



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΠΜΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ

Μεταπτυχιακή Εργασία

«Σχεδιασμός και Ανάπτυξη συστήματος εικονικής
πραγματικότητας: Εφαρμογή στην εκπαίδευση κυβερνητών
μικρών σκαφών»

Παναγιώτης Αθανάσιος Γεωργίου

Επιβλέπων: Καθηγητής Χρυσόστομος Στύλιος

Άρτα, Ιούνιος, 2025

« Design and Development of a Virtual Reality System:
Application in Small Boat Operator Training »

Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή

Άρτα, 16/06/2025

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Επιβλέπων Καθηγητής
 Στύλιος Χρυσόστομος
2. Μέλος Επιτροπής
 Χριστόπουλος Αθανάσιος
3. Μέλος Επιτροπής
 Γλαβάς Ευριπίδης

© Γεωργίου Παναγιώτης Αθανάσιος 2025.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Δήλωση μη λογοκλοπής

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

Γεωργίου, Παναγιώτης Αθανάσιος.



Υπογραφή

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή, Στύλιο Χρυσόστομο, για την πολύτιμη καθοδήγηση και την υποστήριξη που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Αθανάσιο Χριστόπουλο που μου παρείχε τις απαραίτητες συμβουλές και κατευθυντήριες γραμμές για την εκπόνηση της διπλωματικής.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους και την οικογένεια μου για την πολύτιμη υποστήριξη στην προσπάθεια αυτή και ιδιαίτερα τους γονείς μου και τον αδερφό μου που στάθηκαν δίπλα μου σε όλα τα χρόνια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ναυτική εκπαίδευση απαιτεί προηγμένες γνώσεις στη ναυσιπλοΐα, τη διαχείριση συμβάντων έκτακτης ανάγκης και τη λήψη αποφάσεων υπό πίεση. Οι παραδοσιακές μέθοδοι εκπαίδευσης, όπως η θεωρητική διδασκαλία και η εξάσκηση επί του σκάφους, έχουν περιορισμούς όσον αφορά την ασφαλή αναπαραγωγή ρεαλιστικών σεναρίων υψηλού κινδύνου. Η παρούσα μελέτη επικεντρώνεται στην ανάπτυξη και αξιολόγηση ενός προσομοιωτή ναυτικής εκπαίδευσης βασισμένου στην Εικονική Πραγματικότητα (Ε.Π.), ο οποίος έχει σχεδιαστεί για να ενισχύει την εκμάθηση κρίσιμων ναυτικών διαδικασιών μέσω διαδραστικών και καθηλωτικών σεναρίων. Ο προσομοιωτής περιλαμβάνει δύο βασικά εκπαιδευτικά σενάρια: (α) Διάσωση ανθρώπου στην θάλασσα (MOB), όπου οι χρήστες εξασκούνται στην αναγνώριση και τον χειρισμό καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, και (β) Πλοήγηση στην θάλασσα ακολουθώντας μια προκαθορισμένη διαδρομή, με στόχο τη βελτίωση της αντίληψης του χώρου και των δεξιοτήτων πλοήγησης.

Η έρευνα ακολούθησε ποσοτική μεθοδολογία, με τη συμμετοχή είκοσι ατόμων και τη χρήση των ερωτηματολογίων ITQ και VRUSE για τη μέτρηση της εμπύθισης, της χρηστικότητας και της συνολικής εμπειρίας. Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με περιγραφικά στατιστικά και μη παραμετρικούς ελέγχους (Spearman & Mann–Whitney).

Τα αποτελέσματα ανέδειξαν υψηλά επίπεδα αποδοχής του προσομοιωτή, με θετικές αξιολογήσεις στις διαστάσεις της ευχρηστίας, της καταλληλότητας και της διαισθητικότητας. Η προηγούμενη εμπειρία σε VR συνδέθηκε με αυξημένη άνεση στη χρήση και μειωμένα συμπτώματα ναυτίας, ενώ η προδιάθεση για εμπύθιση σχετίστηκε με θετικότερη αντιληπτή αποτελεσματικότητα.

Συμπερασματικά, η μελέτη επιβεβαιώνει ότι η Εικονική Πραγματικότητα αποτελεί ασφαλές, ελκυστικό και αποτελεσματικό εργαλείο για τη ναυτική εκπαίδευση αρχαρίων, προσφέροντας ρεαλιστικά σενάρια εξάσκησης χωρίς φυσικούς κινδύνους.

Λέξεις Κλειδιά: Εικονική Πραγματικότητα (ΕΠ), Προσομοίωση, Εκπαίδευση, Μηχανή Unity.

ABSTRACT

Maritime training calls for advanced knowledge in navigation, emergency management, and decision-making under pressure. Conventional training techniques, like classroom instruction and onboard practice, have limitations when it comes to safely simulating realistic, high-risk situations. In order to improve the learning of important maritime procedures through immersive and interactive scenarios, this study focuses on the development and assessment of a virtual reality (VR)-based maritime training simulator. Two primary training scenarios are included in the simulator: (a) Man Overboard (MOB), which allows users to practice identifying and responding to emergency situations, and (b) waypoint-based sea navigation, which enhances navigational skills and spatial awareness.

The research followed a quantitative methodology with twenty participants, using the ITQ and VRUSE questionnaires to assess immersion, usability, and overall user experience. Data were analyzed using descriptive statistics and non-parametric tests (Spearman & Mann–Whitney).

According to the results, the simulator was well-liked and received high marks for usability, appropriateness, and intuitiveness. Immersion tendencies were linked to more favorable opinions of effectiveness, while prior VR experience was linked to improved usability and decreased simulator sickness.

In conclusion, the study confirms that VR is a safe, engaging, and effective tool for novice maritime training, offering realistic practice without physical risk.

Keywords: Virtual Reality (VR), Simulation, Education, Unity Engine.

Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	15
1.1. Σημασία της Έρευνας	17
1.2. Συμβολή της Έρευνας.....	18
2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	20
2.1. Η Εικονική Πραγματικότητα στην Εκπαίδευση.....	20
2.1.1. <i>Εικονική Πραγματικότητα στην Ανώτατη και Επαγγελματική Εκπαίδευση</i>	21
2.1.2. <i>Εικονική Πραγματικότητα στην Εκπαίδευση Επιστημών</i>	21
2.1.1. <i>Εικονική Πραγματικότητα στην Ιατρική Εκπαίδευση</i>	22
2.1.2. <i>Εικονική Πραγματικότητα στην Εκπαίδευση Πιλότων και Οδηγών</i>	23
2.1.3. <i>Η Εικονική Πραγματικότητα στη Ναυτική Εκπαίδευση</i>	23
2.2. Παιχνιδοκεντρική Μάθηση	25
3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ	27
3.1. Μηχανές Παιχνιδιών	27
3.1.1. Μηχανές Παιχνιδιών – Βασικοί Διαχειριστές.....	27
3.1.2. Είδη Μηχανών Παιχνιδιών	28
3.2. Μηχανή Unity	30
3.3. Blender.....	31
4. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	33
4.1. Αρχιτεκτονική του Συστήματος	33
4.2. Περιβάλλον Ανάπτυξης	34
4.3. Περιγραφή Εφαρμογής.....	35
4.3.1. Εκπαιδευτικά Σενάρια	38
4.3.2. Ροή Χρήσης Εφαρμογής.....	39
4.4. Μετρικές Απόδοσης	44

4.5.	Προκλήσεις και Τεχνικοί Περιορισμοί	45
5.	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	48
5.1.	Εκπαιδευτικός Σχεδιασμός	48
5.2.	Ερευνητικός Σχεδιασμός	50
5.3.	Συμμετέχοντες	53
5.4.	Ερευνητικά Εργαλεία	54
5.4.1.	Ψυχομετρικό εργαλείο αξιολόγησης εμβυθιστικών τάσεων (<i>Immersive Tendencies Questionnaire - ITQ</i>)	54
5.4.2.	Ψυχομετρικό Εργαλείο Αξιολόγησης Ευχρηστίας Εφαρμογών Εικονικής Πραγματικότητας (<i>Virtual Reality Usefulness Scale for Education – VRUSE</i>)	56
5.5.	Ανάλυση Δεδομένων	57
5.5.1.	Αξιολόγηση Αξιοπιστίας Ψυχομετρικών Εργαλείων	58
5.5.2.	Μεθοδολογία Στατιστικής Ανάλυσης	58
5.5.3.	Στατιστική Ανάλυση Ερευνητικών Ερωτημάτων	59
6.	ΕΥΡΗΜΑΤΑ	61
6.1.	Περιγραφική Στατιστική Ανάλυση	61
6.1.1.	Δημογραφικά	61
6.1.2.	Αξιολόγηση Εμπειρίας Χρήσης Εικονικής Πραγματικότητας	61
6.2.	Επίδραση Τεχνολογικής Εμπειρίας στην Αξιολόγηση του Συστήματος Εικονικής Πραγματικότητας	62
6.3.	Αλληλεπίδραση Εμβύθισης και Μαθησιακής Εμπειρίας	64
6.3.1.	Διαστάσεις Εμβύθισης	64
6.3.2.	Διαστάσεις Χρηστικότητας	64
6.3.3.	Ανάλυση Ομάδων Εμβύθισης	65
7.	ΣΥΖΗΤΗΣΗ	66
8.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ & ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ	69

8.1. Θεωρητική Συνεισφορά	69
8.2. Πρακτικές Κατευθύνσεις	69
9. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ	71
9.1. Μεθοδολογικοί Περιορισμοί.....	71
9.2. Κατευθύνσεις για Μελλοντική Έρευνα	71
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	75
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	83
Δημογραφικά Στοιχεία	83
Ερωτηματολόγιο Εμβυσθιστικών Τάσεων - ΙΤQ.....	84
VRUSE	87

Εικόνα 1 Βασικοί Διαχειριστές (Thorn, 2011)	28
Εικόνα 2 Διάγραμμα αρχιτεκτονικής του συστήματος	33
Εικόνα 3 Πρώιμη ανάπτυξη της εφαρμογής σε HDRP	36
Εικόνα 4 Λιμάνι Εφαρμογής.....	37
Εικόνα 5 Σχεδιασμός βάρκας στο Blender	38
Εικόνα 6 Σενάριο Πλοήγησης (Αριστερά) Σενάριο Διάσωσης (Δεξιά)	39
Εικόνα 7 Σκηνή Κεντρικού Μενού στην Εφαρμογή	40
Εικόνα 8 Στιγμιότυπο από το σενάριο Εκμάθηση Ναυτικών Κανόνων Πλοήγησης.....	41
Εικόνα 9 Στιγμιότυπο από το σενάριο Πλοήγησης Σε Προκαθορισμένα Σημεία.....	42
Εικόνα 10 Στιγμιότυπο από το σενάριο Πλοήγησης με Μανούβρα Anderson	43
Εικόνα 11 Στιγμιότυπο από το σενάριο Διάσωσης Ναυαγού	44
Εικόνα 12 Ο Κύκλος Μάθησης των Τεσσάρων Σταδίων του David Kolb	48
Εικόνα 13 Στιγμιότυπο από το σενάριο πλοήγησης	49
Εικόνα 14 Επισκόπηση του ερευνητικού σχεδιασμού.	51

Πίνακας 1 Είδη Μηχανών	29
Πίνακας 2 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία	62
Πίνακας 3 Συσχετίσεις τεχνολογικής εμπειρίας και αξιολόγησης συστήματος.....	63
Πίνακας 4 Συσχετίσεις μεταξύ διαστάσεων εμπύθισης και εκπαιδευτικής εμπειρίας	65
Πίνακας 5 Δημογραφικές ερωτήσεις ερωτηματολογίου.....	83
Πίνακας 6 Δομή και περιεχόμενο των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου ITQ ανά ψυχομετρική διάσταση.....	84
Πίνακας 7 Δομή και περιεχόμενο των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου VRUSE ανά ψυχομετρική διάσταση.....	87

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ναυτιλιακή βιομηχανία αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο του παγκόσμιου εμπορίου, μεταφέροντας άνω του 80% των διεθνών αγαθών ετησίως. Η ελληνική ναυτιλία διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στη διεθνή ναυτιλιακή βιομηχανία, ελέγχοντας περισσότερο από το 20% του παγκόσμιου στόλου. Την τελευταία δεκαετία, η συνολική δυναμικότητα του ελληνικού εμπορικού στόλου, που απαριθμεί 5.543 πλοία, σημείωσε αύξηση 53.5%. Επιπρόσθετα, η ελληνική ναυτιλία αντιπροσωπεύει άνω του 60% του στόλου που ελέγχεται από την Ευρωπαϊκή Ένωση, υπογραμμίζοντας τη στρατηγική της σημασία για την ευρωπαϊκή οικονομία και την ασφάλεια της εφοδιαστικής αλυσίδας (The International Perspective, 2024; IMO, n.d.).

Παρά τη ζωτική σημασία του ναυτιλιακού τομέα, οι δραστηριότητές του παραμένουν εξαιρετικά επικίνδυνες και απαιτούν εξειδικευμένη εκπαίδευση για την ελαχιστοποίηση των σφαλμάτων και τη διασφάλιση της ασφάλειας (Kim et al., 2021). Μολονότι οι παραδοσιακές μέθοδοι εκπαίδευσης (π.χ., η δια ζώσης διδασκαλία) προσφέρουν συγκεκριμένα πλεονεκτήματα, οι περιορισμοί τους καθίστανται εμφανείς όταν εφαρμόζονται ως αποκλειστική μέθοδος κατάρτισης. Σύμφωνα με τους Wahl & Kongsvik (2018), οι συμβατικές μέθοδοι, όπως η θεωρητική εκμάθηση και η περιορισμένη πρακτική άσκηση επί του σκάφους, δεν προετοιμάζουν επαρκώς τους ναυτικούς για τις απαιτητικές συνθήκες υψηλής πίεσης των ναυτιλιακών επιχειρήσεων. Ωστόσο, η εκπαίδευση αποδεικνύεται αποτελεσματικότερη όταν συνδυάζει θεωρητική διδασκαλία με προσομοιωτική εκπαίδευση, ιδιαίτερα όταν τα θέματα συνδέονται άμεσα με συγκεκριμένες επιχειρησιακές ανάγκες. Για άτομα με περιορισμένη ή μηδενική ναυτική εμπειρία, τα εμπόδια αυτά εντείνονται, δημιουργώντας σημαντικά κενά στην επιχειρησιακή ετοιμότητα (Hiteshk, 2019).

Μία από τις κυριότερες προκλήσεις στη ναυτική εκπαίδευση είναι η γεφύρωση του χάσματος μεταξύ θεωρητικής γνώσης και πρακτικής εφαρμογής. Οι εκπαιδευόμενοι συχνά στερούνται ευκαιριών εξάσκησης σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, πλοήγησης υπό δυσμενείς συνθήκες ή λήψης κρίσιμων αποφάσεων σε σύνθετα περιβάλλοντα. Το κενό αυτό προκαλεί ιδιαίτερη ανησυχία, δεδομένου ότι το ανθρώπινο σφάλμα παραμένει η κύρια αιτία ναυτικών ατυχημάτων, συμβάλλοντας άμεσα ή έμμεσα σε ποσοστό άνω του 70-80% των περιστατικών στη θάλασσα (Roh & Park, 2023). Μάλιστα, το 58% των

τυχαίων περιστατικών και το 70% των μη τυχαίων συμβάντων στη ναυτιλία σχετίζονται με επιχειρησιακά λάθη στο πλοίο, καταδεικνύοντας την ανάγκη για βελτιωμένη εκπαίδευση και κατάρτιση του προσωπικού (Galieriková, 2019).

Επιπλέον, μελέτες δείχνουν ότι το ανθρώπινο σφάλμα ευθύνεται για πάνω από το 85% των ναυτικών ατυχημάτων, με τις ελλείψεις στην επικοινωνία, την αντίληψη της κατάστασης και τη διαδικασία λήψης αποφάσεων να αποτελούν κρίσιμους παράγοντες κινδύνου (Dominguez-Péry et al., 2021). Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι το 30-50% των διαρροών πετρελαίου στη θάλασσα οφείλονται άμεσα ή έμμεσα σε ανθρώπινα λάθη, με σοβαρές περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις (Dominguez-Péry et al., 2021)

Η δυσκολία δημιουργίας ασφαλών, οικονομικά αποδοτικών και προσβάσιμων εκπαιδευτικών περιβαλλόντων υπογραμμίζει περαιτέρω την ανάγκη για καινοτόμες λύσεις, όπως η Εικονική Πραγματικότητα (ΕΠ), η οποία μπορεί να προσφέρει ρεαλιστικές προσομοιώσεις κρίσιμων ναυτικών σεναρίων και να ενισχύσει την ετοιμότητα των ναυτικών με ελάχιστο κίνδυνο και χαμηλότερο κόστος εκπαίδευσης (Mallam et al., 2019).

