαν στην εκπαιδευτική παρέμβαση και κατ' επέκταση στην απάντηση των ερωτηματολογίων 52 άτομα συνολικά. Η κατανομή ανάλογα με το φύλο που δήλωσαν αποτυπώνεται στα γραφήματα των Εικόνα 5-1 και Εικόνα 5-2 (αφορά τις απαντήσεις που έδωσαν στο προκαταρκτικό και συμπερασματικό ερωτηματολόγιο αντίστοιχα). Η μόνη διαφοροποίηση μεταξύ αυτών έχει να κάνει με την αλλαγή μιας απάντησης από «Κορίτσι» σε «Δεν επιθυμώ να απαντήσω». Σε κάθε περίπτωση, για τους σκοπούς της έρευνάς μας, κρίνεται αρκετά θετικό το γεγονός της σχεδόν ισόποσης εκπροσώπησης των δύο φύλων.



Εικόνα 5-1 Κατανομή ανά φύλο-Προκαταρκτικό ερωτηματολόγιο



Εικόνα 5-2 Κατανομή ανά φύλο-Συμπερασματικό Ερωτηματολόγιο

Θέτουμε τα παρακάτω ερευνητικά ερωτήματα, τα οποία και θα απαντήσουμε διενεργώντας στατιστική ανάλυση.

5.2.Ερευνητικά ερωτήματα

Ερευνητικό ερώτημα 1: *Υπάρχει σημαντική σχέση μεταξύ της προηγούμενης εμπειρίας των συμμετεχόντων με την εκπαιδευτική Εικονική Πραγματικότητα και της μαθησιακής τους εμπειρίας;*

Ερευνητικό ερώτημα 2: *Υπάρχουν σημαντικές διαφορές στην αντιλαμβανόμενη εμπειρία με βάση το φύλο των μαθητών;*

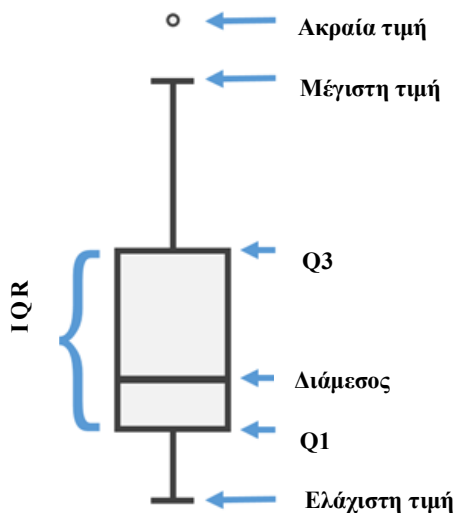
Ωστόσο, προτού προχωρήσουμε στην ανάλυση, θα πρέπει να διασφαλίσουμε την αξιοπιστία του δείγματός μας, ώστε τα ερευνητικά συμπεράσματα να έχουν νόημα.

5.3.Ανάλυση δεδομένων

Παρατηρούμε αρχικά ότι δεν υπάρχουν κενές τιμές. Περαιτέρω, για τον έλεγχο ύπαρξης ακραίων τιμών θα εξάγουμε τα boxplots για κάθε construct.

Το boxplot είναι μια γραφική αναπαράσταση ενός συνόλου δεδομένων που εμφανίζει τα συνοπτικά στατιστικά στοιχεία και την κατανομή των δεδομένων (Εικόνα 5-3). Παρέχει μια οπτική σύνοψη της κεντρικής τάσης, της μεταβλητότητας και της λοξότητας των δεδομένων. Ένα τυπικό boxplot αποτελείται από ένα ορθογώνιο κουτί και δύο whiskers («μουστάκια») που

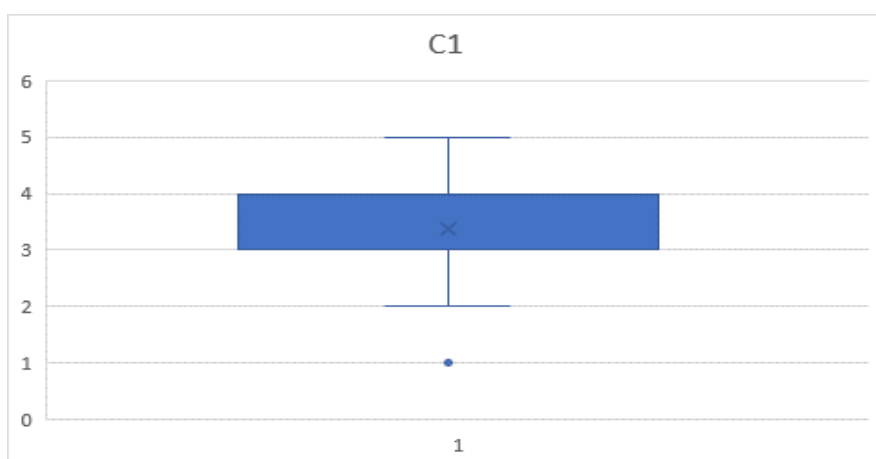
εκτείνονται πέρα από αυτό. Το ορθογώνιο πλαίσιο αντιπροσωπεύει το ενδοτεταρτημοριακό εύρος (IQR), το οποίο είναι το εύρος μεταξύ του 25^{ου} εκατοστημορίου (Q1) και του 75^{ου} εκατοστημορίου (Q3) των δεδομένων. Η γραμμή μέσα στο πλαίσιο αντιπροσωπεύει τη διάμεσο (Q2), η οποία χωρίζει τα δεδομένα σε δύο ίσα μισά. Τα whiskers εκτείνονται από το πλαίσιο και συνήθως αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη και τη μέγιστη τιμή εντός ενός συγκεκριμένου εύρους. Συνήθως αντιπροσωπεύουν τις ελάχιστες και μέγιστες τιμές εντός του πεδίου τιμών με μέγιστο 1,5 φορές το IQR. Τα boxplots επίσης απεικονίζουν τις ακραίες τιμές, οι οποίες είναι μεμονωμένα σημεία δεδομένων που βρίσκονται εκτός των whiskers. Οι ακραίες τιμές απεικονίζονται συνήθως ως μεμονωμένα σημεία ή αστερίσκοι, υποδεικνύοντας τιμές που αποκλίνουν σημαντικά από τα υπόλοιπα δεδομένα. Τα boxplots είναι χρήσιμα για τη γρήγορη απεικόνιση της διασποράς και της κατανομής ενός συνόλου δεδομένων, τον εντοπισμό πιθανών ακραίων τιμών και τη διενέργεια συγκρίσεων μεταξύ διαφορετικών ομάδων ή κατηγοριών. Παρέχουν μια συνοπτική περίληψη των στατιστικών ιδιοτήτων των δεδομένων.



Εικόνα 5-3 Boxplot

Με την βοήθεια του MS Excel εξήχθησαν τα boxplots για κάθε κατασκευή. Παρατηρούμε ότι μόνο στην εννοιολογική κατασκευή C1 του προκαταρκτικού ερωτηματολογίου υπάρχουν ακραίες τιμές (τιμή = 1) (Εικόνα 5-4). Συνεπώς, θα

αντικαταστήσουμε όλες τις βαθμολογίες που εμφανίζουν “1” με την τιμή “2” που είναι η πιο κοντινή τιμή από το εύρος των επιτρεπόμενων. Η τεχνική αυτή καλείται winsorising (Adams et al., 2018). Με αυτό τον τρόπο, αποφεύγουμε την διαγραφή και άρα απώλεια στοιχείων του δείγματος, λαμβάνοντας υπόψιν και το περιορισμένο μέγεθός του, ενώ παράλληλα, διαταράσσουμε στο ελάχιστο στην τάση του δείγματος, καθώς διατηρούμε την (θετική ή αρνητική) ροπή των αρχικά ακραίων απαντήσεων εντός αποδεκτών τιμών, ωστόσο.



Εικόνα 5-4

Στη συνέχεια, θα υπολογίσουμε τις σύνθετες βαθμολογίες για κάθε κατασκευή υπολογίζοντας τον μέσο όρο τους. Τα αποτελέσματα παρατίθενται στους Πίνακας 5-2 και Πίνακας 5-3.

Πίνακας 5-2

C1	C2	C3
3.48	2.04	3.26

Με βάση τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον Πίνακας 5-2 συμπεραίνουμε ότι οι μαθητές κατά μέσο όρο εκφράζουν σχετικά θετική άποψη όσον αφορά την ικανοποίηση και προθυμία από την χρήση εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας στην εκπαιδευτική διαδικασία. Από την άλλη, το άγχος που δηλώνουν ότι αισθάνονται, βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα. Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα κρίνονται ενθαρρυντικά για την συνέχιση της διαδικασίας.

Πίνακας 5-3

C1'	C2'	C3'	C4'	C5'	C6'	C7'
2.91	3.85	3.49	3.10	4.04	3.86	3.87

Παρατηρώντας τον Πίνακα 5-3 με τους μέσους όρους βαθμολογιών σε κάθε εννοιολογική κατασκευή ερωτήσεων της συμπερασματικής έρευνας συνάγουμε τα εξής συμπεράσματα:

- Αρκετά υψηλά σκορ εμφανίζονται όσο αφορά στην αισθανόμενη απόλαυση, στην αντιλαμβανόμενη επάρκεια του μαθησιακού υλικού, την αντιλαμβανόμενη ευκολία χρήσης και τα κίνητρα/ενδιαφέρον που βίωσαν για περαιτέρω ενασχόληση με το αντικείμενο μάθησης.
- Σχετικά υψηλή βαθμολογία παρουσιάζουν οι απαντήσεις οι σχετιζόμενες με την αντιλαμβανόμενη μαθησιακή αποτελεσματικότητα.
- Μέτριες βαθμολογίες καταγράφηκαν όσον αφορά στο αίσθημα παρουσίας (εμβύθισης) και την αντιλαμβανόμενο ρεαλισμό που βίωσαν κατά την χρήση της εφαρμογής.

5.4. Ανάλυση αξιοπιστίας

Πολύ σημαντική για συνέχεια της ανάλυσης κρίνεται ο έλεγχος της εσωτερικής συνοχής κάθε construct. Κάτι τέτοιο πραγματοποιείται υπολογίζοντας το άλφα του Cronbach (McDonald, 1999). Το άλφα του Cronbach κυμαίνεται από 0 έως 1, με υψηλότερες τιμές να υποδηλώνουν μεγαλύτερη εσωτερική συνοχή. Η τιμή 1 υποδηλώνει τέλεια αξιοπιστία, που σημαίνει ότι όλα τα στοιχεία της κλίμακας συσχετίζονται τέλεια μεταξύ τους. Από την άλλη πλευρά, η τιμή 0 υποδηλώνει ότι δεν υπάρχει εσωτερική συνοχή ή ότι τα στοιχεία δεν σχετίζονται μεταξύ τους. Τιμές άλφα του Cronbach υψηλότερες του 0,70 θεωρούνται αποδεκτές για τους περισσότερους ερευνητικούς σκοπούς (Tavakol & Dennick, 2011). Κάτι τέτοιο υποδηλώνει ένα αρκετά καλό επίπεδο αξιοπιστίας εσωτερικής συνοχής, γεγονός που καταδεικνύει ότι τα στοιχεία της κλίμακας μετρούν αξιόπιστα το εκάστοτε θέμα.

Πίνακας 5-4

C1	C2	C3
0.79	0.88	0.34

Ο Πίνακας 5-4 παρουσιάζει τις υπολογισθείσες τιμές του Cronbach α για κάθε εννοιολογική κατασκευή του προκαταρκτικού ερωτηματολογίου. Ενώ οι δύο πρώτες εμφανίζουν πολύ καλή και εξαιρετική συνοχή, αντίστοιχα, δεν συμβαίνει το ίδιο στην τρίτη όπου παρουσιάζει χαμηλή εσωτερική συνοχή. Ένα τέτοιο εύρημα δικαιολογείται εν μέρει από το γεγονός ότι το εν λόγω construct αποτελείται από μόνο δύο ερωτήσεις. Αποφασίζουμε να απορρίψουμε αυτό το construct από την συνέχεια της στατιστικής ανάλυσης για να μην θέσουμε σε κίνδυνο την αξιοπιστία της έρευνας και οδηγηθούμε σε εσφαλμένα συμπεράσματα.

Πίνακας 5-5

C1'	C2'	C3'	C4'	C5'	C6'	C7'
0.46	0.87	0.92	0.92	0.77	0.69	0.86

Με βάση τον Πίνακα 5-5 παρατηρούμε ως επί το πλείστον πολύ καλή εσωτερική συνοχή. Μόνο η πρώτη εννοιολογική κατασκευή της συμπερασματικής έρευνας εμφανίζει μη επαρκή εσωτερική συνοχή, γεγονός που μας καθιστά επιφυλακτικούς σε σχέση με τα συμπεράσματα που θα εξαχθούν στην συνέχεια και θα σχετίζονται με αυτή.