Η ΕΠ αναδεικνύεται ως μετασχηματιστικό εργαλείο που προσφέρει λύση στις προαναφερθείσες προκλήσεις (Mallam et al., 2019). Μέσω της προσομοίωσης ρεαλιστικών και καθηλωτικών ναυτικών σεναρίων, η ΕΠ παρέχει στους εκπαιδευόμενους πρακτική εμπειρία σε ελεγχόμενο περιβάλλον χωρίς κινδύνους. Ερευνητικές μελέτες καταδεικνύουν ότι ενισχύει τη δέσμευση των εκπαιδευομένων, τη διατήρηση της γνώσης και τις ικανότητες λήψης αποφάσεων (Sharma & Karoor, 2024). Σε αντιδιαστολή με τους συμβατικούς προσομοιωτές, η ΕΠ επιτρέπει στους εκπαιδευόμενους να βιώσουν κρίσιμες καταστάσεις, όπως η πλοήγηση, η αποφυγή σύγκρουσης και οι διαδικασίες απόπλου, εξαλείφοντας παράλληλα τους κινδύνους που συνδέονται με την εκπαίδευση επί του σκάφους. Επιπλέον, προσφέρεται ιδιαίτερα για την εκπαίδευση ατόμων χωρίς προηγούμενη ναυτική εμπειρία, παρέχοντάς τους τη δυνατότητα ανάπτυξης θεμελιωδών δεξιοτήτων με αποτελεσματικό και αποδοτικό τρόπο.

Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στην ανάπτυξη και αξιολόγηση ενός προσομοιωτή ναυτιλιακών διαδικασιών σε περιβάλλον ΕΠ, ειδικά σχεδιασμένου για άτομα με περιορισμένη ή μηδενική ναυτική εμπειρία. Αξιοποιώντας τις δυνατότητες της

ΕΠ για την προσομοίωση πραγματικών συνθηκών, ο προσομοιωτής στοχεύει στην υπέρβαση των περιορισμών των συμβατικών τεχνικών εκπαίδευσης, συμβάλλοντας στην ευρύτερη υιοθέτηση καινοτόμων τεχνολογιών στη ναυτική εκπαίδευση και προωθώντας ασφαλέστερες και αποτελεσματικότερες λειτουργίες στον κλάδο.

1.1. Σημασία της Έρευνας

Ο ναυτιλιακός κλάδος αντιμετωπίζει διαχρονικά σημαντικές προκλήσεις στους τομείς της ασφάλειας και της εκπαίδευσης, γεγονός που αντικατοπτρίζεται στο υψηλό ποσοστό (70-80%) των ναυτικών ατυχημάτων που αποδίδονται στον ανθρώπινο παράγοντα (Roh & Park, 2023). Οι παραδοσιακές μέθοδοι κατάρτισης, συμπεριλαμβανομένης της διδασκαλίας σε αίθουσα και της περιορισμένης πρακτικής άσκησης στο πλοίο, εμφανίζουν εγγενείς περιορισμούς. Σύμφωνα με τον Hiteshk (2019), οι μέθοδοι αυτές χαρακτηρίζονται από υψηλό κόστος, λειτουργική πολυπλοκότητα και αδυναμία παροχής ασφαλών περιβαλλόντων για την εξάσκηση σε σενάρια υψηλού κινδύνου. Το γεγονός αυτό δημιουργεί σημαντικά κενά στην προετοιμασία των εκπαιδευομένων, ιδιαίτερα εκείνων χωρίς προηγούμενη ναυτική εμπειρία, για την αντιμετώπιση πραγματικών επιχειρησιακών συνθηκών. Πρόσφατη μελέτη των Ishak et al. (2019) επιβεβαιώνει ότι η έλλειψη τεχνικών γνώσεων αποτελεί τον σημαντικότερο παράγοντα ανθρώπινου σφάλματος που οδηγεί σε ναυτικά ατυχήματα, περισσότερο από την κόπωση ή την κακή επικοινωνία. Η διαπίστωση αυτή τεκμηριώνει την ύπαρξη άμεσης σύνδεσης μεταξύ των εκπαιδευτικών ελλείψεων και επιχειρησιακών λαθών, ενισχύοντας λοιπόν την ανάγκη για εκσυγχρονισμό της ναυτικής εκπαίδευσης με καινοτόμες μεθόδους.

Η αναζήτηση αποτελεσματικών εκπαιδευτικών μεθόδων υποστηρίζεται από σύγχρονες θεωρίες μάθησης. Συγκεκριμένα, η θεωρία της πολυμεσικής μάθησης (Mayer, 2014) τεκμηριώνει πως η παράλληλη ενεργοποίηση πολλαπλών αισθητηριακών καναλιών κατά τη διαδικασία μάθησης ενισχύει τη γνωστική επεξεργασία και τη μακροπρόθεσμη διατήρηση της γνώσης. Μεταξύ των 12 αρχών σχεδιασμού της θεωρίας πολυμεσικής μάθησης (Mayer, 2002), τρεις έχουν ιδιαίτερη εφαρμογή στα περιβάλλοντα ΕΠ για ναυτική εκπαίδευση: η τμηματοποίηση (segmenting), η χωρική και χρονική εγγύτητα (spatial and temporal contiguity) και η προεκπαίδευση (pre-training). Η ΕΠ, ως τεχνολογία που συνδυάζει οπτικά και ακουστικά ερεθίσματα σε ένα διαδραστικό

περιβάλλον, προσφέρει τη δυνατότητα πολυαισθητηριακής μάθησης ενώ ενισχύει σημαντικά τόσο την απόκτηση όσο και τη διατήρηση πρακτικών δεξιοτήτων, όπως επιβεβαιώνουν πρόσφατες έρευνες (Mallam et al., 2019; Kim et al., 2021).

Επιπλέον, η χρήση ΕΠ μπορεί να συμβάλει στη μείωση του κόστους, των ατυχημάτων και στη βελτιστοποίηση της απόδοσης των ναυτικών εκπαιδευτικών οργανισμών. Σύμφωνα με μελέτη κόστους-οφέλους (Kazura et al., 2024), η εκπαίδευση μέσω ΕΠ απαιτεί σημαντικά χαμηλότερους πόρους σε σχέση με τη φυσική εκπαίδευση, μειώνει τον χρόνο κατάρτισης και επιτρέπει επαναλαμβανόμενα σενάρια εξάσκησης χωρίς επιπλέον κόστος ή κινδύνους.

Παρότι η ΕΠ έχει αποδείξει την αποτελεσματικότητά της σε διάφορους εκπαιδευτικούς τομείς, η αξιοποίησή της στη ναυτική εκπαίδευση βρίσκεται ακόμη σε πρώιμο στάδιο (Sharma & Karoor, 2024). Το γεγονός αυτό δημιουργεί μια σημαντική ευκαιρία για τον κλάδο, καθώς η ΕΠ προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα στην εκπαίδευση ναυτικών όπως την προσομοίωση πολύπλοκων επιχειρησιακών σεναρίων και καταστάσεων έκτακτης ανάγκης σε ένα ασφαλές περιβάλλον, παρέχοντας στους εκπαιδευόμενους τη δυνατότητα να αποκτήσουν εμπειρία χωρίς τους κινδύνους και τους περιορισμούς της πρακτικής εκπαίδευσης εν πλω.

Υπό το πρίσμα των ανωτέρω, καθίσταται επιτακτική η περαιτέρω διερεύνηση και ανάπτυξη καινοτόμων μεθόδων εκπαίδευσης που αξιοποιούν την τεχνολογία ΕΠ για τη διασφάλιση της ασφάλειας, της προσβασιμότητας και της αποτελεσματικότητας της ναυτικής εκπαίδευσης, ανταποκρινόμενες στις ανάγκες ενός ευρέος φάσματος εκπαιδευομένων.

1.2. Συμβολή της Έρευνας

Για την αντιμετώπιση των προαναφερθεισών προκλήσεων, στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, σχεδιάστηκε, αναπτύχθηκε και αξιολογήθηκε ένας προσομοιωτής πλοίου, ειδικά προσαρμοσμένος για άτομα με περιορισμένη ή μηδενική ναυτική εμπειρία, βασισμένος στην τεχνολογία ΕΠ. Στο πλαίσιο αυτής της προσπάθειας, η έρευνα συμβάλλει στο πεδίο μέσω των ακόλουθων αξόνων:

- **Καινοτομία στη ναυτική εκπαίδευση:** Η έρευνα διερευνά την ενσωμάτωση της τεχνολογίας ΕΠ στη ναυτική εκπαίδευση, εστιάζοντας στην προσομοίωση ρεαλιστικών θαλάσσιων επιχειρήσεων. Ο προσομοιωτής παρέχει τη δυνατότητα πρακτικής εξάσκησης σε κρίσιμες δεξιότητες, συμπεριλαμβανομένων της πλοήγησης και της λήψης αποφάσεων, εντός ασφαλούς και ελεγχόμενου περιβάλλοντος.
- **Προσβασιμότητα:** Ο προσομοιωτής έχει σχεδιαστεί με γνώμονα την προσβασιμότητα για άτομα χωρίς προηγούμενη ναυτική εμπειρία ώστε να διευρυνθεί το φάσμα των δυνητικών εκπαιδευομένων και να προαχθεί η συμμετοχή διαφορετικών ομάδων στον ναυτιλιακό κλάδο, υποστηρίζοντας την εκπαίδευση αρχαρίων.
- **Αξιολόγηση εναλλακτικών μεθόδων μάθησης:** Η μελέτη παρέχει τεκμηριωμένη αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της εκπαίδευσης που βασίζεται σε εικονικά περιβάλλοντα, με έμφαση στη διατήρηση γνώσεων, την ανάπτυξη δεξιοτήτων και τη μεταφορά τους σε πραγματικές συνθήκες.
- **Ναυτική ασφάλεια:** Μέσω των προσομοιώσεων, η έρευνα στοχεύει στην ενίσχυση της ναυτικής ασφάλειας μέσω δύο βασικών μηχανισμών: (α) της συστηματικής εξάσκησης σε κρίσιμες διαδικασίες και καταστάσεις έκτακτης ανάγκης χωρίς κίνδυνο, και (β) της ανάπτυξης αυτοματοποιημένων αντανακλαστικών και βελτιωμένης λήψης αποφάσεων υπό πίεση.

Βάσει των ανωτέρω στόχων, διατυπώθηκαν τα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα (ΕΕ):

ΕΕ1: Ποια σχέση υπάρχει μεταξύ της προηγούμενης εμπειρίας στην ψηφιακή τεχνολογία και της αποτελεσματικότητας της εκπαίδευσης σε προσομοιωμένα θαλάσσια περιβάλλοντα;

ΕΕ2: Πώς η εμπύθιση σε εικονικά περιβάλλοντα επηρεάζει τη μαθησιακή εμπειρία και την αντιληπτή ικανότητα των αρχαρίων ασκουμένων ναυτικών;

2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Η τεχνολογία της ΕΠ έχει εξελιχθεί ραγδαία τα τελευταία χρόνια και έχει γίνει οικονομικά προσιτή και εύκολα προσβάσιμη για ένα ευρύ φάσμα χρήσεων πέρα από την διασκέδαση (Xie et al., 2021). Ένας από τους τομείς όπου η ΕΠ έχει σημαντικό αντίκτυπο είναι η εκπαίδευση, προσφέροντας νέες δυνατότητες για τη μάθηση και την κατάρτιση μέσω διαδραστικών και καθηλωτικών εμπειριών. Στην ανώτατη και επαγγελματική εκπαίδευση, η ΕΠ λειτουργεί ως γέφυρα μεταξύ θεωρητικής γνώσης και πρακτικής εφαρμογής, βοηθώντας τους εκπαιδευόμενους να κατανοήσουν αφηρημένες έννοιες και να εξασκηθούν σε ρεαλιστικά σενάρια. Ιδιαίτερα σημαντική είναι και η συμβολή της ΕΠ στην ιατρική εκπαίδευση, όπου δίνει τη δυνατότητα στους φοιτητές να αναπτύξουν πρακτικές δεξιότητες και να εξασκηθούν σε προσομοιωμένες χειρουργικές διαδικασίες χωρίς τους κινδύνους της πραγματικής πρακτικής άσκησης. Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικότερα οι εφαρμογές της ΕΠ στους παραπάνω τομείς, αναδεικνύοντας τον ρόλο της ως εργαλείο μάθησης και επαγγελματικής ανάπτυξης. Παρακάτω ακολουθεί μια επισκόπηση των εφαρμογών της ΕΠ σε αυτούς τους τομείς.

2.1. Η Εικονική Πραγματικότητα στην Εκπαίδευση

Η ραγδαία εξέλιξη της ΕΠ έχει φέρει επανάσταση στον τομέα της εκπαίδευσης, προσφέροντας καινοτόμα περιβάλλοντα μάθησης που προάγουν την ενεργό συμμετοχή και την εις βάθος κατανόηση. Σε σύγκριση με τις συμβατικές διδακτικές μεθόδους, η ΕΠ επιτρέπει στους εκπαιδευόμενους να εξερευνήσουν και να αλληλεπιδράσουν με αφηρημένες έννοιες μέσα σε ένα ασφαλές, προσομοιωμένο περιβάλλον, ενισχύοντας παράλληλα τα κίνητρα μάθησης (Bernuy et al., 2021).

Επιπλέον, η ΕΠ έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματική στην αύξηση της εμπλοκής των μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες, προσφέροντας προσαρμοσμένα και διαδραστικά περιβάλλοντα μάθησης. Ωστόσο, η εισαγωγή της ΕΠ στην εκπαίδευση αντιμετωπίζει προκλήσεις, όπως η ανάγκη για αυξημένη ψηφιακή παιδεία των μαθητών και η επαρκής κατάρτιση των εκπαιδευτικών στη χρήση της τεχνολογίας αυτής (Lin et al., 2024).

2.1.1. Εικονική Πραγματικότητα στην Ανώτατη και Επαγγελματική Εκπαίδευση

Στην τριτοβάθμια εκπαίδευση, η ΕΠ διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη γεφύρωση του χάσματος μεταξύ θεωρίας και πράξης. Έρευνες δείχνουν ότι οι φοιτητές αναπτύσσουν βαθύτερη κατανόηση αφηρημένων εννοιών και βελτιώνουν την ικανότητα εφαρμογής της γνώσης σε πραγματικές συνθήκες (Fitria, 2023).

Επιπλέον, η δυνατότητα οπτικοποίησης και χειρισμού αντικειμένων σε ένα διαδραστικό περιβάλλον συμβάλλει στην ενίσχυση της θεωρητικής κατανόησης και την ανάπτυξη πρακτικών δεξιοτήτων (Long, Zhang & Zeng, 2024).

Η ΕΠ έχει επίσης σημαντικές εφαρμογές στην επαγγελματική εκπαίδευση και κατάρτιση. Στην εκπαίδευση πυρόσβεσης, για παράδειγμα, οι προσομοιώσεις ΕΠ επιτρέπουν στους εκπαιδευόμενους να εξασκηθούν σε επικίνδυνα σενάρια χωρίς φυσικό κίνδυνο, ενισχύοντας την επιχειρησιακή ετοιμότητα και την αυτοπεποίθηση στη διαχείριση κρίσεων υψηλής πίεσης (Kazura et al., 2024).

Παρά τα οφέλη της ΕΠ (VR) στην τριτοβάθμια και επαγγελματική εκπαίδευση, αρκετές προκλήσεις εμποδίζουν την απρόσκοπτη ενσωμάτωσή της όπως η προσβασιμότητα και η οικονομική προσιτότητα. Η αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων είναι απαραίτητη για τη μεγιστοποίηση των δυνατοτήτων της ΕΠ ως αποτελεσματικού εκπαιδευτικού εργαλείου (Laine & Lee, 2024).

2.1.2. Εικονική Πραγματικότητα στην Εκπαίδευση Επιστημών

Στην εκπαίδευση επιστημονικών πεδίων, όπως η φυσική, η χημεία και η βιολογία, η ΕΠ έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα χρήσιμη. Διευκολύνει τους μαθητές να εκτελούν πειράματα που θα ήταν επικίνδυνα, ακριβά ή αδύνατα να εκτελεστούν σε ένα παραδοσιακό εργαστήριο (Christopoulos et al., 2023). Επιπλέον, μελέτες έχουν δείξει ότι η μάθηση μέσω ΕΠ βελτιώνει σημαντικά τη μνήμη και την κατανόηση των φοιτητών συγκριτικά με τις παραδοσιακές μεθόδους (Makransky & Lilleholt, 2018).

Τα τελευταία χρόνια, η χρήση της ΕΠ στη STEM εκπαίδευση (Φυσικές Επιστήμες, Τεχνολογία, Μηχανική και Μαθηματικά) έχει αυξηθεί σημαντικά. Προγράμματα που ενσωματώνουν την ΕΠ βοηθούν τους μαθητές να κατανοήσουν πολύπλοκες

επιστημονικές έννοιες, όπως η φυσική των κυμάτων ή η χημική αλληλεπίδραση μορίων, μέσα από διαδραστικά πειράματα και προσομοιώσεις (Elford et al., 2021).

Οι ψηφιακές τάξεις και τα εικονικά εργαστήρια έχουν αποκτήσει ιδιαίτερη δημοτικότητα, καθώς επιτρέπουν στους μαθητές να συμμετέχουν σε πρακτικές δραστηριότητες εξ αποστάσεως. Αυτό μεγιστοποιεί την προσβασιμότητα της εκπαίδευσης και μειώνει το κόστος υποδομών, παρέχοντας μια πιο ευέλικτη μαθησιακή εμπειρία (Reeves & Crippen, 2020).

2.1.1. Εικονική Πραγματικότητα στην Ιατρική Εκπαίδευση

Ένας από τους πιο δυναμικούς τομείς εφαρμογής της ΕΠ είναι η ιατρική εκπαίδευση. Οι φοιτητές ιατρικής μπορούν να εξασκηθούν σε χειρουργικές τεχνικές, να εξερευνήσουν ανατομικές δομές σε τρισδιάστατο περιβάλλον και να αναπτύξουν ψυχοκινητικές δεξιότητες και δεξιότητες λήψης αποφάσεων χωρίς την ανάγκη πραγματικών ασθενών ή πτωμάτων (Jiang et al., 2022).

Μελέτες έχουν δείξει ότι οι φοιτητές ιατρικής που χρησιμοποιούν προσομοιώσεις ΕΠ καταφέρνουν να εκτελέσουν χειρουργικές επεμβάσεις με μεγαλύτερη ακρίβεια και με λιγότερα λάθη σε σχέση με όσους έχουν εκπαιδευτεί με παραδοσιακές μεθόδους (Mao et al., 2021).

Επιπλέον, μελέτες έχουν δείξει ότι η ΕΠ μπορεί να μειώσει τα ποσοστά τραυματισμών, να αυξήσει την ταχύτητα των επεμβάσεων και να βελτιώσει τα συνολικά αποτελέσματα, καθιστώντας την ένα πολύτιμο εργαλείο στην εκπαίδευση χειρουργών (Pottle, 2019).

Παρά τα πλεονεκτήματα της Εικονικής Πραγματικότητας (VR) στην ιατρική εκπαίδευση, αρκετές προκλήσεις περιορίζουν την ευρεία εφαρμογή της. Οι μειωμένες αλληλεπιδράσεις πρόσωπο με πρόσωπο στην εκπαίδευση με βάση την ΕΠ μπορεί να επηρεάσουν την ανάπτυξη βασικών διαπροσωπικών δεξιοτήτων μεταξύ ιατρών και ασθενών (Baniasadi et al., 2020).

Επιπλέον, η πολυπλοκότητα του σχεδιασμού αποτελεσματικού περιεχομένου εικονικής πραγματικότητας προσαρμοσμένου σε διαφορετικές ιατρικές ειδικότητες απαιτεί διεπιστημονική συνεργασία, αυξάνοντας το χρόνο και το κόστος ανάπτυξης (Baniasadi et al., 2020).

2.1.2. Εικονική Πραγματικότητα στην Εκπαίδευση Πιλότων και Οδηγών

Η εικονική πραγματικότητα (VR) έχει αναδειχθεί σε αποτελεσματική πηγή για την εκπαίδευση πιλότων και οδηγών, παρέχοντας ασφαλή, ελκυστικά και οικονομικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα (Xie et al., 2021). Στην αεροπλοΐα, η ΕΠ επιτρέπει στους πιλότους να εκπαιδεύονται για διαδικασίες πτήσης, προσγειώσεις έκτακτης ανάγκης και θέματα πλοήγησης χωρίς την ανάγκη πραγματικών αεροσκαφών, με αποτέλεσμα την ενίσχυση της αποτελεσματικότητας της μάθησης κατά 21% έως 32,7% σε σύγκριση με τις συμβατικές τεχνικές (Dymora et al., 2021). Σημαντικό όφελος είναι η ικανότητα επαναλαμβανόμενης εκτέλεσης περίπλοκων διαδικασιών, βελτιώνοντας τη λήψη αποφάσεων και ενισχύοντας την απόδοση μέσω άμεσης ανατροφοδότησης και αξιολόγησης της απόδοσης (Dymora et al., 2021).

Ομοίως, στη διδασκαλία οδήγησης, η ΕΠ βελτιώνει την αναγνώριση κινδύνων, τις αμυντικές ικανότητες οδήγησης και τις δεξιότητες αντίδρασης σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, βελτιώνοντας σημαντικά τους χρόνους αντίδρασης και μειώνοντας τις πιθανότητες ατυχημάτων μεταξύ των άπειρων οδηγών (Alonso et al., 2023). Παρόλο τα πλεονεκτήματα, η ΕΠ στην εκπαίδευση πιλότων και οδηγών έχει επίσης και μειονεκτήματα, ιδίως όσον αφορά τη φυσική αισθητηριακή ανατροφοδότηση και τη μεταφορά των δεξιοτήτων σε πραγματικές καταστάσεις. Η έλλειψη φυσικών δυνάμεων, όπως οι δυνάμεις G κατά την πτήση ή η πρόσφυση στο δρόμο κατά την οδήγηση, μειώνει την αυθεντικότητα των προσομοιώσεων, καθιστώντας πιο δύσκολο για τους εκπαιδευόμενους να αναπτύξουν ακριβή μυϊκή μνήμη και χωρική επίγνωση (Alonso et al., 2023).

2.1.3. Η Εικονική Πραγματικότητα στη Ναυτική Εκπαίδευση

Η ναυτιλιακή βιομηχανία παρουσιάζει μοναδικές προκλήσεις εκπαίδευσης λόγω της φύσης υψηλού κινδύνου, της λειτουργικής πολυπλοκότητας και της εξάρτησης από την ανθρώπινη ακρίβεια. Οι συμβατικές προσεγγίσεις, όπως η διδασκαλία στην τάξη και η μαθητεία επί του σκάφους, συχνά αποτυγχάνουν να προετοιμάσουν επαρκώς τα άτομα για κρίσιμα σενάρια όπως οι αντιδράσεις έκτακτης ανάγκης, η αποφυγή σύγκρουσης ή η πλοήγηση με αντίξοες καιρικές συνθήκες (Mallam et al., 2019).

Αυτές οι μέθοδοι έχουν υψηλό κόστος και δεν μπορούν να αναπαραγάγουν ρεαλιστικά και με ασφάλεια τα πραγματικά θαλάσσια περιβάλλοντα (Mallam et al., 2019). Επιπλέον, η εκπαίδευση εν πλω δεν επιτρέπει επαναλαμβανόμενη εξάσκηση σε επικίνδυνες διαδικασίες, καθώς είναι είτε αδύνατη είτε ριψοκίνδυνη (Mallam et al., 2019).

Με την παραγωγή ρεαλιστικών προσομοιώσεων που μιμούνται τις δυσκολίες των θαλάσσιων επιχειρήσεων, η ΕΠ (VR) και οι ναυτιλιακοί προσομοιωτές παρέχουν έναν τρόπο να παρακάμψουν αυτούς τους περιορισμούς. Επιτρέπουν ασφαλή και ρεαλιστική εκπαίδευση σε κρίσιμα σενάρια, βελτιώνοντας τη μάθηση, μειώνοντας τα λάθη και αυξάνοντας την απόδοση των ναυτικών (Mallam et al., 2019). Επίσης, οι φορητές τεχνολογίες προσομοίωσης μειώνουν το κόστος και επιτρέπουν την εκπαίδευση από απόσταση, χωρίς να απαιτείται φυσική παρουσία σε κέντρο εκπαίδευσης (Mallam et al., 2019).

Για παράδειγμα, τα συστήματα προσομοίωσης σωσίβιας λέμβου ΕΠ επιτρέπουν στους εκπαιδευόμενους να εξασκούν εκκενώσεις έκτακτης ανάγκης σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα, όπως το STCW, χωρίς να τους εκθέτουν σε πραγματικό κίνδυνο (Nguyen et al., 2024).

Παρόμοια, η ΕΠ χρησιμοποιείται εκτενώς στην εκπαίδευση πυρόσβεσης και διαχείρισης εκτάκτων αναγκών, επιτρέποντας στους ναυτικούς να εξασκούνται σε τεχνικές κατάσβεσης πυρκαγιάς, πρωτόκολλα εκκένωσης και διαδικασίες αντίδρασης σε κρίσεις σε ελεγχόμενο εικονικό περιβάλλον, μειώνοντας τον κίνδυνο λαθών σε πραγματικές καταστάσεις (Vukelic et al., 2023).

Επιπλέον, η εκπαίδευση μηχανικών πλοίου με ΕΠ επιτρέπει την εξοικείωση με συστήματα μηχανοστασίου, διαδικασίες διάγνωσης βλαβών και αντιμετώπιση τεχνικών προβλημάτων, βελτιώνοντας την επιχειρησιακή ετοιμότητα και μειώνοντας τα λειτουργικά λάθη (Markopoulos & Luimula, 2020).

Παράλληλα, τα σενάρια έρευνας και διάσωσης (SAR) και διαδικασίες «άνθρωπος στην θάλασσα» (MOB) σε ΕΠ επιτρέπουν στους ναυτικούς να εκπαιδεύονται σε διασώσεις υπό δύσκολες καιρικές συνθήκες, νυχτερινές επιχειρήσεις και ρίψη σωστικών μέσων, ενισχύοντας την ετοιμότητά τους σε πραγματικά περιστατικά (Miyusov et al., 2022).

Η πανδημία COVID-19 επιτάχυνε περαιτέρω την υιοθέτηση της ΕΠ στη ναυτική εκπαίδευση, καθώς η φυσική πρόσβαση στις εγκαταστάσεις εκπαίδευσης ήταν περιορισμένη. Το γεγονός αυτό οδήγησε τα ιδρύματα να στραφούν στην ΕΠ και τους προσομοιωτές ως εναλλακτικές λύσεις για να εξασφαλίσουν τη συνέχεια στην εκπαίδευση και την ανάπτυξη δεξιοτήτων (Renganayagalu et al., 2022). Αυτή η αλλαγή υποδεικνύει τις δυνατότητες της εικονικής πραγματικότητας όχι μόνο να βελτιώσει τις πρακτικές ναυτικής εκπαίδευσης αλλά και να διασφαλίσει την προσαρμοστικότητα απέναντι σε απρόβλεπτες προκλήσεις.

2.2. Παιχνιδοκεντρική Μάθηση

Η παιχνιδοποίηση (gamification), δηλαδή η χρήση μηχανισμών παιχνιδιού σε μη ψυχαγωγικά περιβάλλοντα, έχει αποκτήσει σημαντική απήχηση στην εκπαίδευση ως μέσο για την ενίσχυση της εμπλοκής, των κινήτρων και της γνωστικής επεξεργασίας των μαθητών. Όταν συνδυάζεται με την ΕΠ, προσφέρει μια καθηλωτική και διαδραστική μαθησιακή εμπειρία που διευκολύνει την ενεργό συμμετοχή και την εφαρμογή δεξιοτήτων στον πραγματικό κόσμο (Baah et al., 2024).

Μελέτες έχουν δείξει ότι μηχανισμοί παιχνιδιών, όπως οι πόντοι, τα επίπεδα, οι προκλήσεις και οι πίνακες κατάταξης, μπορούν να ενισχύσουν σημαντικά τα κίνητρα των μαθητών παρέχοντας σαφείς στόχους, άμεση ανατροφοδότηση και την αίσθηση της επίτευξης (Kwemoi, 2024). Αυτό είναι ιδιαίτερα ευεργετικό σε σύνθετα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, όπου οι εκπαιδευόμενοι πρέπει να παραμείνουν αφοσιωμένοι για παρατεταμένες περιόδους. Η έρευνα των Baah et al. (2024) υπογραμμίζει ότι η ενσωμάτωση της παιχνιδοποίησης στην ΕΠ οδηγεί σε υψηλότερη δέσμευση και διατήρηση της γνώσης, καθώς οι εκπαιδευόμενοι αισθάνονται μεγαλύτερη αίσθηση συμμετοχής και ιδιοκτησίας ως υπεύθυνοι της μαθησιακής τους διαδικασίας.

Πέρα από τα κίνητρα, η παιχνιδοποίηση στην ΕΠ έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζει θετικά το γνωστικό φορτίο και τη διατήρηση της γνώσης. Η καθηλωτική φύση της ΕΠ επιτρέπει στους εκπαιδευόμενους να αλληλεπιδρούν με το εκπαιδευτικό υλικό με τρόπο που ενισχύει την ενεργητική μάθηση (Baah et al., 2024).

Παρά τα πλεονεκτήματά της, η ενσωμάτωση της παιχνιδοποίησης στην εκπαίδευση ΕΠ δεν είναι χωρίς προκλήσεις. Μελέτες δείχνουν ότι τα κακώς σχεδιασμένα στοιχεία

παιχνιδοποίησης μπορεί να οδηγήσουν σε απόσπαση της προσοχής αντί για εμπλοκή, ιδίως εάν οι μηχανισμοί του παιχνιδιού επισκιάζουν τους εκπαιδευτικούς στόχους (Kiselicki et al., 2024).

3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

3.1. Μηχανές Παιχνιδιών

Η μηχανή παιχνιδιού (game engine) είναι ένα επαναχρησιμοποιήσιμο λογισμικό πλαίσιο που περιλαμβάνει βασικά υποσυστήματα όπως η απόδοση γραφικών, ο ήχος, ο χειρισμός σύγκρουσης και η λογική παιχνιδιού. Επιτρέπει την ανάπτυξη πολλαπλών παιχνιδιών με κοινή τεχνολογική βάση, διαφοροποιώντας μόνο τα δεδομένα (όπως κόσμοι, χαρακτήρες, κανόνες) (Gregory, 2018).

Σε αντίθεση με παιχνίδια που έχουν σκληρά ενσωματωμένη λογική (hard-coded), μια πραγματική μηχανή παιχνιδιού βασίζεται σε αρχιτεκτονική καθοδηγούμενη από δεδομένα (data-driven) και μπορεί να προσαρμοστεί σε διαφορετικά είδη παιχνιδιών με ελάχιστες τροποποιήσεις στον κώδικα (Gregory, 2018).

Αν και οι μηχανές διαφέρουν ανάλογα με το είδος (π.χ. FPS, RTS), πολλές σύγχρονες μηχανές, όπως το Unity και η Unreal Engine, επιτρέπουν τη δημιουργία διαφορετικών ειδών παιχνιδιών, με τον βαθμό γενικότητας να σχετίζεται άμεσα με την απόδοση και τη βελτιστοποίηση για συγκεκριμένες χρήσεις (Gregory, 2018).

3.1.1. Μηχανές Παιχνιδιών – Βασικοί Διαχειριστές

Από αρχιτεκτονική άποψη, μια τυπική μηχανή παιχνιδιού αποτελείται από πολλαπλά υποσυστήματα, γνωστά ως διαχειριστές (managers), καθένας από τους οποίους αναλαμβάνει μια διακριτή λειτουργία του παιχνιδιού, όπως η φυσική, η εισαγωγή δεδομένων χρήστη ή η διαχείριση σφαλμάτων. Αυτή η κατάτμηση της λειτουργικότητας σε ανεξάρτητους διαχειριστές διευκολύνει τον εντοπισμό σφαλμάτων, τη συντήρηση του κώδικα και την καλύτερη οργάνωση του συστήματος (Thorn, 2011).

Κάθε στοιχείο διαχειριστή μπορεί να ανήκει σε μία από δύο κατηγορίες: απαραίτητο και μη απαραίτητο. Αυτή η κατηγοριοποίηση σχετίζεται με τη σημασία του για τα πιο απλά παιχνίδια. Αν ένα πολύ απλό παιχνίδι δεν μπορεί να λειτουργήσει χωρίς έναν συγκεκριμένο διαχειριστή, τότε αυτός θεωρείται απαραίτητος. Οι πιο απλές μηχανές περιέχουν μόνο τους απαραίτητους διαχειριστές, και η υλοποίηση αυτών των διαχειριστών αντιπροσωπεύει το αρχικό σημείο για την ανάπτυξη μιας μηχανής μετά τη

φάση του σχεδιασμού. Ο παρακάτω πίνακας (εικ. 1) παρουσιάζει κάθε διαχειριστή που έχει χαρακτηριστεί ως απαραίτητος και για δύο λόγους που δικαιολογούν τον λόγο (Thorn, 2011).

Essential Manager	Reasons
Render Manager Status: Essential	1. Game must <i>show on-screen</i> any essential error messages and information. 2. Almost all games feature graphics.
Resource Manager Status: Essential	1. The resource manager processes resources, and the render manager depends on resources. The render manager is essential, and therefore the resource manager is essential. 2. The game must keep a list of all resources for the purposes of memory management and tidy resource unloading.
Scene Manager Status: Essential	1. The scene manager is required to organize the contents of a scene. Without this manager, resources cannot be placed in meaningful arrangements. 2. Scene managers are essential for monitoring game logic.
Input Manager Status: Essential	1. A game depends in part on the input received from the user, and an engine processes user input through the input manager. Therefore, the input manager is an essential manager. 2. User input is necessary to terminate the execution of a game once the gamer has finished playing.
Error Manager Status: Essential	1. Developers cannot be sure their engine is free of all errors through standard debugging techniques. Therefore, an error manager is required to handle errors as they occur. 2. The error manager might need to notify users of errors.