5.5. Περιγραφική στατιστική

Συνεχίζουμε με τον υπολογισμό ορισμένων βασικών στατιστικών μεγεθών που παρέχουν μια γενική εικόνα για την κατανομή κάθε κατασκευής. Τα αποτελέσματα παρατίθενται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 5-6

	C1	C2
Μέση τιμή	3.48	2.04
Διάμεσος	3	2
Τυπική απόκλιση	1.05	1.15
Λοξότητα	0.02	0.91

Εύρος τιμών	3	4
--------------------	---	---

Πίνακας 5-7

	C1'	C2'	C3'	C4'	C5'	C6'	C7'
Μέση τιμή	2.91	3.85	3.49	3.10	4.04	3.86	3.87
Διάμεσος	3	4	4	3	4	4	4
Τυπική απόκλιση	1.45	1.26	1.35	1.33	1.18	1.21	1.24
Λοξότητα	0.07	-0.97	-0.51	-0.15	-1.25	-0.87	-0.87
Εύρος τιμών	4	4	4	4	4	4	4

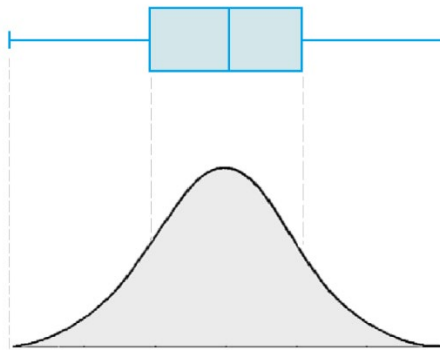
Οι παραπάνω πίνακες δίνουν μια γενική εικόνα της κατανομής και διασποράς των τιμών κάθε κατασκευής. Παρατηρείται σε όλες τις κατασκευές αξιοσημείωτο εύρος τιμών. Όσον αφορά στο C2, παρατηρούμε χαμηλότερες τιμές σε σχέση με τις υπόλοιπες κατασκευές. Κάτι τέτοιο αιτιολογείται αν λάβουμε υπόψιν ότι το C2 μετρά το άγχος των συμμετεχόντων (αρνητικό χαρακτηριστικό), ενώ οι υπόλοιπες κατασκευές έχουν θετική χροιά. Συνεπώς, θα λέγαμε πως πρόκειται για έναν κατοπτρισμό αυτών των τιμών, επομένως υπάρχει λογική συνέχεια. Ένα ακόμη αξιοσημείωτο εύρημα αφορά το C5' που μετρά την αντιλαμβανόμενη επάρκεια του μαθησιακού υλικού. Οι τιμές που καταγράφονται είναι αρκετά υψηλές. Υπενθυμίζουμε ότι η τυπική απόκλιση είναι ένα στατιστικό μέτρο που ποσοτικοποιεί το μέγεθος της μεταβλητότητας ή της διασποράς σε ένα σύνολο δεδομένων. Παρέχει πληροφορίες σχετικά με το πόσο διασκορπισμένες είναι οι τιμές από τη μέση τιμή. Γίνεται αντιληπτό ότι οι κατασκευές στο σύνολό τους παρουσιάζουν σημαντική διασπορά τιμών, καθώς είναι υψηλότερες της μονάδας (σε εύρος τιμών από 1 έως 5). Από την άλλη, η λοξότητα είναι ένα

μέτρο της ασυμμετρίας μιας κατανομής. Ποσοτικοποιεί το βαθμό στον οποίο ένα σύνολο δεδομένων αποκλίνει από την κανονική κατανομή. Η λοξότητα παρέχει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με το σχήμα και τα χαρακτηριστικά ενός συνόλου δεδομένων. Όταν μια κατανομή είναι θετικά λοξή, η ουρά της κατανομής εκτείνεται περισσότερο προς τα δεξιά, πράγμα που σημαίνει ότι η δεξιά πλευρά της κατανομής έχει περισσότερες τιμές. Στην περίπτωση αυτή, ο μέσος όρος είναι συνήθως μεγαλύτερος από τη διάμεσο και η τιμή της λοξότητας είναι θετική. Αντίθετα, σε μια αρνητικά λοξή κατανομή, η ουρά της κατανομής εκτείνεται περισσότερο προς τα αριστερά, υποδηλώνοντας ότι η αριστερή πλευρά της κατανομής έχει περισσότερες τιμές. Εδώ, ο μέσος όρος είναι συνήθως μικρότερος από τη διάμεσο και η τιμή της λοξότητας αρνητική.

5.6. Έλεγχος κανονικότητας

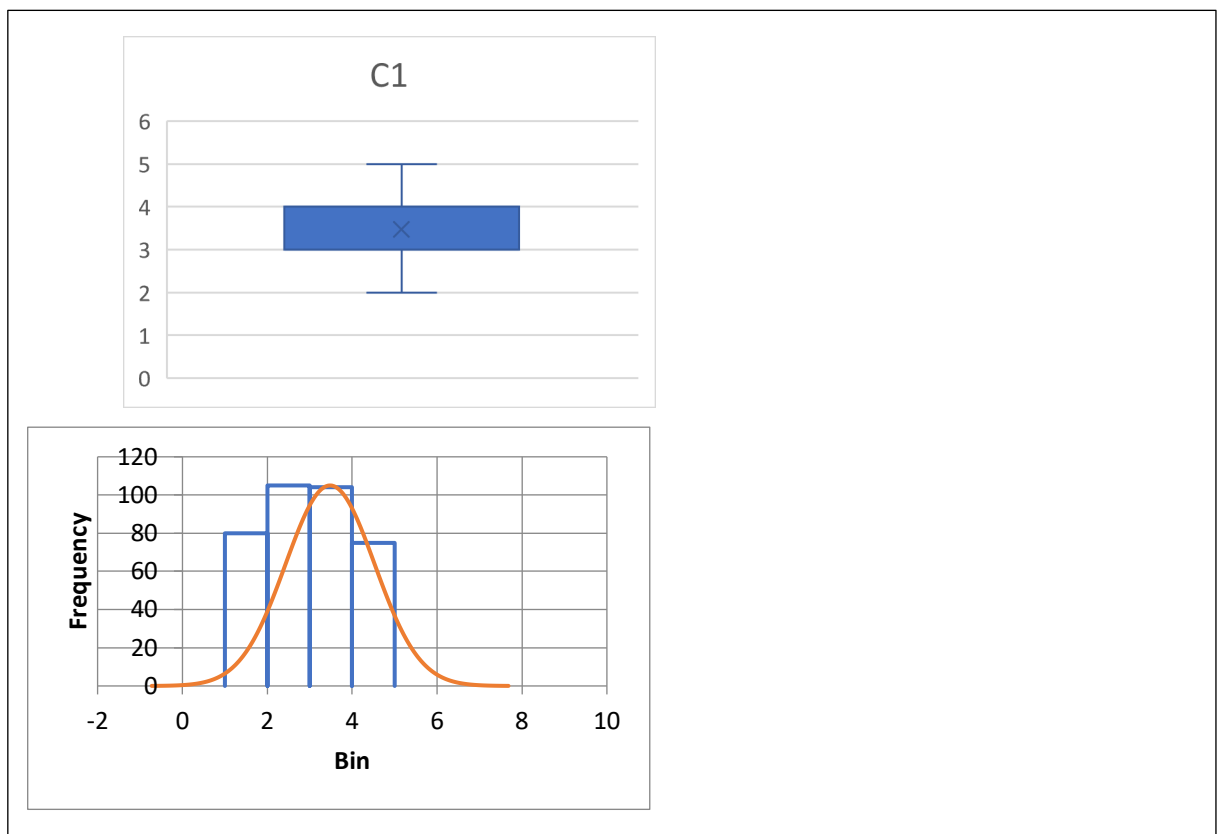
Στο επόμενο βήμα της στατιστικής ανάλυσης πραγματοποιούμε έλεγχο της κανονικότητας για κάθε κατασκευή. Ακολουθήσαμε τρεις προσεγγίσεις.

1. Σε μια απόλυτα συμμετρική κατανομή, η μέση τιμή και η διάμεσος είναι ίσα και η λοξότητα είναι μηδέν. Η λοξότητα παρέχει ενδείξεις απόκλισης από την κανονικότητα. Για παράδειγμα, εάν ένα σύνολο δεδομένων παρουσιάζει σημαντική λοξότητα (θετική ή αρνητική), υποδηλώνει ότι η κατανομή δεν είναι συμμετρική και μπορεί να αποκλίνει από την κανονική κατανομή. Η πλειονότητα των τιμών λοξότητας υποδηλώνουν σχετική απόκλιση από την συμμετρία/κανονικότητα. Μόνο οι κατασκευές C1, C1' και C4' έχουν χαμηλές τιμές. Κάτι τέτοιο, σε καμία περίπτωση δεν υποδηλώνει κανονική κατανομή των δεδομένων, απλά αποτελεί μια πρώτη ένδειξη.
2. Συνεχίζουμε με το επόμενο στατιστικό εργαλείο που έχουμε στην διάθεσή μας για τον έλεγχο της κανονικότητας που είναι η εξαγωγή ιστογραμμάτων και boxplots για κάθε κατασκευή για οπτικοποίηση της κατανομής των δεδομένων. Στην Εικόνα 5-5 βλέπουμε την μορφή που πρέπει να έχουν τα παραπάνω εάν η κατανομή είναι η κανονική. Οπότε, για οπτικό έλεγχο της κατανομής, εξετάζουμε εάν τα γραφήματα προσομοιάζουν της αναφερόμενης εικόνας.



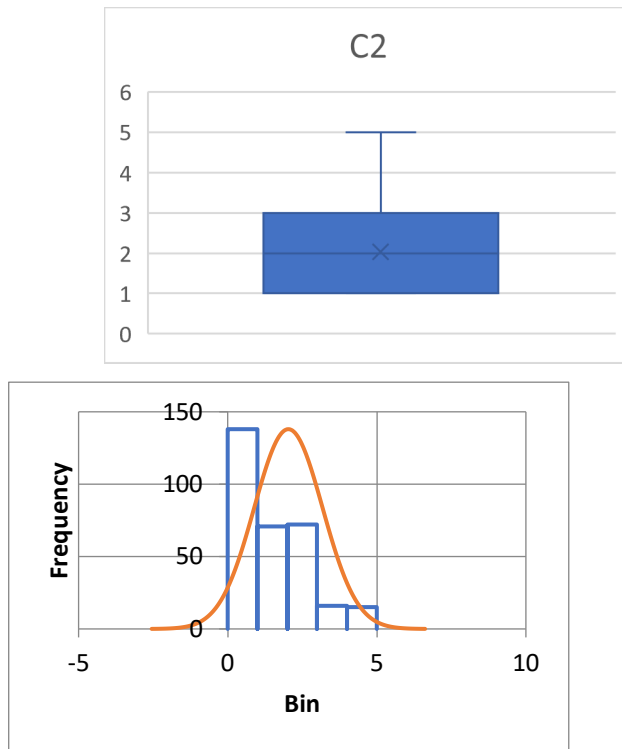
Εικόνα 5-5 κανονική κατανομή

Σημειώνεται ότι στα εξαγόμενα ιστογράμματα η καμπύλη είναι η αναμενόμενη εάν η κατανομή ήταν κανονική με την συγκεκριμένη μέση τιμή. Με αυτό τον τρόπο διευκολύνεται η απευθείας σύγκριση με την κανονική κατανομή.



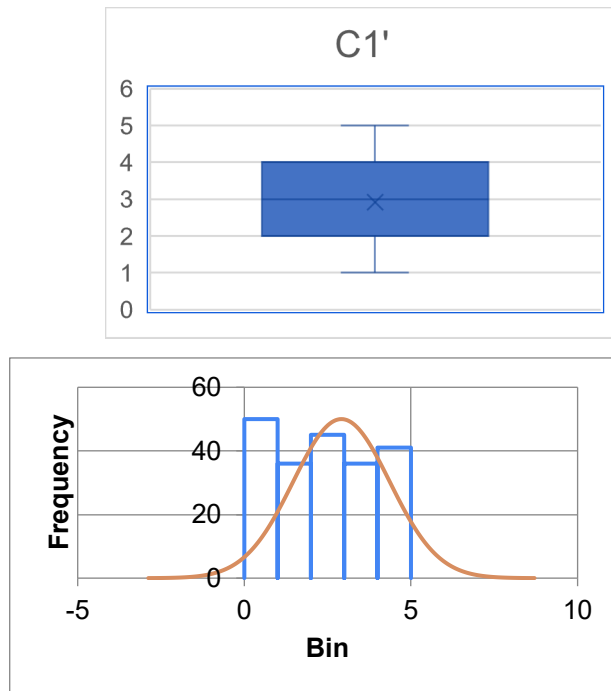
Εικόνα 5-6

Η κατανομή φαίνεται να προσομοιάζει ελαφρώς την κανονική. Κάτι τέτοιο δεν αποτελεί απόδειξη κανονικότητας, αλλά σημαίνει ότι δεν απορρίπτεται



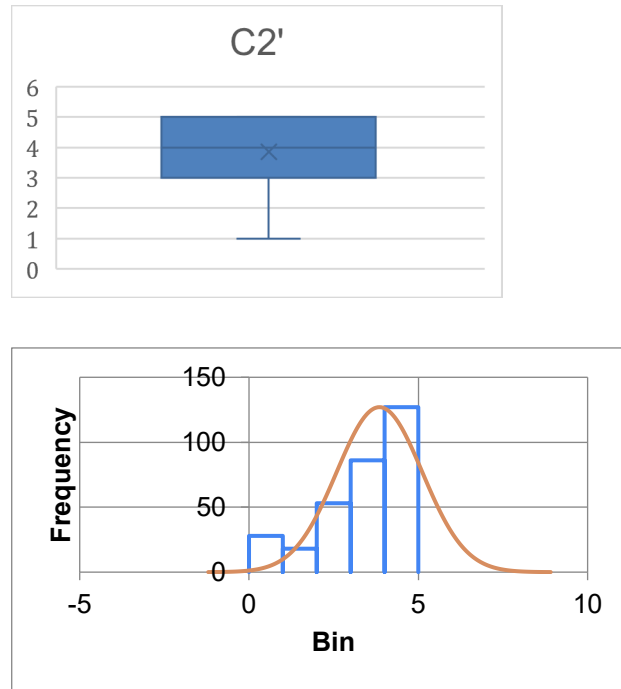
Εικόνα 5-7

Εδώ υπάρχει σημαντική απόκλιση από την κανονικότητα.



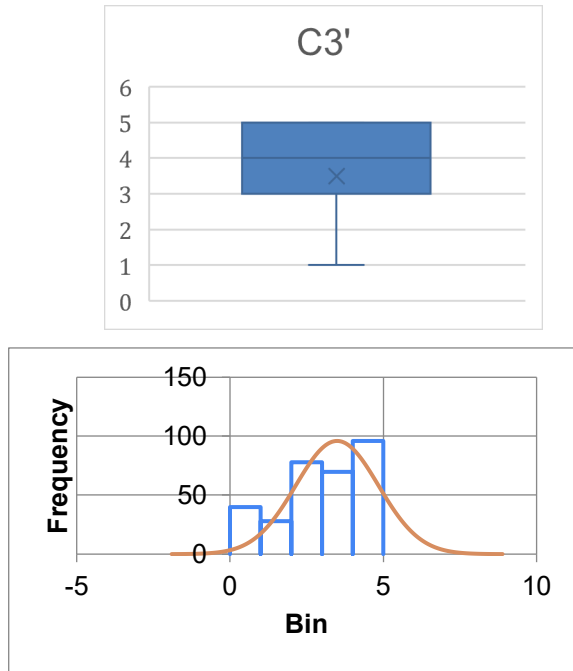
Εικόνα 5-8

Ενώ στο boxplot δείχνει μια κατανομή κοντά στην κανονική, το ιστόγραμμα εμφανίζει απόκλιση από αυτή.



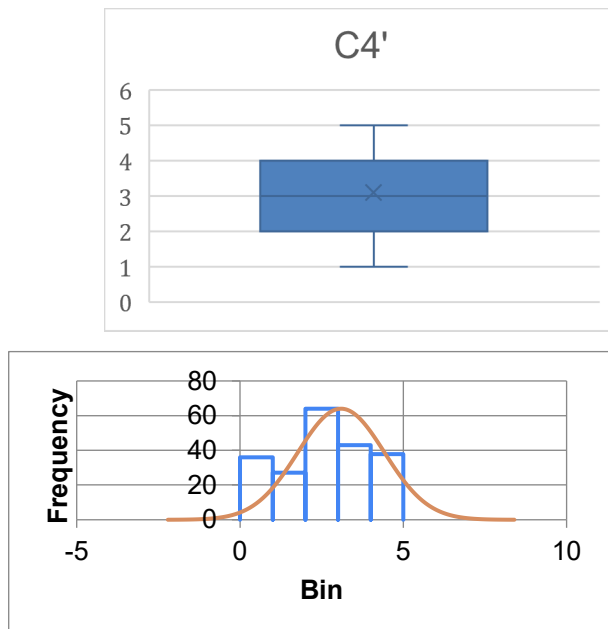
Εικόνα 5-9

Παρατηρούμε σημαντική απόκλιση από την κανονικότητα.



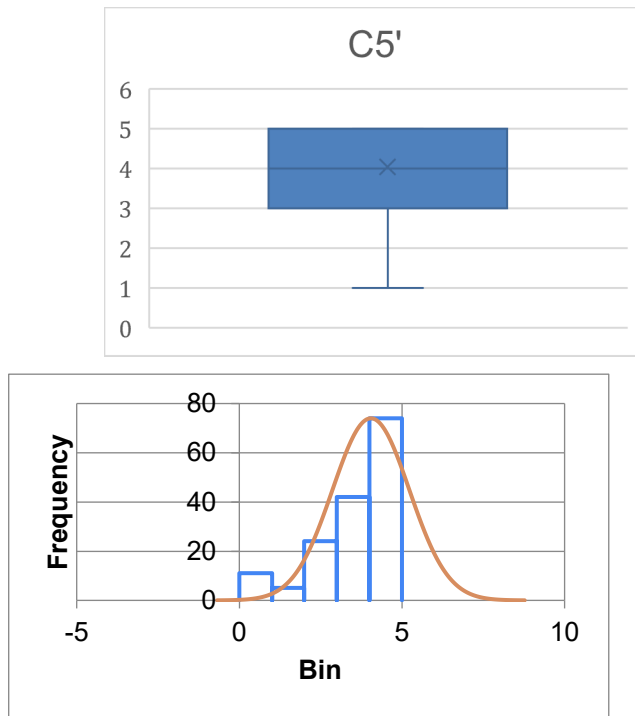
Εικόνα 5-10

Κι εδώ υπάρχει σημαντική απόκλιση από την κανονικότητα με βάση τα γραφήματα.



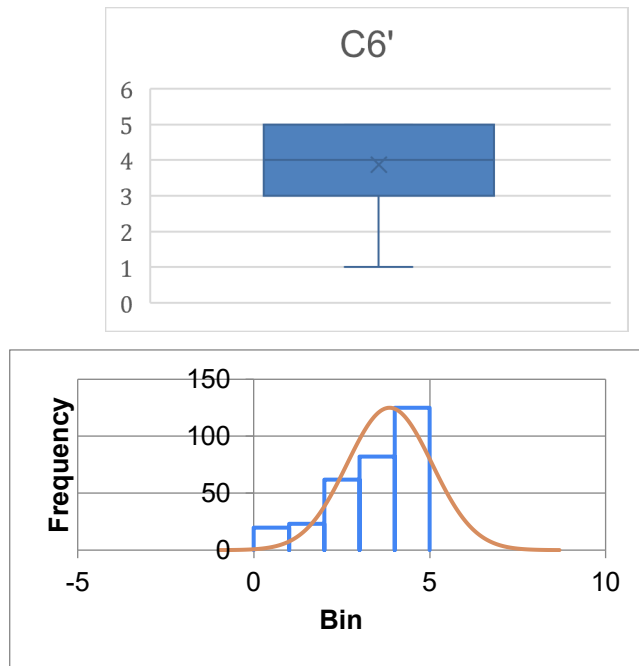
Εικόνα 5-11

Σε αυτή την κατασκευή η κατανομή φαίνεται να προσομοιάζει ελαφρώς την κανονική.



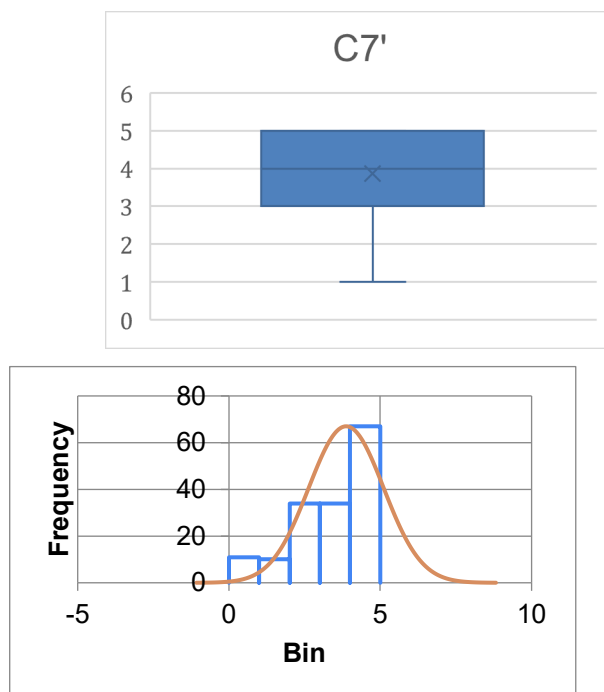
Εικόνα 5-12

Εδώ υπάρχει σημαντική απόκλιση από την κανονική κατανομή.



Εικόνα 5-13

Και εδώ υπάρχει σημαντική απόκλιση από την κανονική κατανομή.



Εικόνα 5-14

Και στην τελευταία κατασκευή, με βάση τα γραφήματα, η κατανομή εμφανίζεται αποκλίνουσα της κανονικής.

3. Ο επόμενος έλεγχος κανονικότητας που διενεργήσαμε περιλαμβάνει την χρήση του στατιστικού τεστ Shapiro–Wilk (King & Eckersley, 2019). Το τεστ Shapiro-Wilk είναι ένα στατιστικό τεστ που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της κανονικότητας ενός συνόλου δεδομένων. Αξιολογεί κατά πόσον τα δεδομένα αποκλίνουν σημαντικά από μια κανονική κατανομή. Το τεστ Shapiro-Wilk χρησιμοποιείται ευρέως λόγω της ικανότητάς του να ανιχνεύει αποκλίσεις από την κανονικότητα, ιδίως σε μικρά έως μέτρια μεγέθη δείγματος. Ο έλεγχος λειτουργεί συγκρίνοντας τα παρατηρούμενα δεδομένα με αυτά που θα αναμενόταν από μια κανονική κατανομή.

Η μηδενική υπόθεση υποθέτει ότι τα δεδομένα είναι κανονικά κατανεμημένα, ενώ η εναλλακτική υπόθεση υποδηλώνει ότι τα δεδομένα αποκλίνουν σημαντικά από την κανονικότητα.

Η δοκιμή κατατάσσει τα δεδομένα από το μικρότερο προς το μεγαλύτερο και υπολογίζει τις αντίστοιχες κανονικές βαθμολογίες. Υπολογίζει τη συνδιακύμανση μεταξύ των παρατηρούμενων κατατάξεων των δεδομένων και των αναμενόμενων κατατάξεων υπό την υπόθεση της κανονικότητας. Το στατιστικό του τεστ, που συμβολίζεται ως W , υπολογίζεται με βάση τον λόγο των παρατηρούμενων και των αναμενόμενων αποκλίσεων. Η τιμή p λαμβάνεται στη συνέχεια από το υπολογισμένο στατιστικό ελέγχου και συγκρίνεται με ένα επίπεδο σημαντικότητας (π.χ. 0,05). Εάν η τιμή p είναι μικρότερη από το επιλεγμένο επίπεδο σημαντικότητας, η μηδενική υπόθεση της κανονικότητας απορρίπτεται, υποδεικνύοντας ενδείξεις μη κανονικότητας. Αντίθετα, εάν η τιμή p είναι μεγαλύτερη από το επίπεδο σημαντικότητας, δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία για την απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης, γεγονός που υποδηλώνει ότι τα δεδομένα *μπορεί* να ακολουθούν κανονική κατανομή.

Οι παρακάτω Πίνακας 5-8 και Πίνακας 5-9 περιέχουν τα αποτελέσματα που εξήχθησαν μετά την εφαρμογή του τεστ.

Πίνακας 5-8

	C1	C2
W-stat	0.87	0.81

<i>p</i> -value	< 0.05	< 0.05
alpha	0.05	0.05
normal	no	no

Πίνακας 5-9

	C1'	C2'	C3'	C4'	C5'	C6'	C7'
W-stat	0.88	0.81	0.87	0.90	0.77	0.83	0.82
p-value	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
alpha	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
normal	no	no	no	no	no	no	no

Καθόσον $p < 0,05$, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται, συνεπώς καμία από όλες τις εννοιολογικές κατασκευές δεν ακολουθεί την κανονική κατανομή.

5.7.Επαγωγική στατιστική

Σε αυτή την ενότητα, εφόσον προηγήθηκαν οι διάφοροι έλεγχοι, προχωρούμε στην εξαγωγή συμπερασμάτων με βάση τα ερευνητικά ερωτήματα που θέσαμε σε προηγούμενη ενότητα. Για λόγους διευκόλυνσης του αναγνώστη, τα παραθέτουμε και εδώ.

Ερευνητικό ερώτημα 1: *Υπάρχει σημαντική σχέση μεταξύ της προηγούμενης εμπειρίας των συμμετεχόντων με την εκπαιδευτική Εικονική Πραγματικότητα και της μαθησιακής τους εμπειρίας;*

Ερευνητικό ερώτημα 2: *Υπάρχουν σημαντικές διαφορές στην αντιλαμβανόμενη εμπειρία με βάση το φύλο των μαθητών;*

5.7.1. Ερευνητικό ερώτημα 1

Για το ερευνητικό ερώτημα 1, θα πραγματοποιήσουμε ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης για να διερευνήσουμε τις σχέσεις μεταξύ των κατασκευών προηγούμενης εμπειρίας (C1, C2) ως ανεξάρτητων μεταβλητών και καθεμιάς από τις κατασκευές μαθησιακής εμπειρίας (C1'-C7') ως εξαρτημένων μεταβλητών.

Προηγουμένως, ωστόσο, κάνουμε έλεγχο για να διαπιστώσουμε την συσχέτιση και την πολυσυγγραμμικότητα μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών (C1, C2). Ιδανικά, οι δύο αυτές μεταβλητές, πρέπει να μην είναι καθόλου συσχετισμένες, ώστε τα συμπεράσματα για το 1^ο ερευνητικό ερώτημα να είναι απολύτως ασφαλή. Δεδομένου πως στην προηγούμενη ενότητα διαπιστώθηκε ότι καμία κατασκευή δεν ακολουθεί την κανονική κατανομή, προς τούτο θα χρησιμοποιήσουμε μη-παραμετρικές μεθόδους.

Για έλεγχο της συσχέτισης θα υπολογίσουμε τον συντελεστή συσχέτισης Spearman που αποτελεί την μη-παραμετρική εκδοχή του συντελεστή Pearson. Ο συντελεστής Spearman κυμαίνεται από -1 έως +1, όπου η τιμή +1 υποδηλώνει μια τέλεια, αυξανόμενη μονοτονική σχέση μεταξύ των μεταβλητών. Δηλαδή, καθώς αυξάνεται η μία μεταβλητή, αυξάνεται και η άλλη μεταβλητή, και το αντίστροφο. Η τιμή -1 υποδηλώνει τέλεια, φθίνουσα μονοτονική σχέση, δηλαδή καθώς η μία μεταβλητή αυξάνεται, η άλλη μεταβλητή μειώνεται και το αντίστροφο. Μια τιμή κοντά στο 0 υποδηλώνει ασθενή ή καθόλου μονοτονική σχέση μεταξύ των μεταβλητών. Ο παρακάτω πίνακας περιέχει τα αποτελέσματα όπως εξήχθησαν από το στατιστικό εργαλείο.

Πίνακας 5-10

Συντελεστές συσχέτισης	
Spearman	-0.20265

Πίνακας 5-11

Συντελεστής Spearman (test)	
Alpha	0.05
Tails	2
rho	-0.20265
t-stat	-3.64362
p-value	0.000315

Με βάση την τιμή του συντελεστή (λέγεται επίσης και ρ ή rho) παρατηρούμε ότι υπάρχει μικρή αρνητική συσχέτιση μεταξύ των δύο μεταβλητών.

Η σημαντικότητα του συντελεστή Spearman αξιολογείται με τη χρήση ελέγχου υποθέσεων, όπου υπολογίζεται η τιμή p για να καθοριστεί εάν η παρατηρούμενη συσχέτιση

είναι στατιστικά σημαντική. Η μηδενική υπόθεση θεωρεί ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών, δηλαδή ότι το $\rho = 0$.

Παρατηρούμε ότι $p < 0,05$, άρα απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση, συνεπώς υπάρχει συσχέτιση ανάμεσα στις ανεξάρτητες μεταβλητές. Κάτι τέτοιο, δεν έρχεται σε σύγκρουση με το προηγούμενο εύρημα, όπου εκεί διαπιστώθηκε η χαμηλή αρνητική συσχέτιση, όχι η μη ύπαρξη αυτής.

Για έλεγχο πολυσυγγραμμικότητας θα υπολογίσουμε τον Εκτιμητή Διόγκωσης της Διακύμανσης (Variance Inflation Factor - VIF) (Kutner, 2005). Αποτελεί ένα στατιστικό μέτρο που αξιολογεί τη σοβαρότητα της πολυσυγγραμμικότητας σε μια ανάλυση παλινδρόμησης. Η πολυσυγγραμμικότητα εμφανίζεται όταν οι μεταβλητές πρόβλεψης (ανεξάρτητες μεταβλητές) σε ένα μοντέλο παλινδρόμησης συσχετίζονται σε μεγάλο βαθμό μεταξύ τους. Ο VIF παρέχει μια αριθμητική τιμή που δείχνει πόσο διογκώνεται η διακύμανση των εκτιμώμενων συντελεστών παλινδρόμησης λόγω της πολυσυγγραμμικότητας. Τυπικά, μια τιμή VIF=1 υποδηλώνει ότι δεν υπάρχει πολυσυγγραμμικότητα, ενώ τιμές άνω του 1 υποδηλώνουν αυξανόμενα επίπεδα πολυσυγγραμμικότητας. Δεν υπάρχει αυστηρό κατώφλι αποδοχής τιμής VIF, αλλά ένα συνήθως χρησιμοποιούμενο όριο είναι 5 ή 10. Εάν μια μεταβλητή πρόβλεψης έχει VIF που υπερβαίνει το όριο, αυτό υποδηλώνει υψηλή πολυσυγγραμμικότητα, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε αναξιόπιστες εκτιμήσεις των συντελεστών παλινδρόμησης και δυσκολία στην ερμηνεία της επίδρασης των επιμέρους προβλεπτικών παραγόντων.

Ο τύπος υπολογισμού του VIF δίνεται στην Εξ. (1).

$$VIF = 1/(1 - R^2)$$

(1)

Η τιμή R τετράγωνο εξάγεται εκτελώντας το μοντέλο πολλαπλής παλινδρόμησης με ανεξάρτητη μεταβλητή την C1 και εξαρτημένη την C2 (ίδια αποτελέσματα εξάγονται και για το αντίστοιχο αφού έχουμε μόνο δύο μεταβλητές πρόβλεψης).