Εικόνα 1 Βασικοί Διαχειριστές (Thorn, 2011)

3.1.2. Είδη Μηχανών Παιχνιδιών

Υπάρχουν δύο είδη μηχανών που κάποιος μπορεί να χρησιμοποιήσει. Το πρώτο είδος είναι οι καθιερωμένες μηχανές όπως η Unity και η Unreal στις οποίες ο χρήστης λαμβάνει μια άδεια χρήσης, δωρεάν ή επί πληρωμή ανάλογα με τις δυνατότητες που χρειάζεται και τις ανάγκες του. Το δεύτερο είδος είναι μηχανές δημιουργημένες από το μηδέν. Η επιλογή μεταξύ των δύο αυτών ειδών έχει τα θετικά και τα αρνητικά (University of Silicon Valley, 2023).

Πίνακας 1 Είδη Μηχανών

Τύπος Μηχανής	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Ανεπτυγμένη Μηχανή	• Εξοικονόμηση πολύ χρόνου. • Δεν απαιτείται ικανότητα πολύπλοκου προγραμματισμού. • Δοκιμασμένο λογισμικό και εργαλεία. • Διαθέσιμη βοήθεια. • Εύκολη και γρήγορη χρήση περιουσίας τρίτων.	• Κόστος χρήσης εκ των προτέρων είτε σε δικαιώματα. • Πιθανή έλλειψη κάποιας λειτουργικότητας. • Συμμόρφωση με τους κανόνες της μηχανής.
Μηχανή από το Μηδέν	• Η ύπαρξη μόνο απαραίτητου κώδικα αυξάνει την απόδοση. • Δεν υπάρχει χρηματικό κόστος για την χρήση. • Ελευθερία στον έλεγχο. • Απόλυτη γνώση της λειτουργίας της μηχανής.	• Χρονοβόρο στην δημιουργία. • Απαιτητικό στην μάθηση για την δημιουργία. • Περιορισμένοι εκπαιδευτικοί πόροι. • Περιορισμένη βοήθεια σε τυχόν σφάλματα και προβλήματα.

3.2. Μηχανή Unity

Το Unity είναι μια σύγχρονη μηχανή παιχνιδιών για ανάπτυξη 2D και 3D εφαρμογών, η οποία ενσωματώνει πλήρες ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) και προσφέρει δυνατότητα εξαγωγής σε πολλές πλατφόρμες, όπως Windows, Android, iOS, WebGL και κονσόλες παιχνιδιών (Vohera et al., 2021). Χάρη στην ευελιξία και την προσβασιμότητά του, αποτελεί μία από τις πιο δημοφιλείς επιλογές παγκοσμίως για εκπαιδευτικά έργα, μικρές ομάδες (indie) αλλά και επαγγελματικά στούντιο (Sinicki, 2021).

Το Unity διαθέτει γραφικό περιβάλλον εργασίας (visual editor) που επιτρέπει τη δημιουργία σκηνών μέσω λειτουργιών “drag and drop”. Οι δημιουργοί μπορούν εύκολα να τοποθετούν αντικείμενα, να τροποποιούν τις ιδιότητές τους και να διαχειρίζονται ιεραρχίες αντικειμένων με τρόπο φιλικό προς τον χρήστη (Sinicki, 2021). Το IDE ενσωματώνει εργαλεία animation, επεξεργασίας φωτισμού και ελέγχου σκηνών, ενώ προσφέρει και προβολή σε πραγματικό χρόνο.

Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα του Unity είναι το Asset Store, το οποίο επιτρέπει σε δημιουργούς να ανεβάζουν και να μοιράζονται έργα, scripts, shaders και γραφικά είτε δωρεάν είτε επί πληρωμή. Αυτό διευκολύνει σημαντικά την ανάπτυξη, καθώς επιταχύνει την παραγωγή περιεχομένου και προσφέρει πρόσβαση σε μια τεράστια κοινότητα υποστήριξης (Sinicki, 2021). Το οικοσύστημα της Unity ενισχύεται από πλήθος plugins και βιβλιοθηκών που προσφέρουν επιπλέον λειτουργικότητες χωρίς να απαιτείται επανασχεδίαση.

Η κύρια γλώσσα προγραμματισμού του Unity είναι η C#, μια ισχυρή, ευρέως χρησιμοποιούμενη γλώσσα, κατάλληλη για εκμάθηση και ιδιαίτερα αποδοτική για ανάπτυξη παιχνιδιών (Buckley, 2021). Παρότι το Unity προεπιλεγμένα χρησιμοποιεί το Visual Studio, οι χρήστες μπορούν να ενσωματώσουν και άλλους επεξεργαστές κώδικα της επιλογής τους (Sinicki, 2021).

Το Unity παρέχει πλήρη υποστήριξη για VR (Virtual Reality) και είναι ιδιαίτερα διαδεδομένο στην ανάπτυξη εφαρμογών για συσκευές όπως το Oculus Quest (Sinicki, 2021). Επιπλέον, η cross-platform φύση του Unity επιτρέπει την εύκολη μεταφορά εφαρμογών σε διαφορετικά λειτουργικά συστήματα και συσκευές. Παρότι η μηχανή δεν φτάνει το επίπεδο των Unreal ή CryEngine όσον αφορά τα υψηλού επιπέδου γραφικά,

αντισταθμίζει αυτό το μειονέκτημα με μεγαλύτερη ευκολία χρήσης και καλύτερη απόδοση σε συσκευές χαμηλών δυνατοτήτων (Vohera et al., 2021· Sinicki, 2021).

Σε σύγκριση με ανταγωνιστικές μηχανές όπως η Unreal Engine και η CryEngine, η Unity ξεχωρίζει λόγω της ευχρηστίας και της καταλληλότητάς της για αρχάριους και μικρές ομάδες ανάπτυξης. Η Unreal υπερέχει σε τεχνικά γραφικά και cinematic εμπειρίες, όμως η Unity παραμένει πρώτη επιλογή για 2D παιχνίδια, mobile εφαρμογές και γρήγορο prototyping (Vohera et al., 2021).

3.3. Blender

Το Blender είναι μια ισχυρή σουίτα δημιουργίας 3D γραφικών ανοιχτού κώδικα που παρέχει ένα ολοκληρωμένο σύνολο εργαλείων για εργασίες όπως μοντελοποίηση, κινούμενα σχέδια, rigging, σκίαση, rendering, compositing, επεξεργασία βίντεο και 2D/3D animation. Έχει γίνει μια ευρέως αποδεκτή λύση μεταξύ των ελεύθερων επαγγελματιών 3D καλλιτεχνών και των μικρών στούντιο, προσφέροντας ένα πλήρες pipeline ανάπτυξης μέσα σε ένα ενιαίο, ενοποιημένο περιβάλλον λογισμικού. Το Blender έχει χρησιμοποιηθεί σε διάφορες επαγγελματικές παραγωγές, όπως το *Life of Pi* και το *Spider-Man 2*, και συνεχίζει να κερδίζει αναγνώριση στις βιομηχανίες animation και ανάπτυξης παιχνιδιών λόγω της ευελιξίας και των αυξανόμενων δυνατοτήτων του (Villar , 2021). Σε αντίθεση με το εμπορικό λογισμικό 3D, το Blender κυκλοφορεί υπό τη Γενική Άδεια Δημόσιας Χρήσης GNU (GPL), επιτρέποντας στους χρήστες όχι μόνο να χρησιμοποιούν ελεύθερα το λογισμικό, αλλά και να έχουν πρόσβαση και να τροποποιούν τον πηγαίο του κώδικα. Αυτό το επίπεδο ελέγχου καθιστά το Blender ιδιαίτερα ελκυστικό για προγραμματιστές, εκπαιδευτικούς και δημιουργούς που επιθυμούν να προσαρμόσουν το εργαλείο στις δικές τους ανάγκες. Η ανάπτυξή του υποστηρίζεται κυρίως από συνεισφορές και δωρεές της κοινότητας και όχι από τέλη αδειοδότησης, γεγονός που συμβάλλει στην ταχεία ανάπτυξη και τη συνεχή εξέλιξή του (Villar , 2021).

Η φιλοσοφία του Blender το διακρίνει επίσης σημαντικά από το εμπορικό λογισμικό. Αντί να ακολουθεί μακροχρόνιες συμβάσεις ή τυποποιημένες ροές εργασίας, το Blender προωθεί μια μοναδική και ευέλικτη προσέγγιση που ενθαρρύνει την εξερεύνηση και τη δημιουργική ανεξαρτησία. Όπως σημειώνεται στο κείμενο το blender, «Δεν ακολουθεί συμβάσεις- ακολουθεί ένα όραμα». Αν και αυτό μπορεί να δημιουργήσει προκλήσεις για

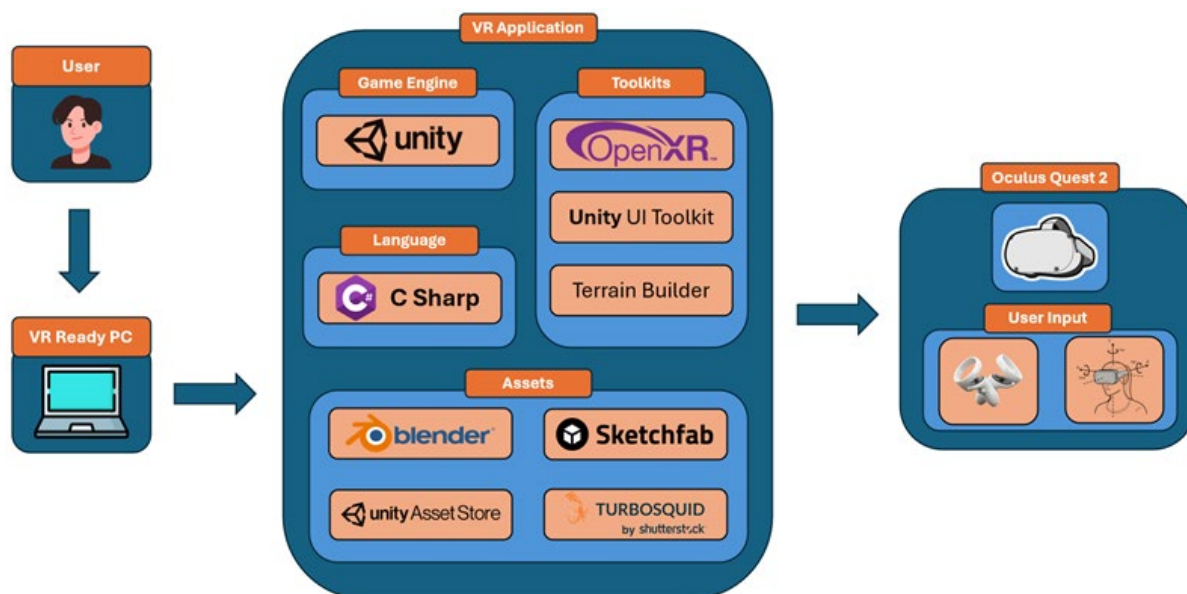
τους χρήστες που μεταβαίνουν από άλλα βιομηχανικά τυποποιημένα λογισμικά, πολλοί το αγκαλιάζουν ως πλεονέκτημα που ενισχύει την καινοτομία και την προσαρμοστικότητα. (Villar , 2021).

Σε αντίθεση με τα ιδιόκτητα εργαλεία όπως το Autodesk 3ds Max και το Maya, τα οποία απαιτούν συνδρομές και περιορίζουν την πρόσβαση στις εσωτερικές βάσεις κωδικών τους, το Blender προσφέρει μια πλήρως διαφανή και τροποποιήσιμη πλατφόρμα. Το εμπορικό λογισμικό συχνά δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ελεύθερα για εμπορικούς σκοπούς ή να τροποποιηθεί εκτός αν ο χρήστης είναι επίσημα συνδεδεμένος με τον προμηθευτή, ενώ η αδειοδότηση του Blender επιτρέπει ρητά την αναδιανομή, την εμπορική χρήση και την ανοιχτή ανάπτυξη. Παρόλο που τα μεγάλα στούντιο μπορεί να εξακολουθούν να προτιμούν ιδιόκτητα εργαλεία λόγω των κληροδοτημένων αγωγών και της συμβατότητας του οικοσυστήματος, το Blender γίνεται γρήγορα μια βιώσιμη και σεβαστή εναλλακτική λύση σε ολόκληρη τη βιομηχανία δημιουργίας ψηφιακού περιεχομένου. (Villar , 2021).

4. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

4.1. Αρχιτεκτονική του Συστήματος

Το ακόλουθο διάγραμμα αρχιτεκτονικής παρέχεται προκειμένου να απεικονιστούν με σαφήνεια τα κύρια στοιχεία της εφαρμογής που αναπτύχθηκε καθώς και η συνολική τεχνολογική υποδομή. Από τον τελικό χρήστη έως την πλατφόρμα εκτέλεσης και τις συγκεκριμένες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται, το διάγραμμα απεικονίζει τα κύρια επίπεδα λειτουργίας του συστήματος



Εικόνα 2 Διάγραμμα αρχιτεκτονικής του συστήματος

Η αρχιτεκτονική διαρθρώνεται σε τέσσερα διακριτά επίπεδα:

Επίπεδο Χρήστη

Ο τελικός χρήστης είναι το υποκείμενο της εκπαιδευτικής εμπειρίας. Αλληλεπιδρά με το σύστημα μέσω συσκευών VR και δέχεται ανατροφοδότηση από το περιβάλλον.

Υπολογιστικό Περιβάλλον

Ο χρήστης αξιοποιεί έναν **VR-Ready υπολογιστή**, ο οποίος:

- Εκτελεί την εφαρμογή Unity,
- Χειρίζεται την απόδοση γραφικών σε πραγματικό χρόνο,
- Συνδέεται με το Oculus Quest 2 μέσω PCVR.

Εφαρμογή Εικονικής Πραγματικότητας

Η εφαρμογή αποτελείται από τέσσερα βασικά υποσυστήματα:

1. Game Engine
 - a. Χρησιμοποιείται η Unity, μια διαδεδομένη μηχανή παιχνιδιών που υποστηρίζει ανάπτυξη 2D/3D και VR.
2. Γλώσσα Προγραμματισμού
 - a. Η C# είναι η κύρια γλώσσα, πλήρως συμβατή με την αρχιτεκτονική του Unity.
3. Toolkits
 - a. OpenXR για διαλειτουργικότητα με πολλαπλές VR συσκευές.
 - b. Unity UI Toolkit για δημιουργία διεπαφών χρήστη.
 - c. Terrain Builder για δημιουργία περιβαλλόντων.
4. Μοντέλα - Assets
 - a. Blender (ιδιοκατασκευή μοντέλων),
 - b. Sketchfab, Turbosquid, Unity Asset Store (έτοιμα 3D assets).

Συσκευή Εξόδου και Αλληλεπίδρασης

- Οπτική αναπαράσταση (Headset)
- Αλληλεπίδραση μέσω χειριστηρίων και ανίχνευσης κίνησης (controllers & head/body tracking)

4.2. Περιβάλλον Ανάπτυξης

Η ανάπτυξη της εφαρμογής πραγματοποιήθηκε στο Unity, χρησιμοποιώντας την LTS έκδοση LTS 2022.2.8f1, η οποία προσφέρει σταθερότητα, μακροχρόνια υποστήριξη και συμβατότητα με σύγχρονες πλατφόρμες και εργαλεία VR. Η Unity επελέγη λόγω της ευρείας υποστήριξης για VR εφαρμογές, της ευχρηστίας της, της μεγάλης κοινότητας υποστήριξης που διαθέτει αλλά και της εμπειρίας μου στην χρήση της μηχανής αυτής.

Το περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) της Unity περιλαμβάνει έναν οπτικό επεξεργαστή σκηνών (Scene Editor), όπου τα αντικείμενα μπορούν να τοποθετηθούν μέσω “drag and drop”, καθώς και εργαλεία για animation, φωτισμό, διαχείριση φυσικής και συγχρονισμού με συσκευές VR. Οι σκηνές οργανώνονται ιεραρχικά και περιλαμβάνουν GameObjects με επιμέρους components, όπως scripts, materials και colliders.

Για την κωδικοποίηση, χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα C#, μέσω του Visual Studio (προεπιλεγμένος επεξεργαστής). Η αρχιτεκτονική της εφαρμογής βασίστηκε σε modular scripts, δηλαδή κομμάτια κώδικα τα οποία επιτελούν μια συγκεκριμένη λειτουργία, τα οποία συνδέονται με τα αντικείμενα του περιβάλλοντος, διευκολύνοντας την επαναχρησιμοποίηση και την επέκταση της λογικής παιχνιδιού.

Η ανάπτυξη αξιοποίησε επιπλέον εργαλεία και τεχνολογίες της Unity όπως:

- **Prefabs:** για την επαναχρησιμοποίηση αντικειμένων όπως κουμπιά, waypoints και σωσίβια.
- **XR Interaction Toolkit:** για την υποστήριξη λειτουργιών VR όπως χειρισμός κουμπιών και UI αλληλεπίδραση.
- **Unity Asset Store:** για το περιβάλλον (terrain), υλικά και ηχητικά εφέ.
- **Animator & Timeline:** για κινούμενες ενέργειες και scripts καθοδηγούμενα από γεγονότα.

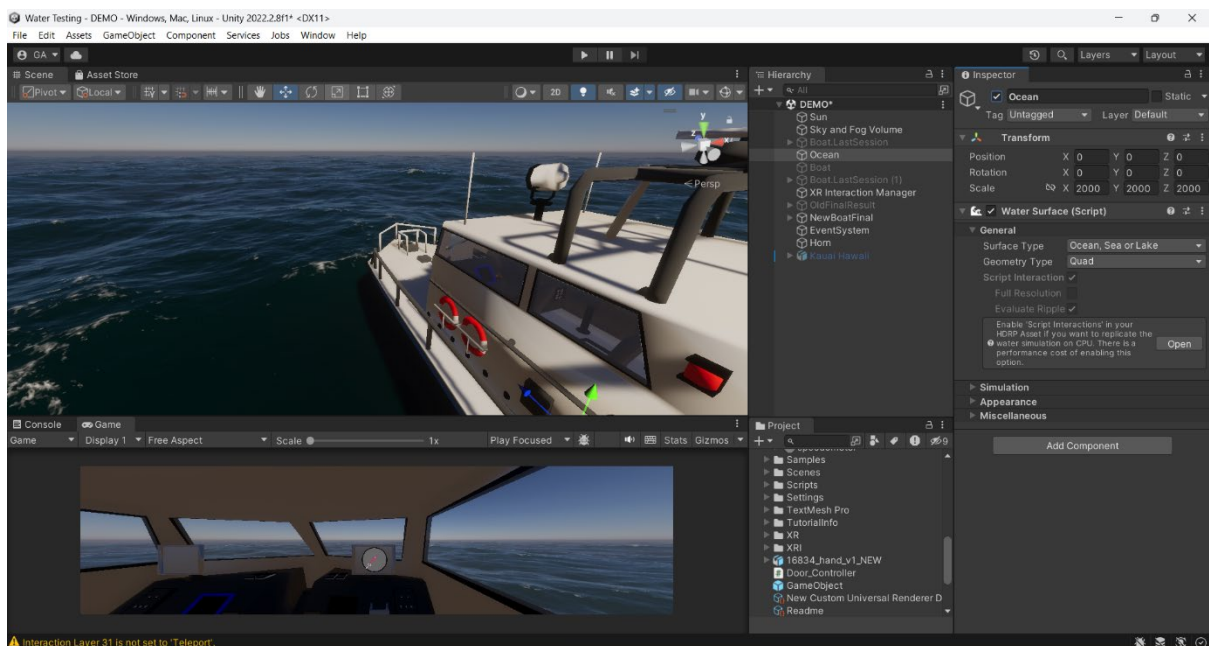
Τέλος, πραγματοποιήθηκε δοκιμή και βελτιστοποίηση για το Oculus Quest 2, με στόχο την ομαλή απόδοση, τη μείωση της ναυτίας και την ορθή απεικόνιση του περιβάλλοντος σε 360°.

4.3. Περιγραφή Εφαρμογής

Η ανάπτυξη της τελικής εφαρμογής προηγήθηκε από ενδελεχή τεχνική διερεύνηση, με στόχο τη δημιουργία ενός ρεαλιστικού και εκπαιδευτικά ωφέλιμου περιβάλλοντος. Καθώς η ρεαλιστική προσομοίωση της θάλασσας και της αλληλεπίδρασής της με αντικείμενα (όπως πλωτά σκάφη) αποτελεί μια πολυπαραγοντική πρόκληση, πραγματοποιήθηκε αρχικά εκτενής μελέτη πάνω στις υπάρχουσες προσεγγίσεις ανάπτυξης φυσικής θάλασσας σε εφαρμογές Unity. Η έρευνα επικεντρώθηκε σε τεχνικές ρεαλιστικής απόδοσης, μοντέλα πλοίων και διαθέσιμα παραδείγματα προσομοίωσης ναυτικής φυσικής σε περιβάλλοντα εικονικής πραγματικότητας.

Η Unity, ως σύγχρονη μηχανή παιχνιδιών, προσφέρει σημαντικά εργαλεία για την ανάπτυξη υψηλής ποιότητας γραφικών και φυσικής, μεταξύ των οποίων συγκαταλέγεται το νέο High Definition Render Pipeline (HDRP) Water System, το οποίο εισήχθη στην

έκδοση 2022 LTS και επεκτάθηκε στην 2023.1 (*The New Water System in Unity 2022 LTS and 2023.1*, n.d.). Το σύστημα αυτό παρέχει ρεαλιστικές αντανάκλασεις, κυματισμούς και δυναμική αλληλεπίδραση νερού με άλλα αντικείμενα, συμβάλλοντας στην παραγωγή γραφικά εντυπωσιακών προσομοιώσεων. Ωστόσο, η υλοποίηση αυτού του συστήματος απαιτεί τη χρήση του HDRP, το οποίο είναι ιδιαίτερα απαιτητικό σε υπολογιστικούς πόρους και συνεπώς ακατάλληλο για φορητές συσκευές όπως το Oculus Quest 2. Για τον λόγο αυτό, κρίθηκε αναγκαίο να επιλεγούν εναλλακτικές λύσεις που να προσφέρουν ικανοποιητικό επίπεδο ρεαλισμού χωρίς να θυσιάζεται η απόδοση σε συστήματα εικονικής πραγματικότητας με περιορισμένες δυνατότητες.



Εικόνα 3 Πρώιμη ανάπτυξη της εφαρμογής σε HDRP

Η τελική εφαρμογή που υλοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί έναν διαδραστικό προσομοιωτή ναυτικής εκπαίδευσης σε περιβάλλον Εικονικής Πραγματικότητας (ΕΠ). Ο χρήστης ενσωματώνεται μέσα σε ένα ψηφιακό θαλάσσιο περιβάλλον και καλείται να εκτελέσει εκπαιδευτικά σενάρια που σχετίζονται με βασικές ναυτικές διαδικασίες και πρωτόκολλα ασφαλείας.

Καθώς το σύστημα προορίζεται για χρήση σε αυτόνομη συσκευή (Oculus Quest 2), κρίθηκε ότι το High Definition Render Pipeline (HDRP) της Unity, αν και παρέχει υψηλής ποιότητας γραφικά, ήταν υπερβολικά απαιτητικό σε υπολογιστικούς πόρους για την εν λόγω πλατφόρμα. Ως εκ τούτου, επιλέχθηκε η χρήση της προεπιλεγμένης (built-in)

γραφικής διεπαφής της Unity, η οποία είναι πιο ελαφριά και κατάλληλη για φορητές συσκευές εικονικής πραγματικότητας.

Η μετάβαση αυτή απαίτησε την προσαρμογή και μετατροπή πολλών shaders που είχαν αρχικά αναπτυχθεί ή βασιστεί στο HDRP, ώστε να είναι συμβατοί με την προεπιλεγμένη μηχανή απόδοσης. Η διαδικασία αυτή ήταν τεχνικά απαιτητική, αλλά κρίσιμη για τη διατήρηση τόσο της οπτικής ποιότητας όσο και της απόδοσης του συστήματος.



Εικόνα 4 Λιμάνι Εφαρμογής

Το κύριο σκάφος (βάρκα) σχεδιάστηκε στο Blender, βασισμένο σε πραγματικό σκάφος, και ενσωματώθηκε στο Unity. Το περιβάλλον δημιουργήθηκε με χρήση του Unity Terrain Sample Asset Pack, ενώ η συνολική σκηνή εμπλουτίστηκε με έτοιμα 3D assets από το Unity Asset Store.



Εικόνα 5 Σχεδιασμός βάρκας στο Blender

Η κίνηση της κάμερας του χρήστη καθώς και η δυνατότητα αλληλεπίδρασης του με αντικείμενα γίνεται με την χρήση prefab από την βιβλιοθήκη XR Interaction Toolkit. Επίσης αναπτύχθηκε κώδικας που προσφέρει την δυνατότητα τηλεμεταφοράς (teleportation) του χρήστη εντός του σκάφους, ώστε να περιορίζεται η ναυτία που προκαλείται από την εικονική κίνηση.

4.3.1. Εκπαιδευτικά Σενάρια

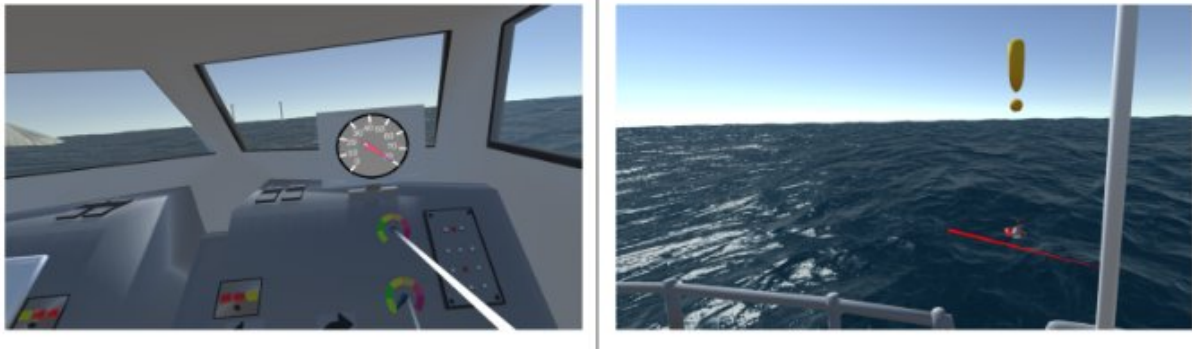
Η εφαρμογή περιλαμβάνει δύο βασικά σενάρια:

1. Σενάριο Εκπαίδευσης Πλοήγησης (Waypoint Tutorial)

- Ο Χρήστης παρακολουθεί 2 πλοία να περνούν εναλλάξ από αριστερά και από δεξιά του πλοίου που επιβαίνει ο χρήστης.
- Κατά την παρακολούθηση εμφανίζονται πληροφορίες σχετικά με τους κανόνες διέλευσης των πλοίων, από αριστερά (red to red ή port to port) και από δεξιά (green to green ή starboard to starboard).
- Με την ολοκλήρωση του σύντομου αυτού μαθήματος, ο χρήστης μεταφέρεται στο λιμάνι, όπου ο χρήστης λύνει τη βάρκα, μεταφέρεται εσωτερικά της βάρκας μέσω τηλεμεταφοράς για την αποφυγεί ναυτίας, και οδηγεί την βάρκα μέσω προκαθορισμένων σημείων γύρω από μια νησίδα και πίσω στο λύμανι.

2. Σενάριο Διάσωσης Ναυαγού (Rescue Man Overboard)

- Ο χρήστης πλοηγεί την βάρκα μέσω προκαθορισμένων σημείων που μιμούνται την μανούβρα προσέγγισης Anderson.
- Στο τελικό σημείο, εκτελεί την ρίψη σωσιβίου. Για την ενέργεια αυτή έχει δημιουργηθεί μια προσαρμοσμένη κίνηση ρίψης μέσω των animation εργαλείων του Unity.



Εικόνα 6 Σενάριο Πλοήγησης (Αριστερά) Σενάριο Διάσωσης (Δεξιά)

Μηχανισμοί Αλληλεπίδρασης

Η εφαρμογή υποστηρίζει βασικές λειτουργίες χειρισμού VR:

- **Πάτημα κουμπιών** (π.χ. έναρξη σεναρίων, έλεγχος πλοίου).
- **Χειρισμός αντικειμένων** (π.χ. σωσίβιο, σχοινί).
- **Αλληλεπίδραση με το περιβάλλον** πχ με χρήση στοιχείων ανίχνευσης σύγκρουσης (colliders).

Η εμπειρία είναι single-player, χωρίς σύνδεση σε δίκτυο ή συνεργατική λειτουργία. Για την χρήση της εφαρμογής είναι απαραίτητη η χρήση συσκευής ΕΠ όπως είναι το Oculus Quest 2 και υπολογιστή για την εκτέλεση του .exe αρχείου της εφαρμογής μέσω σύνδεσης Oculus Link ασύρματα είτε ενσύρματα.

4.3.2. Ροή Χρήσης Εφαρμογής

Η εφαρμογή περιλαμβάνει συνολικά πέντε σκηνές, καταναμεμένες σε δύο ανεξάρτητα εκπαιδευτικά σενάρια και μία αρχική σκηνή με το κεντρικό μενού. Κάθε σκηνή έχει σχεδιαστεί ώστε να μεταφέρει τον χρήστη βήμα προς βήμα σε μια εκπαιδευτική

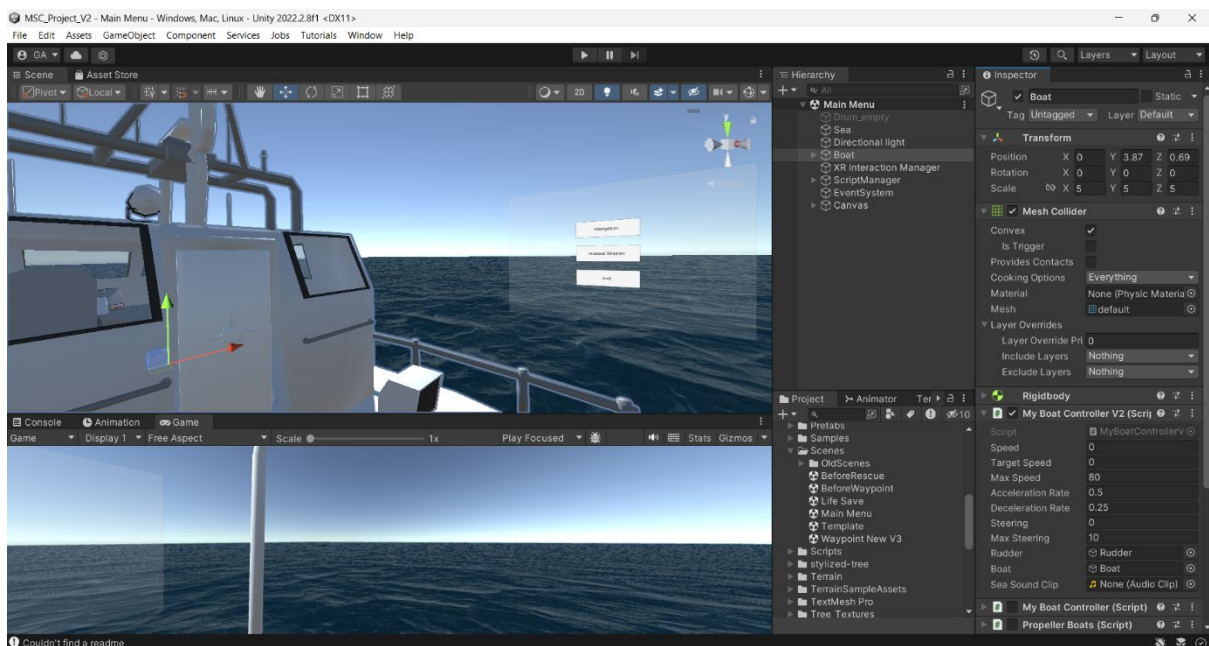
διαδικασία, μέσα σε ένα πλήρως τρισδιάστατο και διαδραστικό περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας.

Κεντρικό Μενού

Με την εκκίνηση της εφαρμογής, ο χρήστης μεταφέρεται στο κεντρικό μενού, όπου εμφανίζονται δύο βασικές επιλογές:

- Σενάριο 1: Πλοήγηση και εφαρμογή ναυτικών κανόνων
- Σενάριο 2: Διάσωση ανθρώπου στη θάλασσα

Η επιλογή του σεναρίου γίνεται αποκλειστικά μέσω του χειριστηρίου, με τον χρήστη να στοχεύει και να πατάει κουμπί επιλογής. Δεν υποστηρίζεται επιλογή μέσω gaze. Η μετάβαση σε κάθε σενάριο πραγματοποιείται στιγμιαία και μεταφέρει τον χρήστη στην πρώτη από τις δύο σκηνές που το συνθέτουν.



Εικόνα 7 Σκηνή Κεντρικού Μενού στην Εφαρμογή

Σενάριο 1 – Σκηνή 1: Εκμάθηση Ναυτικών Κανόνων Πλοήγησης

Το πρώτο σενάριο ξεκινά με μια παρατηρητική σκηνή, στην οποία ο χρήστης βρίσκεται επάνω σε ένα σκάφος το οποίο κινείται σε μια ευθεία πορεία. Δύο σκάφη περνούν εναλλάξ από αριστερά και δεξιά, και παράλληλα παρέχεται επεξήγηση των ναυτικών κανόνων προσέγγισης “red-to-red” και “green-to-green”, μέσω οδηγιών στην οθόνη του πλοίου.