Η τιμή του τετραγώνου R κυμαίνεται από 0 έως 1, όπου η τιμή 0 υποδηλώνει ότι καμία από τις ανεξάρτητες μεταβλητές δεν εξηγεί τη διακύμανση της εξαρτημένης μεταβλητής. Το μοντέλο, συνεπώς, δεν συλλαμβάνει καμία πληροφορία σχετικά με την εξαρτημένη μεταβλητή. Η τιμή 1 υποδηλώνει ότι όλη η διακύμανση της εξαρτημένης μεταβλητής εξηγείται από τις ανεξάρτητες μεταβλητές και επομένως, το μοντέλο προβλέπει τέλεια την εξαρτημένη

μεταβλητή. Μια τιμή τετραγώνου R μεταξύ 0 και 1 αντιπροσωπεύει το ποσοστό της διακύμανσης που εξηγείται. Για παράδειγμα, ένα τιμή ίση με 0,80 σημαίνει ότι το 80% της διακύμανσης της εξαρτημένης μεταβλητής εξηγείται από τις ανεξάρτητες μεταβλητές.

Συνεπώς, εκτελώντας το μοντέλο λαμβάνουμε: $R^2 = 0,040 \Rightarrow VIF = 1,042$.

Το παραπάνω αποτέλεσμα αποδεικνύει την πολύ χαμηλή συσχέτιση ανάμεσα στις δύο ανεξάρτητες μεταβλητές C1 και C2.

Πλέον, αφού εξασφαλίσαμε την απουσία σημαντικής συσχέτισης ανάμεσα στις ανεξάρτητες μεταβλητές (εννοιολογικές κατασκευές μέτρησης της προηγούμενης εμπειρίας), συνεχίζουμε με τη διερεύνηση του 1^{ου} ερευνητικού ερωτήματος. Στο στατιστικό λογισμικό «τρέχουμε» μοντέλα πολλαπλής παλινδρόμησης, διατηρώντας τις C1 και C2 ως ανεξάρτητες μεταβλητές και κάθε φορά ορίζουμε ως εξαρτημένη μεταβλητή μια εκ των C1'-C7'.

Παρακάτω αποτυπώνουμε τα κύρια μεγέθη που περιγράφουν τα αποτελέσματα κάθε μοντέλου μαζί με μια ανάλυση αυτών.

Μοντέλο 1: C1' (εξαρτημένη) με C1, C2 ανεξάρτητες

Πίνακας 5-12

Ανεξάρτητη μεταβλητή	Συντελεστής	Τυπικό Σφάλμα	t-value	p-value	$R^2 = 0.002$
C1	-0.057	0.100	-0.570	0.570	
C2	-0.030	0.090	-0.334	0.739	

Ανεξάρτητη μεταβλητή C1

Συντελεστής: Η τιμή -0,057 υποδηλώνει ότι, διατηρώντας όλες τις άλλες μεταβλητές σταθερές, μια αύξηση κατά μία μονάδα στη C1 συνδέεται με μείωση κατά 0,057 μονάδες στην εξαρτημένη μεταβλητή C1'.

Τυπικό σφάλμα: Το τυπικό σφάλμα για το C1 είναι 0,100, αντιπροσωπεύοντας τη μεταβλητότητα ή την αβεβαιότητα που σχετίζεται με την εκτίμηση του συντελεστή.

t-value: Η τιμή t για το C1 είναι -0,570, η οποία προκύπτει από τη διαίρεση της εκτίμησης του συντελεστή με το τυπικό σφάλμα του. Η τιμή t αντιπροσωπεύει τον αριθμό των τυπικών αποκλίσεων που απέχει η εκτίμηση του συντελεστή από το μηδέν.

p-value: Το p-value για το C1 είναι 0,570. Δείχνει την πιθανότητα να παρατηρηθεί η ληφθείσα τιμή t (ή μια πιο ακραία) εάν η μηδενική υπόθεση ήταν αληθής (δηλαδή εάν ο συντελεστής ήταν μηδέν, άρα δεν υπάρχει συσχέτιση). Στην περίπτωση αυτή, η υψηλή τιμή p-value ($p > 0.05$) υποδηλώνει ότι η C1 ενδέχεται να μην έχει σημαντική σχέση με την εξαρτημένη μεταβλητή (δεν απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση, ότι δηλαδή δεν υπάρχει συσχέτιση).

Ανεξάρτητη μεταβλητή C2

Συντελεστής: Η τιμή -0,030 υποδηλώνει ότι, κρατώντας όλες τις άλλες μεταβλητές σταθερές, μια αύξηση κατά μία μονάδα στην C2 συνδέεται με μείωση κατά 0,030 μονάδες στην εξαρτημένη μεταβλητή C1'.

Τυπικό σφάλμα: Το τυπικό σφάλμα για το C2 είναι 0,090, αντιπροσωπεύοντας τη μεταβλητότητα ή την αβεβαιότητα που σχετίζεται με την εκτίμηση του συντελεστή.

t-value: Η τιμή t για το C2 είναι -0,334, υποδεικνύοντας τον αριθμό των τυπικών αποκλίσεων που απέχει η εκτίμηση του συντελεστή από το μηδέν.

p-value: Η τιμή p-value για το C2 είναι 0,739, η οποία είναι σχετικά υψηλή. Αυτό υποδηλώνει ότι η C2 μπορεί να μην έχει σημαντική σχέση με την εξαρτημένη μεταβλητή.

Δεδομένου ότι η τιμή του R^2 είναι πολύ χαμηλή (0,002), υποδηλώνει ότι μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό της διακύμανσης της εξαρτημένης μεταβλητής εξηγείται από τις ανεξάρτητες μεταβλητές του μοντέλου. Αυτό δείχνει ότι το μοντέλο δεν έχει καλή προσαρμογή στα δεδομένα ή ότι οι ανεξάρτητες μεταβλητές που περιλαμβάνονται στην ανάλυση μπορεί να μην έχουν ισχυρή σχέση με την εξαρτημένη μεταβλητή.

Μοντέλο 2: C2' (εξαρτημένη) με C1, C2 ανεξάρτητες

Πίνακας 5-13

Ανεξάρτητη μεταβλητή	Συντελεστής	Τυπικό Σφάλμα	t-value	p-value	$R^2 = 0.016$
-----------------------------	--------------------	----------------------	----------------	----------------	---------------

C1	-0.141	0.070	-2.028	0.043	
C2	-0.083	0.064	-1.307	0. 192	

Ανεξάρτητη μεταβλητή C1

p-value: Το p-value για το C1 είναι 0,043, το οποίο είναι κάτω από το τυπικό επίπεδο σημαντικότητας 0,05. Αυτό υποδηλώνει ότι το C1 είναι στατιστικά σημαντικό, υποδεικνύοντας μια πιθανή σχέση με την εξαρτημένη μεταβλητή. Συνεπώς, πιθανολογείται εξάρτηση της απόλαυσης που δήλωσαν οι μαθητές ότι αισθάνθηκαν και της ικανοποίησης που αρχικά καταγράφηκε.

Ανεξάρτητη μεταβλητή C2

p-value: Το p-value για το C2 είναι 0,192, το οποίο είναι πάνω από το συμβατικό επίπεδο σημαντικότητας 0,05. Αυτό υποδηλώνει ότι η C2 δεν είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο 0,05, υποδεικνύοντας μια ασθενέστερη σχέση με την εξαρτημένη μεταβλητή.

R²: Η τιμή του R² 0,016 δείχνει ότι οι ανεξάρτητες μεταβλητές που περιλαμβάνονται στο μοντέλο εξηγούν συνολικά περίπου το 1,6% της διακύμανσης της εξαρτημένης μεταβλητής. Αυτό υποδηλώνει ότι το μοντέλο έχει περιορισμένη ικανότητα πρόβλεψης ή εξήγησης της διακύμανσης της εξαρτημένης μεταβλητής και ότι μπορεί να υπάρχουν άλλοι παράγοντες που συμβάλλουν στο αποτέλεσμα και δεν λαμβάνονται υπόψη στο μοντέλο.

Συνοψίζοντας, ενώ το C1 παρουσιάζει στατιστικά σημαντική σχέση με την εξαρτημένη μεταβλητή, το C2 δεν φαίνεται να έχει σημαντική επίδραση. Η χαμηλή τιμή του R² υποδηλώνει ότι η συνολική προβλεπτική δύναμη του μοντέλου είναι σχετικά αδύναμη, γεγονός που υποδηλώνει ότι ενδέχεται να απαιτούνται πρόσθετες μεταβλητές ή παράγοντες για την καλύτερη εξήγηση της διακύμανσης της εξαρτημένης μεταβλητής.

Μοντέλο 3: C3' (εξαρτημένη) με C1, C2 ανεξάρτητες

Πίνακας 5-14

Ανεξάρτητη μεταβλητή	Συντελεστής	Τυπικό Σφάλμα	t-value	p-value	R² = 0.051
-----------------------------	--------------------	----------------------	----------------	----------------	------------------------------

C1	-0.297	0.073	-4.067	0.000	
C2	-0.053	0.067	-0.795	0.427	

Η ανάλυση είναι παρόμοια με παραπάνω. Εδώ πιθανολογείται εξάρτηση μεταξύ της αντιλαμβανόμενης μαθησιακής αποτελεσματικότητας και της ικανοποίησης.

Μοντέλο 4: C4' (εξαρτημένη) με C1, C2 ανεξάρτητες

Πίνακας 5-15

Ανεξάρτητη μεταβλητή	Συντελεστής	Τυπικό Σφάλμα	t-value	p-value	R ² = 0.094
C1	-0.266	0.087	-3.063	0.002	
C2	0.209	0.078	2.658	0.008	

Εδώ παρατηρούμε ότι και οι δύο τιμές p υποδεικνύουν στατιστική σημαντικότητα, επομένως πιθανή σχέση με την εξαρτημένη μεταβλητή, δηλαδή εξάρτηση του αντιλαμβανόμενου ρεαλισμού τόσο με την μεταβλητή που μετρά την ικανοποίησης, όσο και εκείνη άγχους. Ωστόσο, η τιμή του R² = 0,094 δείχνει ότι οι ανεξάρτητες μεταβλητές που περιλαμβάνονται στο μοντέλο εξηγούν συνολικά περίπου το 9,4% της διακύμανσης της εξαρτημένης μεταβλητής. Αυτό υποδηλώνει ότι το μοντέλο έχει περιορισμένη ικανότητα πρόβλεψης ή εξήγησης της διακύμανσης της εξαρτημένης μεταβλητής.

Μοντέλο 5: C5' (εξαρτημένη) με C1, C2 ανεξάρτητες

Πίνακας 5-16

Ανεξάρτητη μεταβλητή	Συντελεστής	Τυπικό Σφάλμα	t-value	p-value	R ² = 0.008
C1	-0.029	0.093	-0.313	0.755	
C2	-0.092	0.083	-1.111	0.268	

Δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα.

Μοντέλο 6: C6' (εξαρτημένη) με C1, C2 ανεξάρτητες

Πίνακας 5-17

Ανεξάρτητη μεταβλητή	Συντελεστής	Τυπικό Σφάλμα	t-value	p-value	R ² = 0.010
C1	-0.031	0.067	-0.459	0.646	
C2	-0.107	0.061	-1.761	0.079	

Δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα.

Μοντέλο 7: C7' (εξαρτημένη) με C1, C2 ανεξάρτητες

Πίνακας 5-18

Ανεξάρτητη μεταβλητή	Συντελεστής	Τυπικό Σφάλμα	t-value	p-value	R ² = 0.011
C1	-0.011	0.097	-0.116	0.908	
C2	0.108	0.087	1.250	0.213	

Δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα.

5.7.2. Ερευνητικό ερώτημα 2

Για το ερευνητικό ερώτημα 2, θα εκτελέσουμε μη παραμετρικό τεστ Mann-Whitney U για να εξετάσουμε τις διαφορές στις κατασκευές μαθησιακής εμπειρίας (C1'-C7') μεταξύ αγοριών και κοριτσιών.

Το Mann-Whitney U τεστ (*Nonparametric Statistical Methods, 3rd Edition* | Wiley, n.d.) ελέγχει το κατά πόσο είναι σημαντική η διαφορά μεταξύ δύο ανεξάρτητων ομάδων ή δειγμάτων. Πρόκειται για ένα μη παραμετρικό στατιστικό τεστ που χρησιμοποιείται όταν δεν πληρούνται οι υποθέσεις του t-τεστ, όπως η κανονικότητα ή οι ίσες διακυμάνσεις. Συγκεκριμένα, το Mann-Whitney U τεστ εξετάζει αν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των διαμέσων δύο ομάδων ή δειγμάτων. Δεν προϋποθέτει κάποια συγκεκριμένη

κατανομή για τα δεδομένα και είναι κατάλληλη τόσο για συνεχείς όσο και για τακτικές μεταβλητές. Το τεστ χρησιμοποιείται συνήθως σε ερευνητικές μελέτες για τη σύγκριση δύο ομάδων όταν η εξαρτημένη μεταβλητή δεν κατανέμεται κανονικά ή όταν τα δεδομένα είναι ταξινομημένα ή κατηγοριοποιημένα. Συγκρίνοντας τις θέσεις (κατάταξη) των παρατηρήσεων μεταξύ των δύο ομάδων, το Mann-Whitney U τεστ προσδιορίζει εάν υπάρχουν στοιχεία που να υποδηλώνουν ότι οι δύο ομάδες διαφέρουν σημαντικά όσον αφορά τη μεταβλητή ενδιαφέροντος. Η μηδενική υπόθεση για το Mann-Whitney U τεστ δηλώνει ότι δεν υπάρχει διαφορά μεταξύ των διαμέσων των δύο ομάδων, ενώ η εναλλακτική υπόθεση υποδηλώνει ότι υπάρχει σημαντική διαφορά. Τα αποτελέσματα του ελέγχου παρέχουν μια τιμή U, η οποία αντιπροσωπεύει το άθροισμα των τάξεων (θέσεων - κατάταξη) για μία από τις ομάδες, καθώς και μια τιμή p. Η τιμή p-value υποδεικνύει την πιθανότητα να προκύψει η παρατηρούμενη διαφορά μεταξύ των ομάδων μόνο από τύχη. Εάν η τιμή p-value είναι κάτω από ένα προκαθορισμένο επίπεδο σημαντικότητας (π.χ. 0,05), υποδηλώνει μια στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων. Συνοπτικά, το Mann-Whitney U τεστ ελέγχει τη σημαντική διαφορά μεταξύ δύο ανεξάρτητων ομάδων ή δειγμάτων όσον αφορά τις διάμεσες τιμές τους, καθιστώντας την ένα χρήσιμο εργαλείο για τη σύγκριση μεταβλητών όταν δεν μπορούν να ικανοποιηθούν οι υποθέσεις των παραμετρικών τεστ. Επομένως, στην περίπτωσή μας, οι υποθέσεις του τεστ έχουν ως εξής:

Μηδενική υπόθεση (H0): Δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στην εκπαιδευτική εμπειρία μεταξύ αγοριών και κοριτσιών.