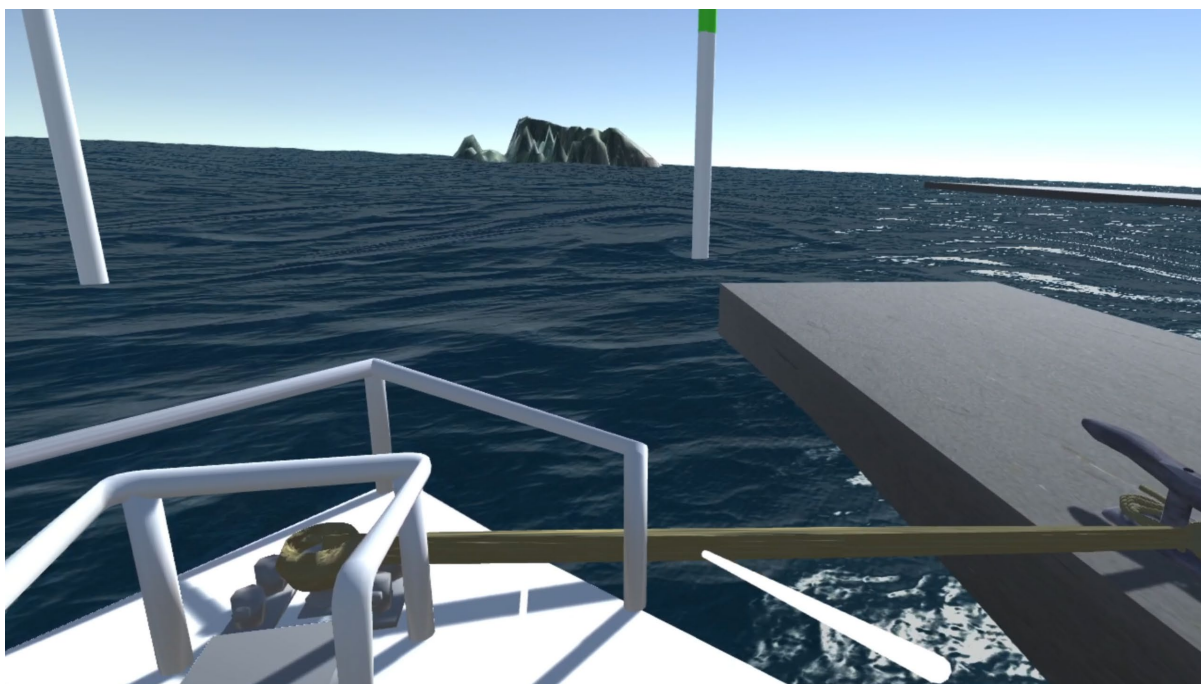


Εικόνα 8 Στιγμιότυπο από το σενάριο Εκμάθηση Ναυτικών Κανόνων Πλοήγησης

Μετά την ολοκλήρωση της παρουσίασης, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επαναλάβει τη σκηνή για την καλύτερη κατανόηση ή να προχωρήσει στην επόμενη φάση του σεναρίου.

Σενάριο 1 – Σκηνή 2: Λύσιμο Βάρκας και Πλοήγηση σε προκαθορισμένα σημεία

Στη δεύτερη σκηνή του πρώτου σεναρίου, ο χρήστης καλείται να λύσει το σκάφος, σημαδεύοντας με το χειριστήριο και πατώντας το κατάλληλο κουμπί. Στη συνέχεια, ο χρήστης πατάει το κουμπί τηλεμεταφοράς (Teleport), το οποίο βρίσκεται πάνω στο σκάφος και απεικονίζεται ως εικόνα, ώστε να εισέλθει στο εσωτερικό του σκάφους. Η χρήση τηλεμεταφοράς κρίθηκε απαραίτητη για τη μείωση φαινομένων ναυτίας λόγω της κίνησης.

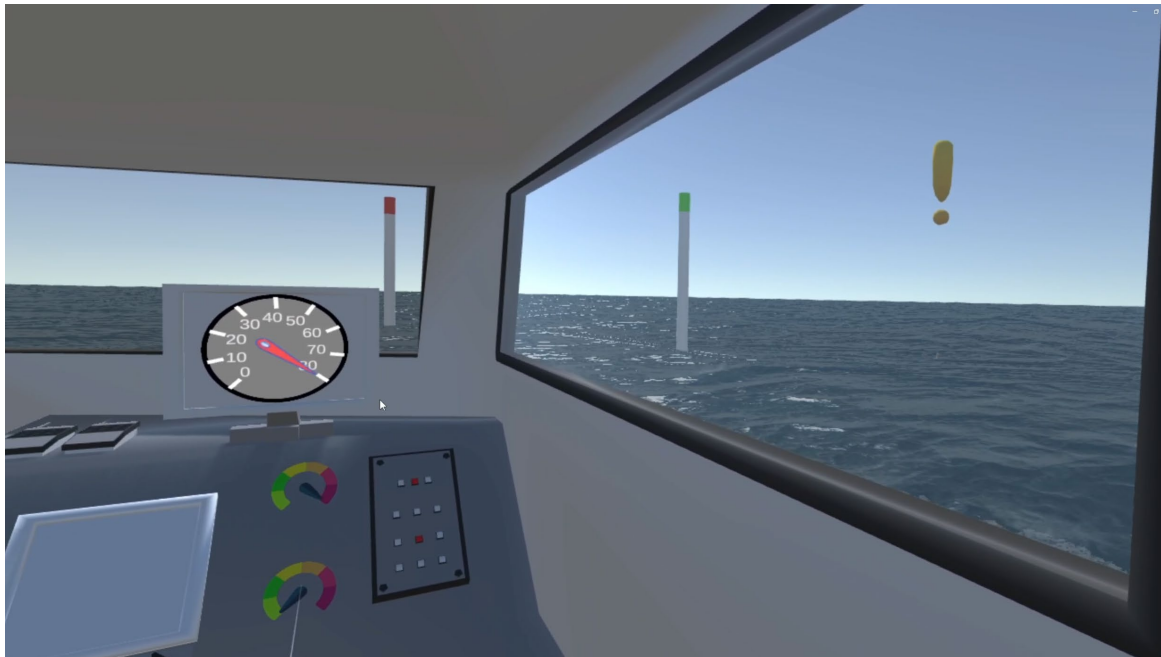


Εικόνα 9 Στιγμιότυπο από το σενάριο Πλοήγησης Σε Προκαθορισμένα Σημεία

Στην συνέχεια, ακολουθεί το στάδιο της ελεύθερης πλοήγησης, όπου ο χρήστης χειρίζεται το σκάφος και ακολουθεί μια διαδρομή μέσα από προκαθορισμένα σημεία πλοήγησης (waypoints) γύρω από νησίδα. Το σενάριο ολοκληρώνεται με την επιστροφή στο λιμάνι και ο χρήστης επιστρέφει στο κεντρικό μενού.

Σενάριο 2 – Σκηνή 1: Πλοήγηση με την Μανούβρα Anderson

Το δεύτερο σενάριο έχει ως στόχο την εκπαίδευση του χρήστη σε περίπτωση ανθρώπου στη θάλασσα. Η πρώτη σκηνή ξεκινά με τον χρήστη εντός του σκάφους, το οποίο καλείται να πλοηγηθεί μέσα από προκαθορισμένα waypoints που έχουν τοποθετηθεί σύμφωνα με τη μανούβρα Anderson – μια διεθνώς αποδεκτή μέθοδο για προσέγγιση ναυαγού από μικρό σκάφος.



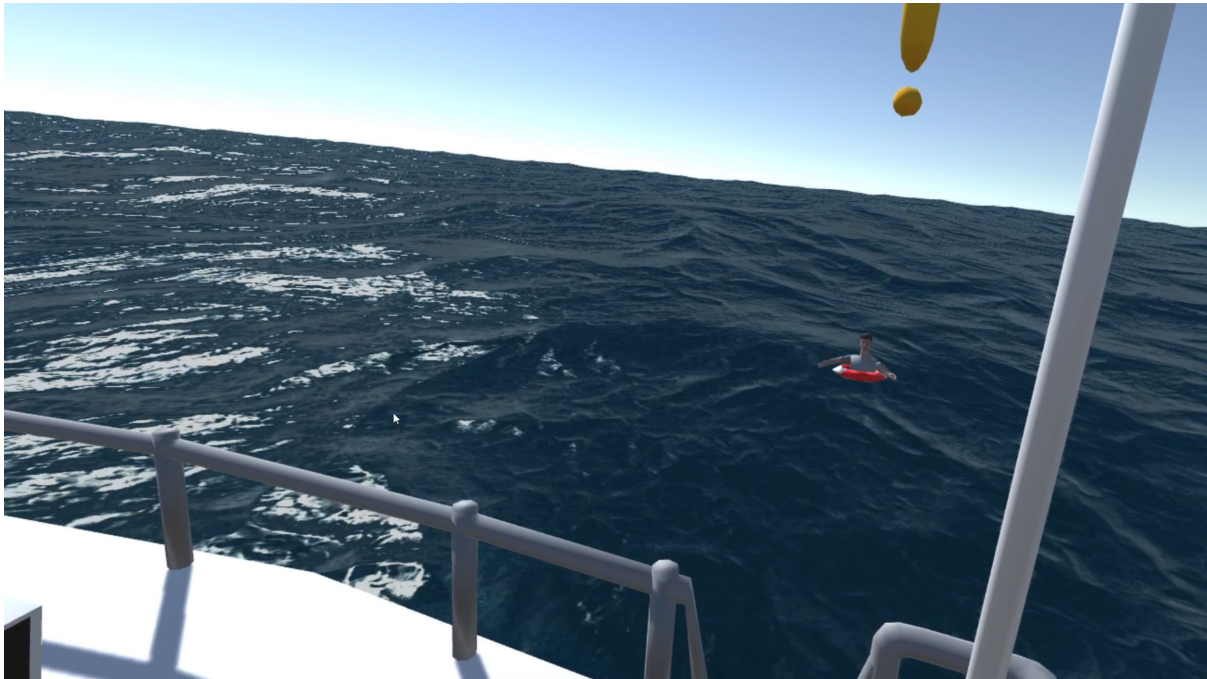
Εικόνα 10 Στιγμιότυπο από το σενάριο Πλόησης με Μανούβρα Anderson

Η πλοήγηση συνεχίζεται μέχρι το τελικό waypoint, το οποίο σηματοδοτεί τη μετάβαση στην τελευταία σκηνή του σεναρίου.

Σενάριο 2 – Σκηνή 2: Ρίψη Σωσιβίου στον Ναυαγό

Στην τελευταία σκηνή, το σκάφος σταματά κοντά στον ναυαγό και ο χρήστης καλείται να ρίξει το σωσίβιο προς αυτόν. Η ρίψη πραγματοποιείται μέσω animation που έχει δημιουργηθεί στο Unity, το οποίο προσομοιώνει την κίνηση ρίψης σωσιβίου από το

κατάστρωμα του σκάφους. Η επιτυχής ολοκλήρωση της ενέργειας ολοκληρώνει το σενάριο και ο χρήστης επιστρέφει στο κεντρικό μενού.



Εικόνα 11 Στιγμιότυπο από το σενάριο Διάσωσης Ναυαγού

4.4. Μετρικές Απόδοσης

Η αξιολόγηση της τεχνικής απόδοσης της εφαρμογής VR είναι καθοριστική για την εμπειρία του χρήστη και τη λειτουργικότητα του συστήματος σε πραγματικό χρόνο. Οι βασικές μετρικές που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση της απόδοσης της εφαρμογής συνοψίζονται παρακάτω:

1. Ρυθμός Ανανέωσης Εικόνας (Frame Rate - FPS)

Ο ρυθμός καρέ (frames per second – FPS) είναι μια κρίσιμη μετρική για εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας.

- Στόχος: σταθερά ≥ 72 FPS για αποφυγή ναυτίας και ομαλή εμπειρία.
- Αποτελέσματα: Η εφαρμογή διατηρεί σταθερά 72–90 FPS σε VR Ready PC με 3050ti NVIDIA κάρτα γραφικών.

2. Χρόνος Φόρτωσης (Loading Time)

- Μέτρηση: Καταγράφηκε ο χρόνος μετάβασης μεταξύ σκηνών (π.χ. main menu → tutorial).

- Μέσος χρόνος: 1 δευτερόλεπτο.
3. Ανταπόκριση Εισόδου (Input Latency)
- Σημασία: Η καθυστέρηση στην καταγραφή χειρισμών μπορεί να μειώσει την αίσθηση ελέγχου.
 - Αντίδραση: Οι εντολές από controllers (π.χ. ρίψη, πάτημα) καταγράφονται άμεσα, με αμελητέα καθυστέρηση.
4. Απόδοση Σκηνών (Rendering Load)
- Ανάλυση σκηνών: Περιορίστηκε ο αριθμός dynamic φωτισμών και σκιών.
 - Optimization: Χρήση baked lighting για στατικά στοιχεία.

4.5. Προκλήσεις και Τεχνικοί Περιορισμοί

Η υλοποίηση της εφαρμογής συνοδεύτηκε από τεχνικές και σχεδιαστικές προκλήσεις, οι οποίες αντιμετωπίστηκαν είτε με προσαρμογές στον αρχικό σχεδιασμό είτε με την επιλογή εναλλακτικών λύσεων. Η φύση του έργου — που απαιτούσε ρεαλισμό, σταθερότητα και απόδοση σε φορητή συσκευή εικονικής πραγματικότητας — έθεσε πολλαπλούς περιορισμούς σε επίπεδο γραφικών, φυσικής και διαχείρισης πόρων.

Γραφικός Ρεαλισμός έναντι Απόδοσης

Αρχικά εξετάστηκε η χρήση του High Definition Render Pipeline (HDRP) της Unity για την απόδοση της θάλασσας και του φωτισμού. Αν και το HDRP προσφέρει εντυπωσιακές οπτικές δυνατότητες — όπως ρεαλιστικά κύματα, reflections και volumetric fog — η χρήση του κρίθηκε ασύμβατη με τις δυνατότητες του Oculus Quest 2, καθώς απαιτεί υψηλή υπολογιστική ισχύ. Καθώς η εφαρμογή απευθυνόταν σε φορητή πλατφόρμα (PCVR μέσω Oculus), επιλέχθηκε η προεπιλεγμένη μηχανή απόδοσης (Built-in Render Pipeline), κάτι που οδήγησε στην ανάγκη επανασχεδιασμού shaders και αντικατάστασης HDRP-specific υλικών με ελαφρύτερες εκδοχές.

Προσαρμογή Shaders και Asset Compatibility

Πολλά από τα αρχικά υλικά (materials) και shaders που χρησιμοποιήθηκαν για τη θάλασσα και το περιβάλλον βασίζονταν σε HDRP εκδόσεις. Η μετάβαση σε Built-in RP απαιτούσε:

- Τροποποίηση και απλοποίηση shaders

- Επαναρύθμιση υλικών (materials) για σωστή απεικόνιση
- Αντικατάσταση visual effects που δεν υποστηρίζονται

Αυτό οδήγησε σε σημαντικό **επιπλέον χρόνο παραμετροποίησης** ώστε να διατηρηθεί το οπτικό επίπεδο της εφαρμογής.

Τηλεμεταφορά και VR Ναυτία

Η ανάγκη μετακίνησης του χρήστη εντός της βάρκας δημιούργησε πρόβλημα ναυτίας (VR nausea) όταν χρησιμοποιούνταν φυσική κίνηση ή χειριστήριο. Για την αποφυγή δυσφορίας:

- Χρησιμοποιήθηκε τηλεμεταφορά (teleportation) μέσω XR Toolkit.
- Το κουμπί teleport τοποθετήθηκε σε μορφή διαδραστικής εικόνας – κουμπί πάνω στο σκάφος.
- Αποφεύχθηκε η χρήση continuous movement εντός της βάρκας.

Η λύση αυτή βελτίωσε την άνεση του χρήστη αλλά περιορίσε την ελευθερία κίνησης.

Επαναχρησιμοποίηση Κώδικα και Modular Σχεδιασμός

Η υλοποίηση σεναρίων με διαφορετικές σκηνές (π.χ. red-to-red tutorial, πλοήγηση, διάσωση) απαίτησε τη δημιουργία παραμετρικών και επαναχρησιμοποιήσιμων scripts, τα οποία λειτουργούν modular — δηλαδή με τρόπο που επιτρέπει την εφαρμογή τους σε διαφορετικά περιβάλλοντα με ελάχιστες αλλαγές. Ενδεικτικά, το script πλοήγησης μέσω waypoints σχεδιάστηκε ώστε να δέχεται δυναμικά πίνακα (array) με σημεία πλοήγησης, επιτρέποντας έτσι τη χρήση του σε διαφορετικές σκηνές χωρίς επαναλαμβανόμενο κώδικα.

Παράλληλα, η διαχείριση της κατάστασης του χρήστη (state control) ανά σκηνή και η ροή μεταξύ των φάσεων κάθε σεναρίου απαίτησε script-based λογική που περιλάμβανε:

- Ενεργοποίηση/απενεργοποίηση κουμπιών με βάση την πρόοδο,
- Έλεγχο μετάβασης σκηνών με βάση τις ενέργειες του χρήστη,
- Μηχανισμό επιστροφής στο μενού μετά από ολοκλήρωση ενέργειας.

Η προσέγγιση αυτή ενίσχυσε την ευελιξία και συντηρησιμότητα του έργου, επιτρέποντας κλιμάκωση και μελλοντική επέκταση, αν και οδήγησε σε αυξημένη λογική πολυπλοκότητα.

Είσοδος Χρήστη και Διαδραστικά Στοιχεία

Η χρήση του **XR Interaction Toolkit** για χειρισμό αντικειμένων (π.χ. σωσίβιο, σκοινί) λειτούργησε αποδοτικά, αλλά παρουσίασε προκλήσεις:

- Χρειάστηκε λεπτομερής ρύθμιση των colliders και των interaction layers
- Ο συγχρονισμός μεταξύ animation και input έπρεπε να γίνει προσεκτικά (π.χ. animation ρίψης σωσιβίου)
- Ορισμένα UI elements δεν λειτουργούσαν σωστά με την αρχική XR setup και αντικαταστάθηκαν

5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

5.1. Εκπαιδευτικός Σχεδιασμός

Ο εκπαιδευτικός σχεδιασμός του προσομοιωτή ναυτικής εκπαίδευσης σε ΕΠ βασίζεται σε καθιερωμένες θεωρίες μάθησης που προάγουν ενεργητικούς, ελκυστικούς και βιωματικούς τρόπους για τη βελτίωση της διατήρησης γνώσης και της απόκτησης δεξιοτήτων.

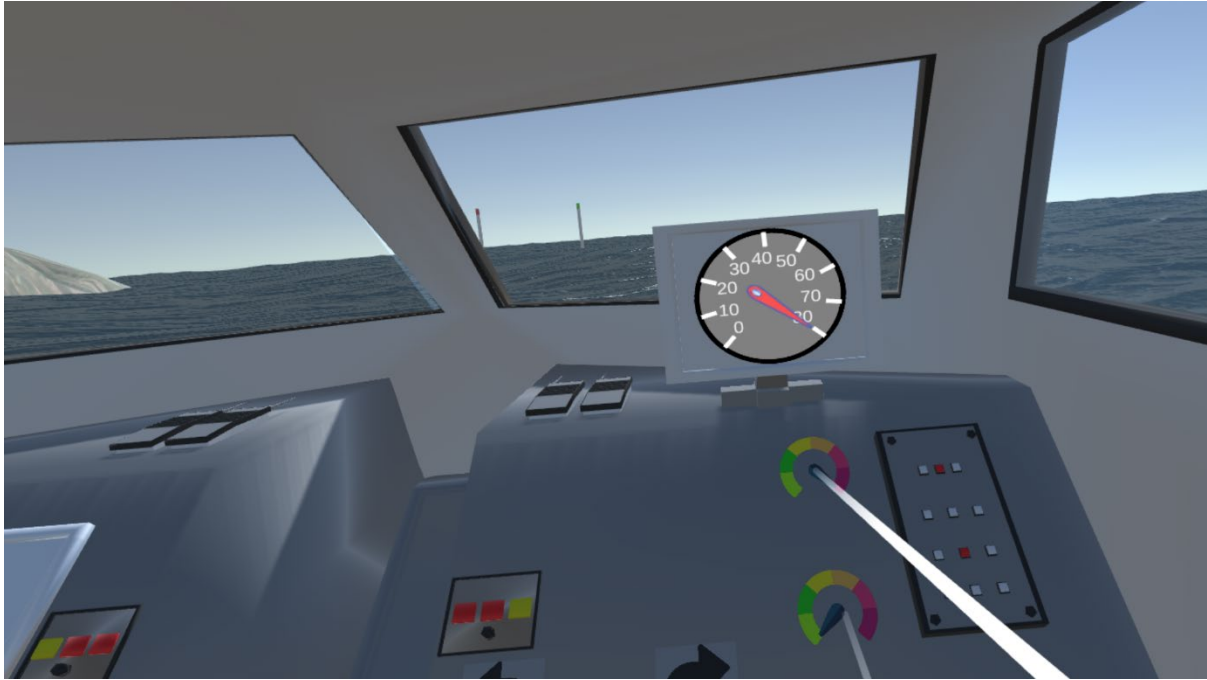
Ως βάση στον σχεδιασμό χρησιμοποιήθηκε η θεωρία *Εμπειρικής Μάθησης* του Kolb, η οποία τοποθετεί τη μάθηση ως μια δυναμική διαδικασία στην οποία η γνώση παράγεται μέσω του μετασχηματισμού της εμπειρίας. Τα τέσσερα στάδια του κύκλου του Kolb – 1) Συγκεκριμένη Εμπειρία, 2) Αναστοχαστική Παρατήρηση, 3) Αφηρημένη Θεωρητική Σύλληψη και 4) Ενεργός Πειραματισμός – ευθυγραμμίζονται απόλυτα με το περιβάλλον της ΕΠ (Morris, 2020).



Εικόνα 12 Ο Κύκλος Μάθησης των Τεσσάρων Σταδίων του David Kolb

Στον προσομοιωτή, ως συγκεκριμένη εμπειρία, οι εκπαιδευόμενοι εμπλέκονται με ρεαλιστικά θαλάσσια σενάρια, όπως η διάσωση ενός ατόμου στη θάλασσα ή η πλοήγηση του πλοίου. Η αναστοχαστική παρατήρηση καθίσταται δυνατή από συστήματα ανάδρασης σε πραγματικό χρόνο και οι χρήστες μπορούν να βελτιώσουν τις τακτικές τους

μέσω επαναληπτικής πρακτικής, η οποία ενθαρρύνει τον ενεργό πειραματισμό και την αφηρημένη θεωρητική σύλληψη. Αυτός ο κύκλος μάθησης διασφαλίζει ότι οι εκπαιδευόμενοι αναπτύσσουν πρακτικές ικανότητες ενώ ταυτόχρονα κατανοούν τις ευρύτερες επιπτώσεις των πράξεών τους.



Εικόνα 13 Στιγμιότυπο από το σενάριο πλοήγησης

Για την ενίσχυση της μαθησιακής εμπειρίας, ο σχεδιασμός ενσωματώνει τη Γνωστική θεωρία Πολυμεσικής Μάθησης του Mayer (2002; 2014), η οποία τονίζει τη σημασία της διττής επεξεργασίας (οπτικής και ακουστικής), της διαχείρισης του γνωστικού φόρτου και της προώθησης της εις βάθος μάθησης μέσω της ολοκληρωμένης χρήσης πολυμέσων (Mayer, 2014). Ο προσομοιωτής εμπλέκει τους εκπαιδευόμενους με τρόπο που ενισχύει τη διατήρηση δεξιοτήτων και τη μεταφορά γνώσης σε πραγματικές θαλάσσιες συνθήκες, αξιοποιώντας ρεαλιστικές οπτικοακουστικές αναπαραστάσεις.

Επιπλέον, η έρευνα των Fitrianto και Saif (2024) καταδεικνύει πώς η ΕΠ δύναται να αξιοποιηθεί για τη δημιουργία καθηλωτικών μαθησιακών περιβαλλόντων που γεφυρώνουν το χάσμα μεταξύ θεωρίας και πρακτικής εφαρμογής. Τα ευρήματά τους υποδεικνύουν ότι η ΕΠ προσφέρει ασφαλή, προσαρμόσιμα περιβάλλοντα όπου οι εκπαιδευόμενοι μπορούν να πειραματιστούν, να εξερευνήσουν και να αναπτύξουν αυτοπεποίθηση στη διαχείριση σύνθετων εργασιών.

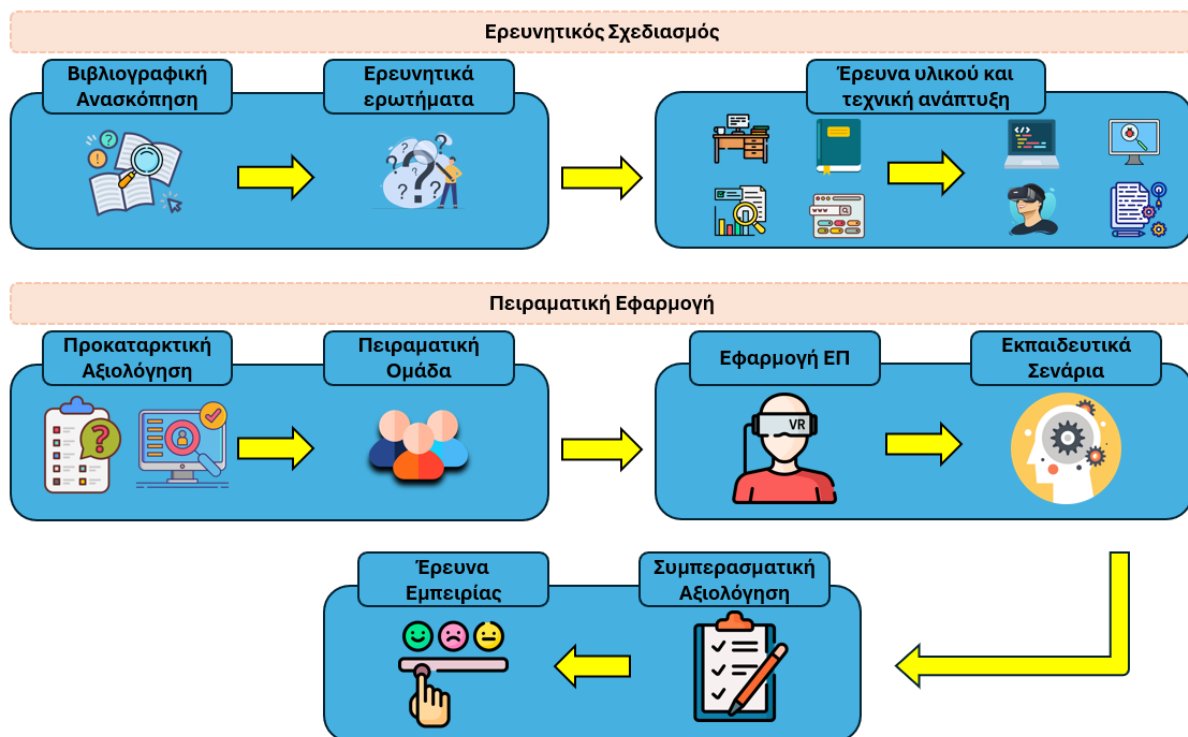
Παράλληλα, ενσωματώνονται στοιχεία παιχνιδοποίησης για τη διατήρηση της εμπλοκής και των κινήτρων των χρηστών. Τα εκπαιδευτικά σενάρια περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά παιχνιδοποίησης, όπως στοχευμένες προκλήσεις και συστήματα αξιολόγησης, βασισμένα στην έρευνα των Kayisoglu et al. (2022). Τα στοιχεία αυτά όχι μόνο καθιστούν τη μάθηση ελκυστικότερη, αλλά προάγουν την επιμονή και την κατάκτηση δεξιοτήτων, ιδιαίτερα για άτομα χωρίς προηγούμενη ναυτική εμπειρία.

Ο σχεδιασμός ενσωματώνει επίσης διαισθητικές διεπαφές χρήστη για να διασφαλίσει την προσβασιμότητα από άτομα χωρίς προηγούμενη εμπειρία σε εφαρμογές ΕΠ. Τα χαρακτηριστικά αυτά διευκολύνουν την αλληλεπίδραση με τον προσομοιωτή και διαμορφώνουν ένα συμπεριληπτικό μαθησιακό περιβάλλον.

Έχοντας υπόψη αυτά τα πλαίσια, ο εκπαιδευτικός σχεδιασμός δημιουργήθηκε για να προσφέρει μια ολοκληρωμένη μαθησιακή εμπειρία, εξοπλίζοντας τους εκπαιδευόμενους με τις απαραίτητες δεξιότητες, αυτοπεποίθηση και ικανότητες λήψης αποφάσεων με σκοπό να διαχειρίζονται αποτελεσματικά θαλάσσιες καταστάσεις υψηλής πίεσης.

5.2. Ερευνητικός Σχεδιασμός

Ο ερευνητικός σχεδιασμός βασίστηκε σε μια ολοκληρωμένη μεθοδολογική προσέγγιση τριών φάσεων (προκαταρκτική αξιολόγηση, παρέμβαση και συμπερασματική αξιολόγηση), όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 2.



Εικόνα 14 Επισκόπηση του ερευνητικού σχεδιασμού.

Φάση Προκαταρκτικής Αξιολόγησης

Η έρευνα εκκίνησε με την προκαταρκτική φάση αξιολόγησης, η οποία προηγήθηκε της έκθεσης των συμμετεχόντων στο περιβάλλον ΕΠ. Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, συλλέχθηκαν τα δημογραφικά στοιχεία των συμμετεχόντων, συμπεριλαμβανομένων του φύλου και της ηλικιακής ομάδας, ώστε να σκιαγραφηθεί το προφίλ του δείγματος. Επιπλέον, αξιολογήθηκε η προηγούμενη εμπειρία τους με εφαρμογές ΕΠ και ψηφιακά παιχνίδια, καθώς αυτός ο παράγοντας ενδέχεται να επηρεάσει τη διαδικασία εκμάθησης και προσαρμογής στο περιβάλλον ΕΠ.

Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην καταγραφή των προσωπικών τάσεων των συμμετεχόντων για εμπύθιση και εμπλοκή σε διάφορες δραστηριότητες. Αυτή η πληροφορία αποδείχθηκε καθοριστική για την κατανόηση της προδιάθεσής τους για αποτελεσματική αλληλεπίδραση με εικονικά περιβάλλοντα, επιτρέποντας έτσι την προσαρμογή της διαδικασίας στις ιδιαίτερες ανάγκες κάθε συμμετέχοντα.

Η προκαταρκτική αξιολόγηση εξασφάλισε τη συλλογή των απαραίτητων δεδομένων αναφοράς, τα οποία αποτέλεσαν τη βάση για την κατανόηση των ατομικών διαφορών

μεταξύ των συμμετεχόντων και επέτρεψαν την ακριβέστερη ερμηνεία των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τη μελέτη.

Φάση Παρέμβασης

Η φάση της παρέμβασης αποτέλεσε τον πυρήνα της ερευνητικής διαδικασίας, κατά την οποία οι συμμετέχοντες αλληλεπίδρασαν άμεσα με το περιβάλλον ΕΠ του προσομοιωτή ναυτικής εκπαίδευσης. Η διαδικασία αυτή ακολούθησε μια συστηματική προσέγγιση που διασφάλιζε την ομαλή και αποτελεσματική εμπειρία των συμμετεχόντων.

Αρχικά, παρασχέθηκαν λεπτομερείς οδηγίες σχετικά με τη χρήση του εξοπλισμού ΕΠ και τις διαθέσιμες λειτουργίες του προσομοιωτή. Αυτό το στάδιο ήταν κρίσιμο για την εξοικείωση των συμμετεχόντων με την τεχνολογία και την ελαχιστοποίηση του άγχους που θα μπορούσε να προκληθεί από τη χρήση ενός νέου συστήματος.

Ακολούθησε μια σύντομη περίοδος προσαρμογής, κατά την οποία οι συμμετέχοντες είχαν την ευκαιρία να εξοικειωθούν με το περιβάλλον ΕΠ μέσω καθοδηγούμενων δραστηριοτήτων. Η περίοδος αυτή συνέβαλε στη σταδιακή εξοικείωση με τα χειριστήρια και τις βασικές λειτουργίες του συστήματος.

Η κύρια φάση της παρέμβασης περιλάμβανε την ενεργό συμμετοχή σε δύο διακριτά εκπαιδευτικά σενάρια. Το πρώτο σενάριο εστίαζε στην πλοήγηση μέσω σημείων αναφοράς, απαιτώντας από τους συμμετέχοντες να προσανατολιστούν και να πλοηγηθούν αποτελεσματικά στο θαλάσσιο περιβάλλον. Το δεύτερο σενάριο, πιο σύνθετο στη φύση του, προσομοίωνε μια κατάσταση διάσωσης ατόμου στη θάλασσα, όπου οι συμμετέχοντες καλούνταν να εφαρμόσουν συγκεκριμένες διαδικασίες έκτακτης ανάγκης και τεχνικές διάσωσης.

Τα επιλεγμένα σενάρια σχεδιάστηκαν με τρόπο που επέτρεπε την αξιολόγηση διαφορετικών πτυχών των ναυτικών δεξιοτήτων, από βασικές ικανότητες πλοήγησης έως πιο σύνθετες δεξιότητες διαχείρισης κρίσεων. Παράλληλα, η πολυδιάστατη φύση των σεναρίων επέτρεψε την ολοκληρωμένη αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του προσομοιωτή σε διαφορετικά εκπαιδευτικά πλαίσια.

Φάση Αξιολόγησης Αποτελεσμάτων

Η τελική φάση του ερευνητικού σχεδιασμού περιλάμβανε την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, η οποία διεξήχθη αμέσως μετά την ολοκλήρωση της αλληλεπίδρασης των συμμετεχόντων με τον προσομοιωτή. Η διαδικασία αυτή επέτρεψε τη συλλογή πολύτιμων δεδομένων σχετικά με την αποτελεσματικότητα του συστήματος και την εμπειρία των χρηστών.