Εναλλακτική υπόθεση (H1): Υπάρχει σημαντική διαφορά στην εκπαιδευτική εμπειρία μεταξύ αγοριών και κοριτσιών.

Πίνακας 5-19

	U - value		p-value
	ΑΓΟΡΙΑ	ΚΟΡΙΤΣΙΑ	
C1'	4062	4034	0.484630423

C2'	9446.5	8769.5	0.299110169
C3'	8964	9252	0.411625335
C4'	3987	4109	0.431443798
C5'	2267.5	2286.5	0.48337825
C6'	7669	10547	0.012372656
C7'	2504.5	2049.5	0.158859909

Παρατηρούμε ότι στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ αγοριών και κοριτσιών εμφανίζεται στις απαντήσεις της εννοιολογικής κατασκευής (construct) C6' μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση. Το εν λόγω construct αφορά την αντιλαμβανόμενη ευκολία χρήσης από τους συμμετέχοντες. Υπενθυμίζουμε ότι η τιμή U αντιπροσωπεύει το άθροισμα των τάξεων (θέσεων σε φθίνουσα κατάταξη) για κάθε ομάδα. Αντικατοπτρίζει τις σχετικές θέσεις των ομάδων όσον αφορά τα καταταγμένα δεδομένα. Γενικά, μια μικρότερη τιμή U υποδηλώνει υψηλότερη κατάταξη και υποδηλώνει ότι η ομάδα με αυτή την τιμή U συνδέεται με υψηλότερες βαθμολογίες ή αξιολογήσεις στη μεταβλητή που εξετάζεται. Στην περίπτωσή μας, η τιμή U για τα αγόρια είναι 7669 και η τιμή U για τα κορίτσια είναι 10547. Συγκρίνοντας αυτές τις τιμές, βλέπουμε ότι η τιμή U για τα αγόρια είναι μικρότερη από την τιμή U για τα κορίτσια. Αυτό σημαίνει ότι τα αγόρια, ως ομάδα, έχουν υψηλότερες τάξεις και, επομένως, μεγαλύτερη αντιληπτή ευκολία χρήσης της εφαρμογής VR σε σύγκριση με τα κορίτσια.

Το συγκεκριμένο εύρημα είναι εν μέρει ερμηνεύσιμο και δύναται να είναι αξιοποιήσιμο σε μελλοντικές ολιστικές εκπαιδευτικές παρεμβάσεις προς την κατεύθυνση της ενθάρρυνσης των κοριτσιών να ασχοληθούν με τεχνολογικές εφαρμογές, ούτως ώστε να αποκτήσουν εξοικείωση και άνεση. Η με μεγαλύτερη ένταση προώθηση του “STEM” στις νεαρές ηλικίες κρίνεται επιβεβλημένη, καθόσον το χάσμα μεταξύ των δύο φύλων στην Ελλάδα εξακολουθεί να υφίσταται. Όσον αφορά την ερμηνεία, θα μπορούσαμε να παραθέσουμε τους εξής λόγους:

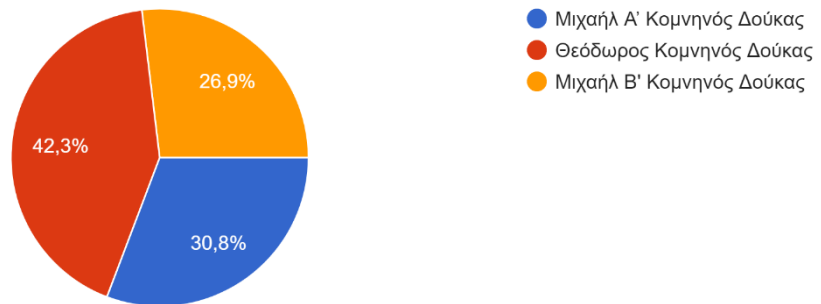
- Τα αγόρια μπορεί να έχουν μεγαλύτερη εξοικείωση και έκθεση σε ηλεκτρονικά παιχνίδια, εικονική πραγματικότητα ή άλλες τεχνολογικές συσκευές σε σύγκριση με τα κορίτσια.
- Οι κοινωνικές νόρμες και οι ρόλοι των φύλων ενδέχεται να διαδραματίζουν ρόλο στη διαμόρφωση των εμπειριών και των αλληλεπιδράσεων των αγοριών και των κοριτσιών με την τεχνολογία. Τα αγόρια μπορεί να ενθαρρύνονται ή να κοινωνικοποιούνται να ασχολούνται περισσότερο με ηλεκτρονικά παιχνίδια ή τεχνολογικές συσκευές, οδηγώντας σε μεγαλύτερη εξοικείωση και ευκολία χρήσης σε σύγκριση με τα κορίτσια.
- Είναι πιθανό τα αγόρια, κατά μέσο όρο, εκ φύσεως να παρουσιάζουν υψηλότερα επίπεδα αυτοπεποίθησης και αυτοαποτελεσματικότητας όσον αφορά τη χρήση της τεχνολογίας.
- Τα πολιτισμικά στερεότυπα και οι κοινωνικές αντιλήψεις σχετικά με το φύλο και την τεχνολογία μπορεί να επηρεάσουν τις στάσεις και τις προσδοκίες των αγοριών και των κοριτσιών. Εάν επικρατεί η πεποίθηση ότι τα αγόρια είναι καλύτερα στην τεχνολογία ή ενδιαφέρονται περισσότερο για αυτήν, αυτό θα μπορούσε να επηρεάσει την αντίληψή τους για την ευκολία χρήσης του λογισμικού VR.

5.8.Αποτελέσματα εκπαιδευτικών ερωτήσεων

Παράλληλα με το προηγούμενο ερωτηματολόγιο, διανεμήθηκε και ένα επιπλέον, πριν και μετά την ολοκλήρωση της εκπαιδευτικής παρέμβασης με χρήση VR (Πίνακας 3-3). Σκοπός ήταν να διερευνήσουμε αν και κατά πόσο βελτιώθηκαν οι γνώσεις των μαθητών μέσα από την εκπαιδευτική διαδικασία. Φυσικά, λαμβάνουμε υπόψιν, ότι ενδέχεται κάποιοι μαθητές τυχαία να επέλεξαν την ορθή απάντηση. Αυτό που μας ενδιαφέρει, δεν είναι να δώσουμε έμφαση στα μεμονωμένα περιστατικά, αλλά συνολικά εάν υπήρξε σημαντική μεταβολή που δεν δικαιολογείται από την τυχαιότητα.

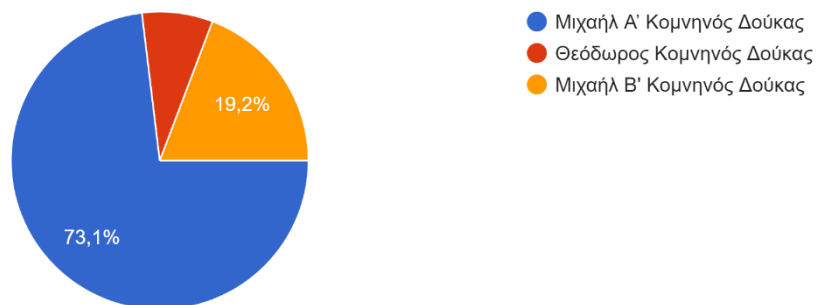
Παρουσιάζουμε συγκριτικά τα αποτελέσματα παραθέτοντας γραφήματα για κάθε ερώτηση σε ζεύγη (πριν και μετά).

Ποιος ήταν ο ιδρυτής και πρώτος ηγεμόνας του λεγόμενου “Δεσποτάτου της Ηπείρου”;
52 απαντήσεις



Εικόνα 5-15, πριν την ολοκλήρωση της εκπαιδευτικής παρέμβασης με χρήση VR

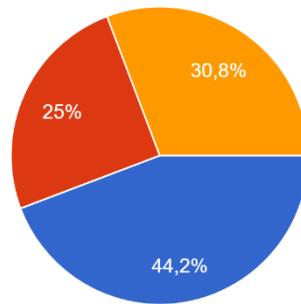
Ποιος ήταν ο ιδρυτής και πρώτος ηγεμόνας του λεγόμενου “Δεσποτάτου της Ηπείρου”;
52 απαντήσεις



Εικόνα 5-16, μετά την ολοκλήρωση της εκπαιδευτικής παρέμβασης με χρήση VR

Παρατηρείται σημαντική αύξηση των ορθών απαντήσεων.

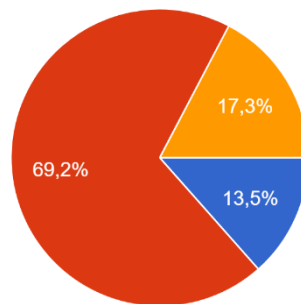
Πού βρίσκεται το Κάστρο της Άρτας;
52 απαντήσεις



- Σε ένα χαμηλό λόφο στην ανατολική πλευρά της Άρτας
- Σε ένα χαμηλό λόφο στη βόρεια πλευρά της Άρτας
- Στο κέντρο της πόλης

Εικόνα 5-17, πριν την ολοκλήρωση της εκπαιδευτικής παρέμβασης με χρήση VR

Πού βρίσκεται το Κάστρο της Άρτας;
52 απαντήσεις



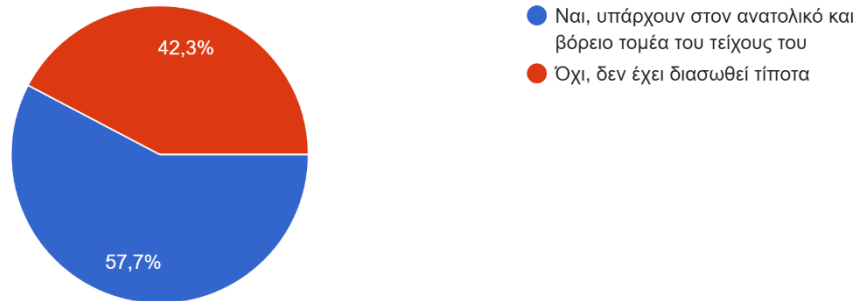
- Σε ένα χαμηλό λόφο στην ανατολική πλευρά της Άρτας
- Σε ένα χαμηλό λόφο στη βόρεια πλευρά της Άρτας
- Στο κέντρο της πόλης

Εικόνα 5-18, μετά την ολοκλήρωση της εκπαιδευτικής παρέμβασης με χρήση VR

Επίσης, σημαντική αύξηση παρατηρείται.

Υπάρχουν τμήματα του αρχαίου αμυντικού τείχους της Αμβρακίας ενσωματωμένα στη δομή του Κάστρου μέχρι σήμερα;

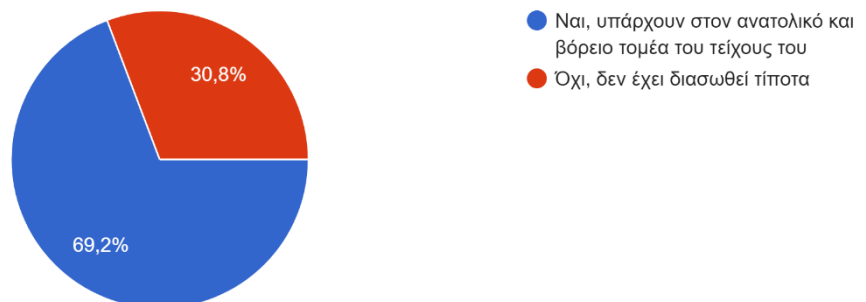
52 απαντήσεις



Εικόνα 5-19, πριν την ολοκλήρωση της εκπαιδευτικής παρέμβασης με χρήση VR

Υπάρχουν τμήματα του αρχαίου αμυντικού τείχους της Αμβρακίας ενσωματωμένα στη δομή του Κάστρου μέχρι σήμερα;

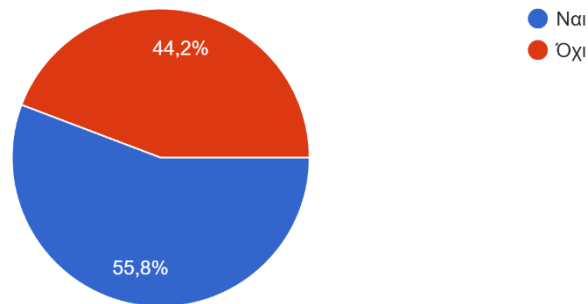
52 απαντήσεις



Εικόνα 5-20, μετά την ολοκλήρωση της εκπαιδευτικής παρέμβασης με χρήση VR

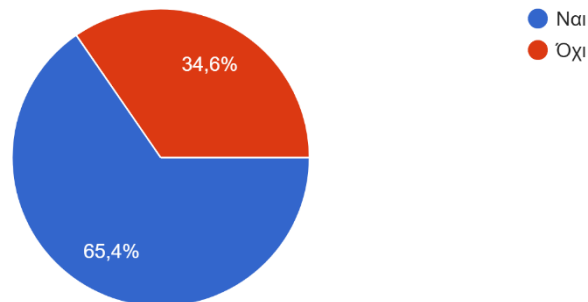
Εδώ η αύξηση είναι σαφώς περιορισμένη.

Τον 13ο-14ο αιώνα η Άρτα δέχθηκε επιθέσεις μόνο από Βυζαντινούς ηγεμόνες;
52 απαντήσεις



Εικόνα 5-21, πριν την ολοκλήρωση της εκπαιδευτικής παρέμβασης με χρήση VR

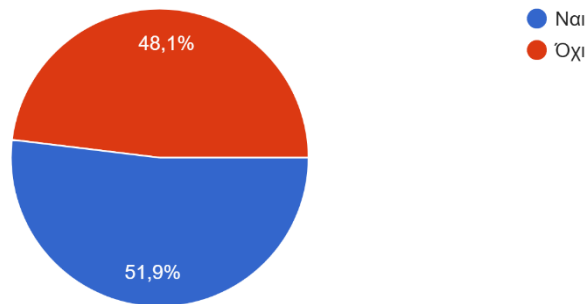
Τον 13ο-14ο αιώνα η Άρτα δέχθηκε επιθέσεις μόνο από Βυζαντινούς ηγεμόνες;
52 απαντήσεις



Εικόνα 5-22, μετά την ολοκλήρωση της εκπαιδευτικής παρέμβασης με χρήση VR

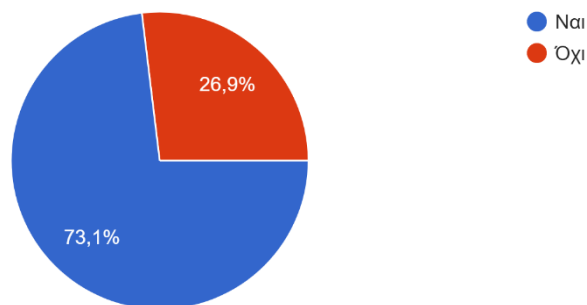
Περιορισμένη είναι η αύξηση των ορθών απαντήσεων και σε αυτή την ερώτηση.

Το έτος 1318 η πόλη της Άρτας και το Κάστρο τέθηκαν υπό την κυριαρχία του Carlo I Tocco ?
52 απαντήσεις



Εικόνα 5-23, πριν την ολοκλήρωση της εκπαιδευτικής παρέμβασης με χρήση VR

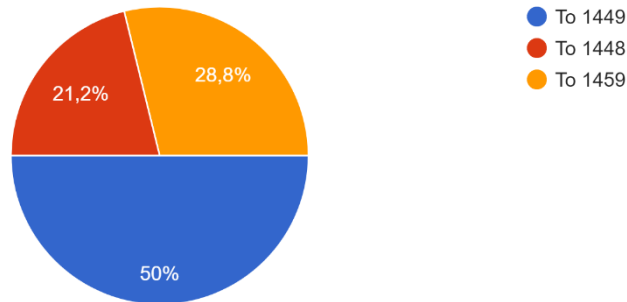
Το έτος 1318 η πόλη της Άρτας και το Κάστρο τέθηκαν υπό την κυριαρχία του Carlo I Tocco ?
52 απαντήσεις



Εικόνα 5-24, μετά την ολοκλήρωση της εκπαιδευτικής παρέμβασης με χρήση VR

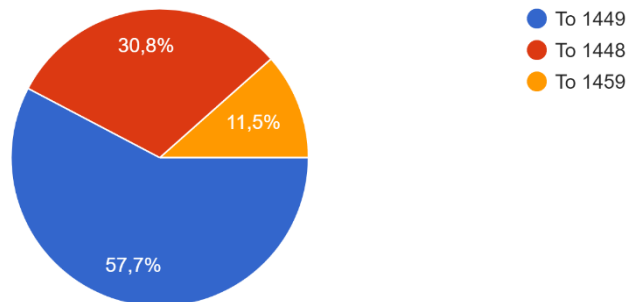
Σε αυτή την ερώτηση παρατηρείται αξιοσημείωτη αύξηση των ορθών απαντήσεων.

Πότε η Άρτα και το κάστρο της παραδόθηκαν στην Οθωμανική Αυτοκρατορία;
52 απαντήσεις



Εικόνα 5-25, πριν την ολοκλήρωση της εκπαιδευτικής παρέμβασης με χρήση VR

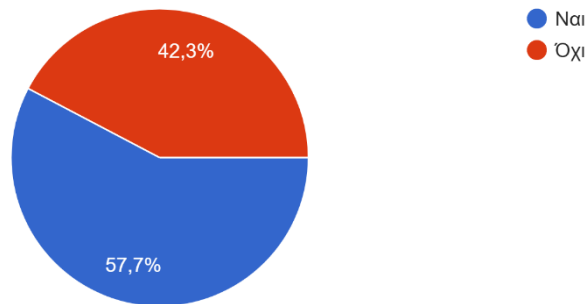
Πότε η Άρτα και το κάστρο της παραδόθηκαν στην Οθωμανική Αυτοκρατορία;
52 απαντήσεις



Εικόνα 5-26, μετά την ολοκλήρωση της εκπαιδευτικής παρέμβασης με χρήση VR

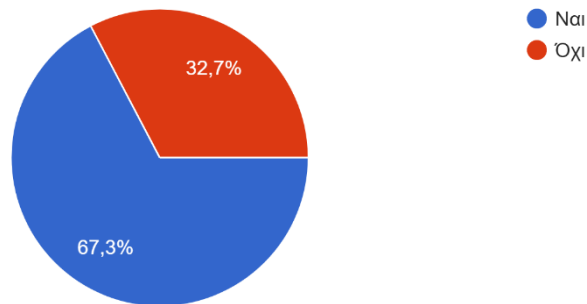
Πολύ μικρή η αύξηση που καταγράφεται σε αυτή την ερώτηση.

Το 1736 και 1737 η πόλη της Άρτας πλήττεται από επιδημίες πανώλης;
52 απαντήσεις



Εικόνα 5-27, πριν την ολοκλήρωση της εκπαιδευτικής παρέμβασης με χρήση VR

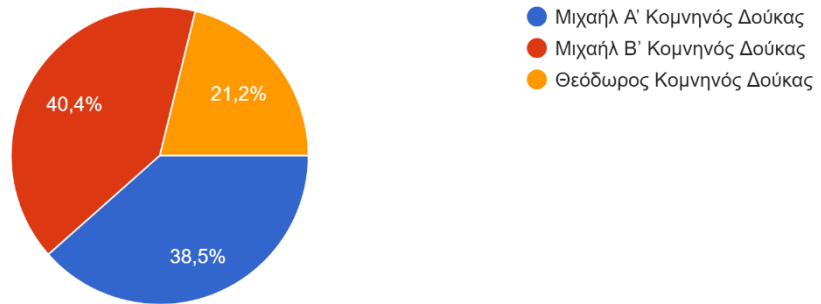
Το 1736 και 1737 η πόλη της Άρτας πλήττεται από επιδημίες πανώλης;
52 απαντήσεις



Εικόνα 5-28, μετά την ολοκλήρωση της εκπαιδευτικής παρέμβασης με χρήση VR

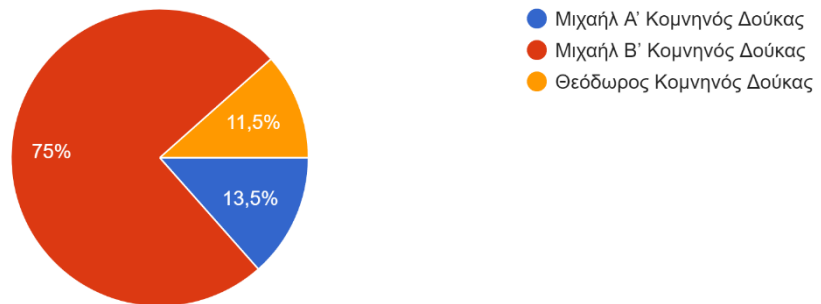
Μέτρια είναι η αύξηση των ορθών απαντήσεων και εδώ.

Ποιος επέκτεινε, οχύρωσε και αναβάθμισε το Κάστρο της Άρτας στη σημερινή του μορφή;
52 απαντήσεις



Εικόνα 5-29, πριν την ολοκλήρωση της εκπαιδευτικής παρέμβασης με χρήση VR

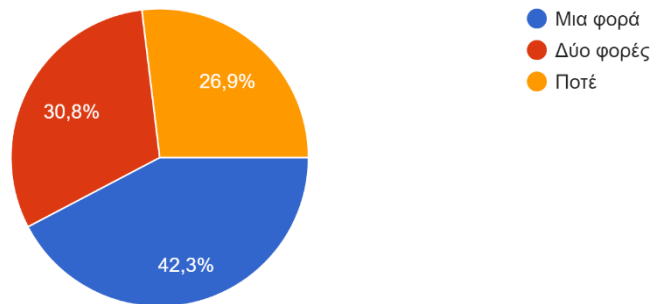
Ποιος επέκτεινε, οχύρωσε και αναβάθμισε το Κάστρο της Άρτας στη σημερινή του μορφή;
52 απαντήσεις



Εικόνα 5-30, μετά την ολοκλήρωση της εκπαιδευτικής παρέμβασης με χρήση VR

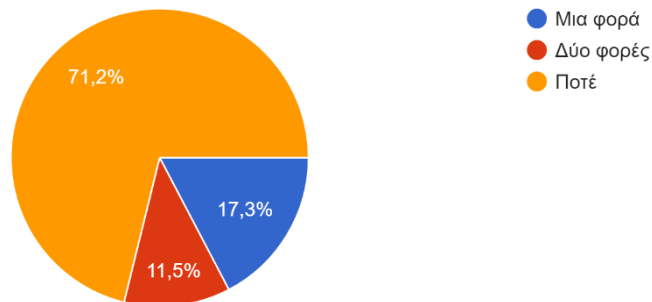
Σημαντική είναι η αύξηση που παρατηρείται εδώ.

Πόσες φορές καταλήφθηκε το Κάστρο της Άρτας;
52 απαντήσεις



Εικόνα 5-31, πριν την ολοκλήρωση της εκπαιδευτικής παρέμβασης με χρήση VR

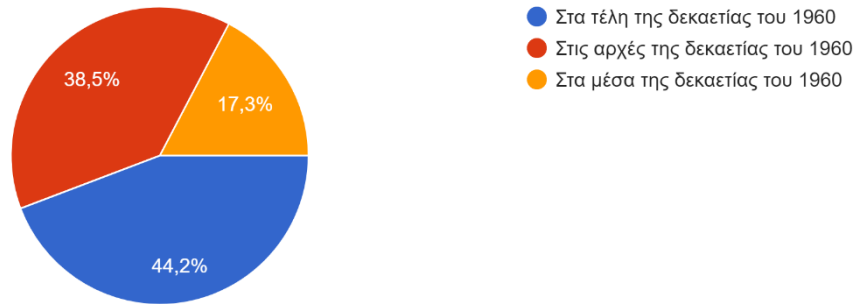
Πόσες φορές καταλήφθηκε το Κάστρο της Άρτας;
52 απαντήσεις



Εικόνα 5-32, μετά την ολοκλήρωση της εκπαιδευτικής παρέμβασης με χρήση VR

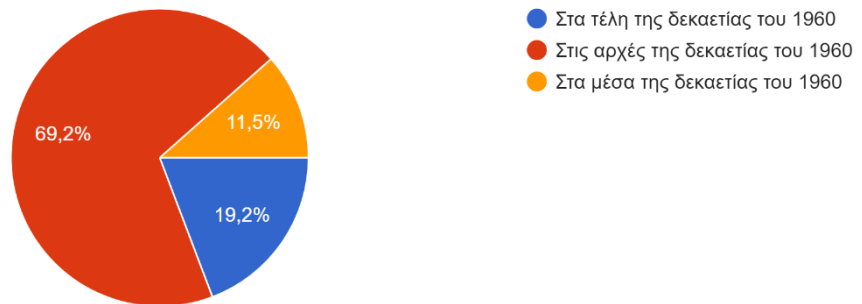
Στην εν λόγω ερώτηση καταγράφεται κατακόρυφη αύξηση των ορθών απαντήσεων και η υψηλότερη μεταξύ του συνόλου των ερωτήσεων.

Πότε χτίστηκε το ξενοδοχείο Ξενία;
52 απαντήσεις



Εικόνα 5-33, πριν την ολοκλήρωση της εκπαιδευτικής παρέμβασης με χρήση VR

Πότε χτίστηκε το ξενοδοχείο Ξενία;
52 απαντήσεις



Εικόνα 5-34, μετά την ολοκλήρωση της εκπαιδευτικής παρέμβασης με χρήση VR

Και στην τελευταία ερώτηση, παρατηρείται σημαντική αύξηση των ορθών απαντήσεων.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, αξίζει να σημειωθεί ότι ενώ στο συνολικό ποσοστό διαπιστώθηκε αύξηση των ορθών απαντήσεων, υπήρξαν διακυμάνσεις μεταξύ των επιμέρους βαθμολογιών. Ορισμένοι μαθητές είχαν μεγαλύτερο άλμα στις βαθμολογίες, γεγονός που υποδηλώνει ότι κέρδισαν περισσότερο από την εμπειρία VR, ενώ άλλοι παρουσίασαν μόνο μια μέτρια βελτίωση. Μερικοί μαθητές παρουσίασαν ακόμη και οριακή μείωση, γεγονός που υποδηλώνει ότι η ενότητα μάθησης VR μπορεί να μην ανταποκρίνεται σε όλα τα μαθησιακά στυλ.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι το χρονικό διάστημα μεταξύ των δύο δοκιμασιών ήταν σχετικά μικρό, πράγμα που σημαίνει ότι άλλοι παράγοντες μπορεί να επηρέασαν τις βαθμολογίες μετά τη δοκιμασία. Παρ' όλα αυτά, η γενική τάση υποδηλώνει ότι η εικονική πραγματικότητα μπορεί να αποτελέσει ένα αποτελεσματικό εργαλείο για την ενίσχυση των μαθησιακών αποτελεσμάτων καθιστώντας την παρούσα εκπαιδευτική παρέμβαση, έστω και μικρής κλίμακας, ως επιτυχημένη.

6. Συμπεράσματα

Οι εκπαιδευτικές τεχνολογίες σημειώνουν ραγδαίες εξελίξεις, με την ενσωμάτωση της εικονικής πραγματικότητας στα μαθησιακά περιβάλλοντα να αναδεικνύεται ως μια ξεχωριστή εξέλιξη. Ωστόσο, η υιοθέτηση της εικονικής πραγματικότητας στην εκπαίδευση θα πρέπει να ξεπεράσει την απλή συμβατότητα με την τεχνολογία. Ο βασικός στόχος πρέπει να είναι η απρόσκοπτη ενσωμάτωση της τεχνολογικής ανάπτυξης για την αυθεντική ενίσχυση της μαθησιακής εμπειρίας.

Η εικονική πραγματικότητα προσφέρει σαφή πλεονεκτήματα στον εκπαιδευτικό τομέα, ωστόσο η αλληλεπίδραση των μαθητών με αυτή την τεχνολογία είναι πολύπλευρη και επηρεάζεται από μια σειρά μεταβλητών. Η παρούσα έρευνα εμβάθυνε στη δυναμική της εικονικής πραγματικότητας στην εκπαίδευση, εξετάζοντας την αλληλεπίδραση μεταξύ της προηγούμενης εμπειρίας με περιβάλλοντα εικονικής πραγματικότητας, του φύλου και των μαθησιακών αποτελεσμάτων σε περιβάλλοντα ενισχυμένα με εικονική πραγματικότητα.

Τα ευρήματά μας υπογράμμισαν ότι η ικανοποίηση από προηγούμενες εμπειρίες εικονικής πραγματικότητας επηρέασε σημαντικά τις μαθησιακές διαδικασίες. Αυτή η ικανοποίηση, που συνδέεται στενά με την αντιλαμβανόμενη απόλαυση, ευθυγραμμίζεται με προηγούμενες έρευνες που υπογραμμίζουν τον πρωταρχικό ρόλο της ικανοποίησης των χρηστών στην εκπαίδευση με τη βοήθεια της τεχνολογίας (Christopoulos et al., 2023; Makransky, Borre-Gude, et al., 2019). Ωστόσο, τα επίπεδα άγχους έδειξαν ελάχιστο αντίκτυπο στη μάθηση μέσα στο περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας (Chang et al., 2019).

Ένα εξέχον σημείο της μελέτης μας ήταν η ανισότητα των φύλων στις αντιλήψεις για την εικονική πραγματικότητα. Τα αγόρια φάνηκε να βρίσκουν την εκπαιδευτική εμπειρία πιο διαισθητική από ό,τι τα κορίτσια. Αυτό εγείρει πιεστικά ερωτήματα: Οφείλεται η διαφορά στην προηγούμενη έκθεση σε παιχνίδια ή παίζουν ρόλο ευρύτερες κοινωνικές προοπτικές σχετικά με το φύλο και την τεχνολογία; Αν και η έρευνά μας δεν παρέχει οριστικές απαντήσεις, αναδεικνύει την επείγουσα ανάγκη για συμμετοχικότητα στην εκπαίδευση με βάση την εικονική πραγματικότητα (Merchant et al., 2014). Η αντιμετώπιση αυτού του χάσματος μεταξύ των δύο φύλων είναι ζωτικής σημασίας για να διασφαλιστεί ότι όλοι οι μαθητές μπορούν να αξιοποιήσουν με αυτοπεποίθηση τις πλατφόρμες VR για μάθηση. Λαμβάνοντας υπόψη αυτά τα ευρήματα, στρατηγικές όπως η προσαρμοσμένη εκπαίδευση και οι βρόχοι

ανατροφοδότησης εντός της VR θα μπορούσαν να μετριάσουν τις προκλήσεις και να βελτιώσουν τη συνολική εμπειρία των χρηστών (Vaughan et al., 2016).

Ωστόσο, το ταξίδι της ενσωμάτωσης της εικονικής πραγματικότητας στην εκπαίδευση δεν στερείται ανησυχιών. Οι μακροπρόθεσμες σωματικές και ψυχολογικές επιπτώσεις της συνεχούς χρήσης της εικονικής πραγματικότητας δεν έχουν ακόμη καταγραφεί πλήρως (Ratcliffe et al., 2021). Ζητήματα που κυμαίνονται από την καταπόνηση των ματιών έως την πιθανή αποσύνδεση από την πραγματικότητα απαιτούν προσοχή. Καθώς βαδίζουμε σε αυτό το καθηλωτικό ψηφιακό πεδίο, η θέσπιση κατευθυντήριων γραμμών που διαμορφώνονται από αυστηρή έρευνα είναι ζωτικής σημασίας (Lee & Hu-Au, 2021). Είναι επιτακτική ανάγκη να διασφαλιστεί ότι η καθηλωτική ποιότητα της εικονικής πραγματικότητας δεν επισκιάζει τον πρωταρχικό στόχο—τη γνήσια εκπαιδευτική βελτίωση.

Η μελέτη μας ανέδειξε επίσης τις αξιοσημείωτες δυνατότητες της εικονικής πραγματικότητας. Η εμφανής βελτίωση των γνώσεων από την παρέμβαση πριν και μετά την παρέμβαση τονίζει την ικανότητα αυτής της τεχνολογίας να συμπληρώνει τις παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας. Καθώς το εκπαιδευτικό τοπίο συγχωνεύεται ολοένα και περισσότερο με την ψηφιακή εμβάπτιση, οι εκτεταμένες μελέτες θα είναι ζωτικής σημασίας για να μετρηθεί πραγματικά το μόνιμο αποτύπωμα της εικονικής πραγματικότητας στη μάθηση (Maheshwari & Maheshwari, 2020; Pellas et al., 2020; Zhang & Wang, 2021).

Κλείνοντας, το μέλλον της εικονικής πραγματικότητας στην εκπαίδευση φαίνεται πολλά υποσχόμενο. Ωστόσο, ο θρίαμβός του θα καθοριστεί από τη σύγκλιση των παιδαγωγικών στρατηγικών, τη συγχώνευση των προγραμμάτων σπουδών και τις κοινωνικοοικονομικές εκτιμήσεις. Ως πρωτοπόροι στην εκπαίδευση, αποστολή μας είναι να εννορηστώσουμε την καινοτομία αρμονικά με την πρόθεση, εστιάζοντας πάντα στην ολιστική ανάπτυξη του μαθητή.

6.1. Προεκτάσεις για θεωρία και πρακτική

Καθώς η εικονική πραγματικότητα εισέρχεται στο εκπαιδευτικό τοπίο, υπόσχεται να φέρει επανάσταση στον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται η διδασκαλία και η μάθηση. Αυτό το μετασχηματιστικό δυναμικό συνοδεύεται από ένα πλήθος συνεπειών που πρέπει να αντιμετωπίσουν οι εκπαιδευτικοί, οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής και οι τεχνολόγοι εκπαιδευτικών προγραμμάτων. Ενώ η εικονική πραγματικότητα μπορεί να επαυξήσει τη μαθησιακή εμπειρία, η ενσωμάτωσή της απαιτεί επίσης προσεκτική εξέταση διαφόρων τομέων.

Οι ακόλουθες προεκτάσεις ρίχνουν φως σε αυτές τις πολύπλευρες προκλήσεις και ευκαιρίες, με στόχο να καθοδηγήσουν τη μελετημένη και χωρίς αποκλεισμούς ενσωμάτωση της εικονικής πραγματικότητας στην πραγματική τάξη.

- **Παιδαγωγικός σχεδιασμός:** Η εικονική πραγματικότητα προσφέρει τη δυνατότητα για μια αξιοσημείωτη απομάκρυνση από τις παραδοσιακές μεθόδους που βασίζονται στη διάλεξη. Τα καθηλωτικά περιβάλλοντα μετατρέπουν τους μαθητές σε εξερευνητές και ενθαρρύνουν στους εκπαιδευτικούς να υιοθετήσουν τον ρόλο του «διευκολυντή» της μάθησης. Ωστόσο, η εικονική πραγματικότητα θα πρέπει να συμπληρώνει και όχι να αντικαθιστά τις παραδοσιακές μεθοδολογίες, προάγοντας μια προσέγγιση μικτής μάθησης.
- **Γνωστικό φορτίο:** Η πολυαισθητηριακή διέγερση της εικονικής πραγματικότητας μπορεί να ενισχύσει την κατανόηση και συγκράτηση γνώσεων και πληροφοριών. Ωστόσο, για να αποφευχθεί η γνωστική υπερφόρτωση των μαθητών, ο σχεδιασμός του περιεχομένου πρέπει να δίνει προτεραιότητα στην εύπεπτη παροχή πληροφοριών και στη διαισθητική φύση των διεπαφών αλληλεπίδρασης.
- **Εκπαίδευση εκπαιδευτικών:** Πέρα από την απλή λειτουργική γνώση των εργαλείων εικονικής πραγματικότητας, οι εκπαιδευτικοί χρειάζονται ολιστική κατάρτιση που να ενσωματώνει την εικονική πραγματικότητα στον παιδαγωγικό ιστό. Αυτό μπορεί να συνεπάγεται μαθήματα επαγγελματικής ανάπτυξης ή συνεργασίες με επιχειρήσεις τεχνολογίας και εκπαιδευτικά ιδρύματα για εξειδικευμένη κατάρτιση.
- **Εξάλειψη ανισοτήτων:** Η ενσωμάτωση των νέων τεχνολογιών φέρνει συχνά στην επιφάνεια λανθάνουσες προκαταλήψεις. Τακτικά εργαστήρια ευαισθητοποίησης σε θέματα τεχνολογίας μπορούν να ενημερώσουν τόσο τους προγραμματιστές όσο και τους εκπαιδευτικούς. Υπό αυτό το πρίσμα είναι σημαντικό να διασφαλιστεί η ευρύτερη ισότητα, αμβλύνοντας τις ανισότητες στην πρόσβαση ή στα αποτελέσματα που σχετίζονται με κοινωνικοοικονομικούς και πολιτιστικούς παράγοντες.
- **Τεχνολογική ανάπτυξη:** Οι προγραμματιστές θα πρέπει να είναι δεκτικοί στην ανατροφοδότηση από την εκπαιδευτική κοινότητα ώστε να βελτιώνουν συνεχώς τα εργαλεία εικονικής πραγματικότητας ως προς τη χρηστικότητα και την προσβασιμότητα. Ένας τέτοιος επαναληπτικός σχεδιασμός, που ενημερώνεται από τις επιτόπιες εμπειρίες, εξασφαλίζει ένα αποτελεσματικότερο οικοσύστημα μάθησης.
- **Εκπαιδευτική πολιτική:** Οι αρχικές μελέτες σχετικά με την εικονική πραγματικότητα στην εκπαίδευση έχουν χαράξει την επιφάνεια. Η ολοκληρωμένη έρευνα, η οποία λαμβάνει υπόψη ποικίλες μεταβλητές όπως το κοινωνικοοικονομικό υπόβαθρο, μπορεί να προσφέρει

πλουσιότερες γνώσεις. Τέτοια ισχυρά ερευνητικά ευρήματα θα πρέπει να αποτελέσουν το θεμέλιο λίθο πάνω στον οποίο θα οικοδομηθούν οι εκπαιδευτικές πολιτικές για την εικονική πραγματικότητα.

- **Εκπαιδευτική στρατηγική:** Η ισότιμη υιοθέτηση της εικονικής πραγματικότητας απαιτεί την απαιτούμενη υποδομή. Τα σχολεία μπορεί να χρειαστεί να χαράξουν στρατηγική για τον προϋπολογισμό, να αναζητήσουν επιχορηγήσεις ή να συνεργαστούν με εταιρείες και πανεπιστήμια. Επιπλέον, η εικονική πραγματικότητα θα πρέπει να εναρμονίζεται απρόσκοπτα με το πρόγραμμα σπουδών, προωθώντας συγκεκριμένους μαθησιακούς στόχους.
- **Εκπαιδευτική έρευνα:** Οι αρχικές μελέτες σχετικά με την εικονική πραγματικότητα στην εκπαίδευση έχουν δείξει πολύ θετικά αποτελέσματα. Η εικονική πραγματικότητα, ως ένας εναλλακτικός τρόπος μάθησης, φαίνεται να προσφέρει μια βαθύτερη κατανόηση των θεμάτων και μια πιο διαδραστική εμπειρία στους μαθητές. Τέτοια ισχυρά ερευνητικά ευρήματα θα πρέπει να αποτελέσουν το θεμέλιο λίθο πάνω στον οποίο θα οικοδομηθούν οι εκπαιδευτικές πολιτικές του μέλλοντος.

6.2.Συστάσεις για μελλοντικές εργασίες

Οι ακόλουθες συστάσεις προτείνουν κατευθύνσεις για το μελλοντικό έργο, διασφαλίζοντας ότι η ενσωμάτωση της εικονικής πραγματικότητας στο εκπαιδευτικό περιβάλλον θα είναι διαφοροποιημένη, δίκαιη και καινοτόμος.

- Η αναγνώριση των ανισοτήτων μεταξύ των φύλων στην εκπαίδευση είναι ζωτικής σημασίας. Με τη χρήση της εικονικής πραγματικότητας στην εκπαίδευση, υπάρχει η δυνατότητα να διερευνηθούν και να κατανοηθούν καλύτερα οι διαφορές στη μάθηση, τα αποτελέσματα και οι αντιλήψεις ανάμεσα στα δύο φύλα.
- Η συμβολή της εικονικής πραγματικότητας και των παραδοσιακών μεθόδων διδασκαλίας χρειάζεται σχολαστική εξέταση. Ο προσδιορισμός των βέλτιστων πρακτικών μπορεί να αναβαθμίσει τις εκπαιδευτικές εμπειρίες και να βελτιώσει τα γνωστικά αποτελέσματα.
- Δεδομένης της καθλωτικής φύσης της εικονικής πραγματικότητας, είναι ζωτικής σημασίας η ανάλυση των επιπτώσεών της στο γνωστικό φορτίο. Η έρευνα θα πρέπει να καθοδηγεί την ανάπτυξη εργαλείων εικονικής πραγματικότητας, εξασφαλίζοντας πλούσιες και σωστά δομημένες εμπειρίες.

- Για να αποφευχθεί η όξυνση των εκπαιδευτικών ανισοτήτων, είναι επιτακτική η έρευνα γύρω από τα κοινωνικοοικονομικά εμπόδια που δυσχεραίνουν την υιοθέτηση της εικονικής πραγματικότητας.
- Αναγνωρίζοντας την ποικιλομορφία των μαθητών, οι μελέτες θα πρέπει να διερευνήσουν πώς η εικονική πραγματικότητα μπορεί να προσαρμοστεί για διάφορα μαθησιακά προφίλ, εξασφαλίζοντας προσαρμοστικότητα και αποτελεσματικότητα.
- Η ενσωμάτωση της ανατροφοδότησης σε πραγματικό χρόνο ανοίγει το δρόμο για δυναμικά οικοσυστήματα μάθησης που ανταποκρίνονται στις μοναδικές ανάγκες αλλά και ικανότητες που έχουν οι μαθητές.
- Πέρα από τις άμεσες επιπτώσεις, είναι σημαντικό να χαρτογραφηθεί η μακροπρόθεσμη επίδραση της εικονικής πραγματικότητας στην εκπαιδευτική πορεία και τη δια βίου μάθηση.
- Η εισαγωγή της εικονικής πραγματικότητας τόσο στο κοινωνικό όσο και στο εκπαιδευτικό πλαίσιο απαιτεί μια διεξοδική ανάλυση των ηθικών ζητημάτων και επιπτώσεων συμπεριλαμβανομένου του απόρρητου των δεδομένων, τις πιθανές ψυχολογικές επιπτώσεις, κ.ο.κ.
- Η κατανόηση των εκπαιδευτικών επιπτώσεων της εικονικής πραγματικότητας υπερβαίνει την παιδαγωγική. Μια διεπιστημονική προσέγγιση, που αντλεί από τομείς όπως η ψυχολογία και η κοινωνιολογία, μπορεί να προσφέρει ολιστικές γνώσεις.
- Καθώς οι αίθουσες διδασκαλίας σε όλο τον κόσμο αγκαλιάζουν την εικονική πραγματικότητα, η αποτύπωση της παγκόσμιας αφήγησής της καθίσταται ζωτικής σημασίας. Οι έρευνες θα πρέπει να επικεντρώνονται στη δημιουργία περιεχομένου που αντανακλά τις πραγματικές συνθήκες του κόσμου, ενώ ταυτόχρονα προωθούν την κατανόηση και την εκπαίδευση με σεβασμό προς όλες τις πολιτισμικές και κοινωνικές ιδιαιτερότητες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abdelmaged, M. A. M. (2021). Implementation of Virtual Reality in Healthcare, Entertainment, Tourism, Education, and Retail Sectors. *MPRA Paper*, Article 110491. <https://ideas.repec.org/p/pramprapa/110491.html>
- Abdullah, J., Mohd-Isa, W.-N., & Samsudin, M. (2019). Virtual reality to improve group work skill and self-directed learning in problem-based learning narratives. *Virtual Reality*, 23. <https://doi.org/10.1007/s10055-019-00381-1>
- Adams, J. C., Hayunga, D. K., Mansi, S., Reeb, D. M., & Verardi, V. (2018). *Identifying and Treating Outliers in Finance* (SSRN Scholarly Paper 2986928). <https://doi.org/10.2139/ssrn.2986928>
- Akdere, M., Acheson, K., & Jiang, Y. (2021). An examination of the effectiveness of virtual reality technology for intercultural competence development. *International Journal of Intercultural Relations*, 82, 109–120. <https://doi.org/10.1016/j.ijintrel.2021.03.009>
- Alsawaier, R. S. (2018). The effect of gamification on motivation and engagement. *The International Journal of Information and Learning Technology*, 35(1), 56–79. <https://doi.org/10.1108/IJILT-02-2017-0009>
- Andrade, A. (2015). Game engines: A survey. *EAI Endorsed Transactions on Game-Based Learning*, 2(6), 150615. <https://doi.org/10.4108/eai.5-11-2015.150615>
- Babich, N. (2019). *How VR In Education Will Change How We Learn And Teach*.
- Brace, I. (2018). *Questionnaire Design: How to Plan, Structure and Write Survey Material for Effective Market Research*. Kogan Page Publishers.
- Buckley, P., & Doyle, E. (2016). Gamification and student motivation. *Interactive Learning Environments*, 24(6), 1162–1175. <https://doi.org/10.1080/10494820.2014.964263>

- Bustillo, A., Alaguero, M., Miguel, I., Saiz, J. M., & Iglesias, L. S. (2015). A flexible platform for the creation of 3D semi-immersive environments to teach Cultural Heritage. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 2(4), 248–259. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2015.11.002>
- Cao, Y., Ng, G.-W., & Ye, S.-S. (2023). Design and Evaluation for Immersive Virtual Reality Learning Environment: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 15(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/su15031964>
- CHALLENGER, J., & Ma, M. (2019). A Review of Augmented Reality Applications for History Education and Heritage Visualisation. *Multimodal Technologies and Interaction*, 3(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/mti3020039>
- Chang, T. P., Beshay, Y., Hollinger, T., & Sherman, J. M. (2019). Comparisons of Stress Physiology of Providers in Real-Life Resuscitations and Virtual Reality–Simulated Resuscitations. *Simulation in Healthcare: The Journal of the Society for Simulation in Healthcare*, 14(2), 104–112. <https://doi.org/10.1097/SIH.0000000000000356>
- Checa, D., Miguel-Alonso, I., & Bustillo, A. (2021). Immersive virtual-reality computer-assembly serious game to enhance autonomous learning. *Virtual Reality*. <https://doi.org/10.1007/s10055-021-00607-1>
- Chen, L.-W., Tsai, J.-P., Kao, Y.-C., & Wu, Y.-X. (2019). Investigating the learning performances between sequence- and context-based teaching designs for virtual reality (VR)-based machine tool operation training. *Computer Applications in Engineering Education*, 27(5), 1043–1063. <https://doi.org/10.1002/cae.22133>
- Christopoulos, A., Mystakidis, S., Cachafeiro, E., & Laakso, M.-J. (2023). Escaping the cell: Virtual reality escape rooms in biology education. *Behaviour & Information Technology*, 42(9), 1434–1451. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2022.2079560>

- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2018). *Research methods in education* (Eighth edition). Routledge.
- CRYENGINE* - Crytek's powerful game development platform. (2019).
<https://www.crytek.com/cryengine>
- Darabkh, K. A., Alturk, F. H., & Sweidan, S. Z. (2018). VRCDEA-TCS: 3D virtual reality cooperative drawing educational application with textual chatting system. *Computer Applications in Engineering Education*, 26(5), 1677–1698.
<https://doi.org/10.1002/cae.22017>
- de Klerk, R., Duarte, A. M., Medeiros, D. P., Duarte, J. P., Jorge, J., & Lopes, D. S. (2019). Usability studies on building early stage architectural models in virtual reality. *Automation in Construction*, 103, 104–116.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.009>
- Fokides, E., Atsikpasi, P., Kaimara, P., & Deliyannis, I. (2019). Let players evaluate serious games. Design and validation of the Serious Games Evaluation Scale. *ICGA Journal*, 41(3), 116–137. <https://doi.org/10.3233/ICG-190111>
- Greenwald, S., Corning, W., Funk, M., & Maes, P. (2018). Comparing Learning in Virtual Reality with Learning on a 2D Screen Using Electrostatics Activities. *JUCS - Journal of Universal Computer Science*, 24(2), Article 2. <https://doi.org/10.3217/jucs-024-02-0220>
- Hoy, W. (2010). *Quantitative Research in Education: A Primer*. SAGE Publications, Inc.
<https://doi.org/10.4135/9781452272061>
- Ibañez Etxeberria, A., Gomez Carrasco, C., Merillas, O., & García Ceballos, S. (2020). Virtual Environments and Augmented Reality Applied to Heritage Education. An Evaluative Study. *Applied Sciences*, 10, 2352. <https://doi.org/10.3390/app10072352>

International Tourism and The COVID-19 Pandemic: The Use of Virtual Reality to Increase Tourism Destination Sustainability and How Users Perceive The Authenticity of VR Experiences | Jurnal Kepariwisata Indonesia: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Kepariwisata *Indonesia*. (2022).

<http://ejournal.kemenparekraf.go.id/index.php/jki/article/view/194>

Jerald, J., Giokaris, P., Woodall, D., Hartholt, A., Chandak, A., & Kuntz, S. (2014). Developing virtual reality applications with Unity. *2014 IEEE Virtual Reality (VR)*, 1–3. <https://doi.org/10.1109/VR.2014.6802117>

Kaplan-Rakowski, R., & Gruber, A. (2019). Low-Immersion versus High-Immersion Virtual Reality: Definitions, Classification, and Examples with a Foreign Language Focus. *Conference Proceedings. Innovation in Language Learning 2019*. https://conference.pixel-online.net/library_scheda.php?id_abs=4232

Karafotias, G., Gkourdoglou, G., Maroglou, C., Koliniatis, C., Loumos, G., Kargas, A., & Varoutas, D. (2022). Developing VR applications for cultural heritage to enrich users' experience: The case of Digital Routes in Greek History's Paths (RoGH project). *International Journal of Cultural Heritage*, 07. <https://www.iaras.org/iaras/home/caijch/developing-vr-applications-for-cultural-heritage-to-enrich-users-experience-the-case-of-digital-routes-in-greek-history-s-paths-rogh-project>

Kim, S., Heo, R., Chung, Y., Kim, J. M., Kwon, M. P., Seo, S. C., Park, G.-H., & Kim, M.-K. (2019). Virtual Reality Visualization Model (VRVM) of the Tricarboxylic Acid (TCA) Cycle of Carbohydrate Metabolism for Medical Biochemistry Education. *Journal of Science Education and Technology*, 28, 602–612. <https://doi.org/10.1007/s10956-019-09790-y>

- King, A. P., & Eckersley, R. J. (2019). Chapter 7 - Inferential Statistics IV: Choosing a Hypothesis Test. In A. P. King & R. J. Eckersley (Eds.), *Statistics for Biomedical Engineers and Scientists* (pp. 147–171). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102939-8.00016-5>
- Kucuk, S., Yilmaz, R., Baydas, O., & Goktas, Y. (2014). Augmented Reality Applications Attitude Scale in Secondary Schools: Validity and Reliability Study. *Eğitim ve Bilim*, 39, 383–392. <https://doi.org/10.15390/EB.2014.3590>
- Kutner, M. H. (Ed.). (2005). *Applied linear statistical models* (5th ed). McGraw-Hill Irwin.
- Lee, J. J., & Hu-Au, E. (2021). E3XR: An Analytical Framework for Ethical, Educational and Eudaimonic XR Design. *Frontiers in Virtual Reality*, 2, 697667. <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.697667>
- Lele, A. (2011). Virtual reality and its military utility. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 4. <https://doi.org/10.1007/s12652-011-0052-4>
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 22 140, 55–55.
- Maheshwari, I., & Maheshwari, P. (2020). Effectiveness of Immersive VR in STEM Education. *2020 Seventh International Conference on Information Technology Trends (ITT)*, 7–12. <https://doi.org/10.1109/ITT51279.2020.9320779>
- Makransky, G., Borre-Gude, S., & Mayer, R. E. (2019). Motivational and cognitive benefits of training in immersive virtual reality based on multiple assessments. *Journal of Computer Assisted Learning*, 35(6), 691–707. <https://doi.org/10.1111/jcal.12375>
- Makransky, G., & Lilleholt, L. (2018). A structural equation modeling investigation of the emotional value of immersive virtual reality in education. *Educational Technology*

- Research and Development*, 66(5), 1141–1164. <https://doi.org/10.1007/s11423-018-9581-2>
- Makransky, G., Terkildsen, T. S., & Mayer, R. E. (2019). Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *Learning and Instruction*, 60, 225–236. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.12.007>
- Marr, B. (2019). *What Is Extended Reality Technology? A Simple Explanation For Anyone*. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2019/08/12/what-is-extended-reality-technology-a-simple-explanation-for-anyone/>
- Marto, A., Gonçalves, A., Melo, M., & Bessa, M. (2022). A survey of multisensory VR and AR applications for cultural heritage. *Computers & Graphics*, 102, 426–440. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2021.10.001>
- Mayer, R. E. (2019). Computer Games in Education. *Annual Review of Psychology*, 70, 531–549. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010418-102744>
- McDonald, R. P. (1999). *Test Theory: A Unified Treatment*. Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9781410601087>
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 70, 29–40. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1994). Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, 2351. <https://doi.org/10.1117/12.197321>

- Munsters, W., & Richards, G. (2010). Methods in cultural tourism research: The state of the art. In G. Richards & W. Munsters (Eds.), *Cultural Tourism Research Methods* (pp. 209–214). CABI. <https://doi.org/10.1079/9781845935184.0209>
- Nonparametric Statistical Methods, 3rd Edition* | Wiley. (n.d.). Wiley.Com. Retrieved July 16, 2023, from <https://www.wiley.com/en-ie/Nonparametric+Statistical+Methods%2C+3rd+Edition-p-9780470387375>
- Nuanmeesri, S., & Poomhira, L. (2019). Perspective Electrical Circuit Simulation with Virtual Reality. *International Journal of Online and Biomedical Engineering (IJOE)*, 15(05), Article 05. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v15i05.9653>
- Oculus Quest Store: VR Games, Apps, & More.* (2019). Oculus. <https://www.oculus.com/experiences/quest/>
- OpenXR - High-performance access to AR and VR—collectively known as XR—platforms and devices.* (2016, December 6). The Khronos Group. <https://www.khronos.org/openxr/>
- Pellas, N., Dengel, A., & Christopoulos, A. (2020). A Scoping Review of Immersive Virtual Reality in STEM Education. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 13(4), 748–761. <https://doi.org/10.1109/TLT.2020.3019405>
- Puggioni, M., Frontoni, E., Paolanti, M., & Pierdicca, R. (2021). SchoolAR: An Educational Platform to Improve Students’ Learning Through Virtual Reality. *IEEE Access*, 9, 21059–21070. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3051275>
- Rahman, M. S. (2016). The Advantages and Disadvantages of Using Qualitative and Quantitative Approaches and Methods in Language “Testing and Assessment” Research: A Literature Review. *Journal of Education and Learning*, 6(1), 102. <https://doi.org/10.5539/jel.v6n1p102>

- Ratcliffe, J., Soave, F., Bryan-Kinns, N., Tokarchuk, L., & Farkhatdinov, I. (2021). Extended Reality (XR) Remote Research: A Survey of Drawbacks and Opportunities. *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–13. <https://doi.org/10.1145/3411764.3445170>
- Rickards, G., Magee, C., & Artino, A. R. (2012). You Can't Fix by Analysis What You've Spoiled by Design: Developing Survey Instruments and Collecting Validity Evidence. *Journal of Graduate Medical Education*, 4(4), 407–410. <https://doi.org/10.4300/JGME-D-12-00239.1>
- Shi, A., Wang, Y., & Ding, N. (2019). The effect of game-based immersive virtual reality learning environment on learning outcomes: Designing an intrinsic integrated educational game for pre-class learning. *Interactive Learning Environments*, 30, 1–14. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1681467>
- Soto-Martin, O., Fuentes-Porto, A., & Martin-Gutierrez, J. (2020). A Digital Reconstruction of a Historical Building and Virtual Reintegration of Mural Paintings to Create an Interactive and Immersive Experience in Virtual Reality. *Applied Sciences*, 10(2), 597. <https://doi.org/10.3390/app10020597>
- Southgate, E., Smith, S. P., Cividino, C., Saxby, S., Kilham, J., Eather, G., Scevak, J., Summerville, D., Buchanan, R., & Bergin, C. (2019). Embedding immersive virtual reality in classrooms: Ethical, organisational and educational lessons in bridging research and practice. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 19, 19–29. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.10.002>
- Su, G. E., Jasmin, J., & Ismail, A. W. (2022). Virtual Reality Maze: Multiplayer Game for Android Smartphone. *International Journal of Innovative Computing*, 12(2), Article 2. <https://doi.org/10.11113/ijic.v12n2.367>

- Tarnag, W., Lee, C., Lin, C.-M., & Chen, W. (2017). Applications of virtual reality in learning the photoelectric effect of liquid crystal display. *Computer Applications in Engineering Education*, 26. <https://doi.org/10.1002/cae.21957>
- Tavakol, M., & Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. *International Journal of Medical Education*, 2, 53–55. <https://doi.org/10.5116/ijme.4dfb.8dfd>
- Thorn, A. (2011). *Game Engine Design and Implementation*. Jones & Bartlett Publishers.
- Toftedahl, M., & Engström, H. (2019). *A Taxonomy of Game Engines and the Tools that Drive the Industry*. DiGRA 2019, The 12th Digital Games Research Association Conference, Kyoto, Japan, August, 6-10, 2019. <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:his:diva-17706>
- Unity Real-Time Development Platform | 3D, 2D, VR & AR Engine*. (2019). Unity. <https://unity.com>
- Unreal Engine | The most powerful real-time 3D creation tool*. (2020). Unreal Engine. <https://www.unrealengine.com/en-US>
- Vaughan, N., Gabrys, B., & Dubey, V. N. (2016). An overview of self-adaptive technologies within virtual reality training. *Computer Science Review*, 22, 65–87. <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2016.09.001>
- Wolfartsberger, J. (2019). Analyzing the potential of Virtual Reality for engineering design review. *Automation in Construction*, 104, 27–37. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.018>
- Xie, J. (2012). Research on key technologies base Unity3D game engine. *2012 7th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE)*, 695–699. <https://doi.org/10.1109/ICCSE.2012.6295169>

- Yildirim, G., Elban, M., & Yildirim, S. (2018). Analysis of Use of Virtual Reality Technologies in History Education: A Case Study. *Asian Journal of Education and Training*, 4, 62–69. <https://doi.org/10.20448/journal.522.2018.42.62.69>
- Yu, Z. (2021). A meta-analysis of the effect of virtual reality technology use in education. *Interactive Learning Environments*, 0(0), 1–21. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1989466>
- Zhang, W., & Wang, Z. (2021). Theory and Practice of VR/AR in K-12 Science Education—A Systematic Review. *Sustainability*, 13(22), 12646. <https://doi.org/10.3390/su132212646>
- Ελληνικό Σχολείο Εικονικής Πραγματικότητας*. (2019). ClassVR. <https://www.classvr.com/gr/>