Οι συμμετέχοντες συμπλήρωσαν ολοκληρωμένα ερωτηματολόγια για την αξιολόγηση πολλαπλών παραμέτρων του συστήματος. Αναλυτικότερα, αξιολογήθηκαν η χρηστικότητα του προσομοιωτή, η απόδοσή του κατά την εκτέλεση των εκπαιδευτικών σεναρίων και η συνολική εμπειρία χρήσης. Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε σε παραμέτρους όπως η ευκολία χρήσης των χειριστηρίων, η διαισθητικότητα του περιβάλλοντος, η καταλληλότητα των ενσωματωμένων λειτουργιών και η πιθανή εμφάνιση συμπτωμάτων κυβερνοναυτίας κατά τη διάρκεια της χρήσης.

Όλες οι απαντήσεις καταγράφηκαν ψηφιακά μέσω της πλατφόρμας Google Forms, διασφαλίζοντας την ακριβή συλλογή και την αποτελεσματική διαχείριση των δεδομένων για μεταγενέστερη ανάλυση.

Πέρα από την τεχνική αξιολόγηση του συστήματος, οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να μοιραστούν τις αντιλήψεις τους σχετικά με την εκπαιδευτική αξία της εμπειρίας. Αυτή η πτυχή της αξιολόγησης προσέφερε πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με το βαθμό στον οποίο ο προσομοιωτής πέτυχε τους εκπαιδευτικούς του στόχους από την οπτική των εκπαιδευομένων.

Επιπλέον, συλλέχθηκαν οι απόψεις των συμμετεχόντων αναφορικά με τη δυνητική εφαρμογή παρόμοιων προσομοιωτών στο ευρύτερο πλαίσιο της ναυτικής εκπαίδευσης. Οι προτάσεις αυτές συνέβαλαν στην κατανόηση της πρακτικής εφαρμοσιμότητας της τεχνολογίας αυτής στο εκπαιδευτικό περιβάλλον και ανέδειξαν πιθανές κατευθύνσεις για μελλοντική ανάπτυξη.

5.3. Συμμετέχοντες

Η επιλογή των συμμετεχόντων έγινε με ευκαιριακή δειγματοληψία (Golzar et al., 2022). Συνολικά συμμετείχαν 20 άτομα, ηλικίας άνω των 18 ετών, με βασική ή προχωρημένη εξοικείωση με ψηφιακές τεχνολογίες. Δεν υπήρχε απαίτηση προηγούμενης ναυτικής

εμπειρίας. Πριν τη συμμετοχή, όλοι υπέγραψαν φόρμα συγκατάθεσης σύμφωνα με τον GDPR.

5.4. Ερευνητικά Εργαλεία

Η ψυχομετρική αξιολόγηση αποσκοπεί στη μέτρηση της εμπλοκής του χρήστη, της εμπύθισης, της χρηστικότητας και των αντιληπτών μαθησιακών οφελών, ενώ η αξιολόγηση της εφαρμογής επικεντρώνεται στη συλλογή ποσοτικής ανατροφοδότησης από άτομα χωρίς προηγούμενη εμπειρία, με στόχο τη βελτίωση της εμπειρίας χρήστη και της εκπαιδευτικής αξίας της προσομοίωσης.

Για την ψυχομετρική αξιολόγηση χρησιμοποιήθηκαν δύο επικυρωμένα εργαλεία που έχουν εφαρμοστεί εκτενώς στην έρευνα για την εμπειρία και τη χρηστικότητα της ΕΠ. Η επιλογή των συγκεκριμένων εργαλείων βασίστηκε στην υψηλή αξιοπιστία και εγκυρότητά τους, όπως έχει τεκμηριωθεί από προηγούμενες μελέτες, καθώς και στην καταλληλότητά τους για εκπαιδευτικά περιβάλλοντα ΕΠ.

5.4.1. Ψυχομετρικό εργαλείο αξιολόγησης εμβυθιστικών τάσεων (Immersive Tendencies Questionnaire - ITQ)

Το ITQ βασίστηκε στην έρευνα των Rózsa et al. (2022) και αποτελεί ένα εργαλείο 18 ερωτήσεων με 7-βάθμια κλίμακα Likert. Το εργαλείο αξιολογεί τρεις βασικές διαστάσεις:

- 1. Συγκέντρωση (Focus):** Η διάσταση αυτή περιλαμβάνει 8 ερωτήσεις που αξιολογούν την ικανότητα του χρήστη να εστιάζει την προσοχή του και να απομονώνεται από εξωτερικούς περισπασμούς. Χαρακτηριστικές δηλώσεις όπως «Πόσο συχνά παρασύρεστε από την πλοκή όταν παρακολουθείτε μια ταινία ή σειρά;» και «Πόσο εύκολα μπορείτε να απομονώσετε το μυαλό σας από εξωτερικούς περισπασμούς όταν ασχολείστε με μια δραστηριότητα;» αξιολογούν την προδιάθεση του ατόμου να συγκεντρώνεται σε μια δραστηριότητα. Αυτή η διάσταση είναι κρίσιμη για την εκτίμηση της πιθανής αποτελεσματικότητας της εκπαίδευσης μέσω ΕΠ, καθώς άτομα με υψηλή ικανότητα συγκέντρωσης αναμένεται να αποκομίσουν μεγαλύτερα οφέλη από ένα εμβυθιστικό περιβάλλον μάθησης.

2. **Εμπλοκή (Involvement):** Περιλαμβάνει 8 ερωτήσεις που μετρούν το βαθμό στον οποίο ο χρήστης συναισθηματικά και νοητικά εμπλέκεται σε διάφορες δραστηριότητες. Παραδείγματα όπως «Όταν διαβάζετε ή παρακολουθείτε κάτι, πόσο συχνά βυθίζεστε τόσο ώστε οι άλλοι να δυσκολεύονται να τραβήξουν την προσοχή σας;» και «Πόσο συχνά νιώθετε ότι ταυτίζεστε με τους ήρωες μιας ιστορίας;» αξιολογούν την ικανότητα του ατόμου να βιώνει έντονα συναισθήματα και να ταυτίζεται με καταστάσεις που δεν βιώνει άμεσα. Η διάσταση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της ΕΠ ως μέσου βιωματικής μάθησης, καθώς η συναισθηματική εμπλοκή συνδέεται άμεσα με την αποτελεσματικότερη εμπέδωση της γνώσης.
3. **Παιχνίδια (Games):** Αποτελείται από 2 ερωτήσεις που εξετάζουν την προηγούμενη εμπειρία και τη συμπεριφορά του χρήστη σε σχέση με τα βιντεοπαιχνίδια. Ερωτήσεις όπως «Πόσο συχνά νιώθετε πλήρως βυθισμένος/η σε ένα βιντεοπαιχνίδι, σαν να βρίσκεστε μέσα σε αυτό και όχι απλώς να το χειρίζεστε εξωτερικά;» και «Πόσο συχνά ασχολείστε με βιντεοπαιχνίδια;» παρέχουν πληροφορίες για την εξοικείωση του χρήστη με διαδραστικά ψηφιακά περιβάλλοντα. Αυτές οι πληροφορίες είναι απαραίτητες για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων, καθώς η προηγούμενη εμπειρία με παρόμοια περιβάλλοντα μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την αποδοχή και αποτελεσματικότητα της εκπαίδευσης μέσω ΕΠ.

Συνολικά, οι διαστάσεις του ITQ μας επιτρέπουν να αξιολογήσουμε τις προδιαθέσεις των συμμετεχόντων ως προς την εμβύθιση σε διάφορα περιβάλλοντα, γεγονός που μπορεί να προβλέψει την ανταπόκρισή τους στην εκπαίδευση μέσω ΕΠ. Τα δεδομένα αυτά αξιοποιούνται για να εκτιμηθεί αν άτομα με διαφορετικές τάσεις εμβύθισης μπορούν να επωφεληθούν εξίσου από τη χρήση της ΕΠ ως εκπαιδευτικό εργαλείο.

5.4.2. Ψυχομετρικό Εργαλείο Αξιολόγησης Ευχρηστίας Εφαρμογών Εικονικής Πραγματικότητας (Virtual Reality Usefulness Scale for Education – VRUSE)

Το ερωτηματολόγιο VRUSE (Guld Leth, 2018) αποτελείται από 20 ερωτήσεις με 5-βάθμια κλίμακα Likert (1 = Διαφωνώ απόλυτα έως 5 = Συμφωνώ απόλυτα) και εξετάζει πέντε βασικές διαστάσεις:

1. **Καταλληλότητα (Appropriateness):** Περιλαμβάνει 2 ερωτήσεις που αξιολογούν κατά πόσο οι δυνατότητες του συστήματος ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Δηλώνεις όπως «Οι δυνατότητες του συστήματος ταίριαζαν με αυτό που έπρεπε να κάνω» και «Μπορούσα να χρησιμοποιήσω το σύστημα αποτελεσματικά χωρίς βοήθεια» αξιολογούν την αντιστοιχία των λειτουργιών του συστήματος με τις εκπαιδευτικές ανάγκες. Η διάσταση αυτή είναι κρίσιμη για την εκτίμηση της εκπαιδευτικής αξίας της προσομοίωσης ΕΠ στο συγκεκριμένο πλαίσιο ναυτικής εκπαίδευσης.
2. **Ευκολία Χρήσης (Ease of Use):** Αποτελείται από 7 ερωτήσεις που εξετάζουν πόσο εύκολα οι χρήστες μπορούν να χειριστούν το σύστημα. Παραδείγματα όπως «Μπορούσα να χειριστώ το σύστημα χωρίς δυσκολία» και «Τα μενού ήταν ξεκάθαρα και κατανοητά» παρέχουν πληροφορίες για τη λειτουργικότητα της διεπαφής. Η ευκολία χρήσης αποτελεί βασικό παράγοντα για την επιτυχή ενσωμάτωση της ΕΠ στην εκπαιδευτική διαδικασία, καθώς τεχνικές δυσκολίες μπορούν να αποσπάσουν την προσοχή των εκπαιδευομένων από το περιεχόμενο της μάθησης.
3. **Εκπαιδευσιμότητα (Learnability):** Περιλαμβάνει 2 ερωτήσεις που αξιολογούν πόσο εύκολα οι χρήστες μαθαίνουν να χρησιμοποιούν το σύστημα. Ερωτήσεις όπως «Δυσκολευόμουν να θυμάμαι όλα όσα μπορώ να κάνω με το σύστημα» και «Έκανα συχνά λάθη κατά τον χειρισμό του συστήματος» παρέχουν πληροφορίες για την καμπύλη εκμάθησης του συστήματος. Η ταχεία εκμάθηση της χρήσης του συστήματος επιτρέπει στους εκπαιδευόμενους να επικεντρωθούν στο γνωστικό περιεχόμενο αντί για τις τεχνικές λεπτομέρειες.

4. **Διαισθητικότητα (Intuitiveness):** Αποτελείται από 3 ερωτήσεις που εξετάζουν πόσο φυσική και διαισθητική είναι η αλληλεπίδραση με το σύστημα. Παραδείγματα όπως «Δεν έβλεπα καθαρά τι έκανα στο σύστημα» και «Συνολικά, πώς θα βαθμολογούσατε τη λειτουργικότητα του συστήματος» αξιολογούν την ποιότητα της διεπαφής. Η διαισθητική αλληλεπίδραση ενισχύει την αίσθηση παρουσίας στο εικονικό περιβάλλον, βελτιώνοντας έτσι τη συνολική εμπειρία μάθησης.
5. **Ναυτία Προσομοίωσης (Simulation Sickness):** Περιλαμβάνει 3 ερωτήσεις που αξιολογούν τυχόν αρνητικές φυσιολογικές αντιδράσεις κατά τη χρήση του συστήματος. Δηλώσεις όπως «Ένιωθα ζάλη κατά τη χρήση του συστήματος» και «Έχανα τον προσανατολισμό μου στον εικονικό χώρο» είναι ιδιαίτερα σημαντικές για την αξιολόγηση της καταλληλότητας του συστήματος για παρατεταμένη χρήση. Η ελαχιστοποίηση τέτοιων συμπτωμάτων είναι απαραίτητη για τη διασφάλιση της αποτελεσματικότητας της μαθησιακής διαδικασίας.

Η συλλογή δεδομένων πλαισιώθηκε επίσης από δημογραφικά στοιχεία (φύλο, ηλικιακή ομάδα) και πληροφορίες σχετικά με την προηγούμενη εμπειρία των συμμετεχόντων με εφαρμογές ΕΠ και ψηφιακά παιχνίδια, με στόχο την πληρέστερη ερμηνεία των αποτελεσμάτων και τον εντοπισμό πιθανών συσχετίσεων μεταξύ των δημογραφικών χαρακτηριστικών και της εμπειρίας χρήσης.

5.5. Ανάλυση Δεδομένων

Για την ανάλυση των πρωτογενών δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα SPSS (έκδοση 30), ένα εξειδικευμένο εργαλείο που διευκολύνει τον υπολογισμό περιγραφικών και επαγωγικών στατιστικών. Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας (p) ορίστηκε στο .05. Για τις περιπτώσεις όπου πραγματοποιήθηκαν πολλαπλές συγκρίσεις, εφαρμόστηκε η διόρθωση Bonferroni ($p < .007$) ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος εμφάνισης ψευδώς θετικών αποτελεσμάτων (Type I error) (Armstrong, 2014).

5.5.1. Αξιολόγηση Αξιοπιστίας Ψυχομετρικών Εργαλείων

Η αξιοπιστία των ψυχομετρικών εργαλείων αξιολογήθηκε μέσω του δείκτη Cronbach's alpha, ο οποίος εξετάζει τον βαθμό εσωτερικής συνοχής μεταξύ των ερωτήσεων κάθε εργαλείου (Tavakol & Dennick, 2011). Σύμφωνα με τα καθιερωμένα στατιστικά πρότυπα, τιμές κάτω από 0.5 θεωρούνται μη αποδεκτές, ενώ τιμές άνω του 0.9 χαρακτηρίζονται ως εξαιρετικές.

Η αξιολόγηση της εσωτερικής συνοχής των ψυχομετρικών εργαλείων στην παρούσα έρευνα κατέδειξε ικανοποιητικά επίπεδα αξιοπιστίας για τις περισσότερες εννοιολογικές κατασκευές. Συγκεκριμένα, οι κλίμακες Ευκολία Χρήσης ($\alpha = .82$), Διαισθητικότητα ($\alpha = .84$), Κυβερνοναυτία ($\alpha = .83$) και Παιχνίδια ($\alpha = .80$) παρουσίασαν υψηλή αξιοπιστία, υπερβαίνοντας το καθιερωμένο όριο του 0.80 που θεωρείται ενδεικτικό «καλής» αξιοπιστίας. Η υποκλίμακα Καταλληλότητα ($\alpha = .73$) εμφάνισε αποδεκτή αξιοπιστία, ενώ οι υποκλίμακες Συμμετοχή ($\alpha = .65$), Συγκέντρωση ($\alpha = .56$) και Εκπαιδευσιμότητα ($\alpha = .56$) παρουσίασαν χαμηλότερους δείκτες αξιοπιστίας.

Οι περιορισμένοι δείκτες εσωτερικής συνοχής στις τελευταίες κλίμακες πιθανώς αντανακλούν τόσο το περιορισμένο μέγεθος του δείγματος ($N = 20$) όσο και τον διερευνητικό χαρακτήρα της μελέτης. Στο πλαίσιο πιλοτικών ερευνών με μικρό δείγμα, τέτοιες τιμές θεωρούνται αποδεκτές για αναλύσεις εξερευνητικού χαρακτήρα (Taber, 2018). Επιπλέον, οι Briggs και Cheek (1986) έχουν προτείνει ότι για κλίμακες με μικρό αριθμό στοιχείων, όπως οι υποκλίμακες Παιχνίδια, Καταλληλότητα και Εκπαιδευσιμότητα (2 στοιχεία η καθεμία), είναι πιο κατάλληλο να εξετάζεται ο μέσος όρος των συσχετίσεων μεταξύ των στοιχείων, με τιμές μεταξύ 0.2 και 0.4 να θεωρούνται ικανοποιητικές.

5.5.2. Μεθοδολογία Στατιστικής Ανάλυσης

Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι μεταβλητές ήταν κυρίως ταξινομικές (ιεραρχικές) και το μέγεθος του δείγματος σχετικά περιορισμένο, κρίθηκε κατάλληλη η χρήση μη παραμετρικών στατιστικών ελέγχων (Field, 2018). Ο έλεγχος κανονικότητας πραγματοποιήθηκε με το τεστ Shapiro–Wilk, το οποίο προτιμάται έναντι άλλων ελέγχων (όπως το Kolmogorov-Smirnov) για μικρά μεγέθη δείγματος και επιβεβαίωσε την

ορθότητα της επιλογής μη παραμετρικών μεθόδων για την ανάλυση των δεδομένων (Razali & Wah, 2011).

Κατά την πρώτη φάση της στατιστικής ανάλυσης, υπολογίστηκαν βασικά περιγραφικά στατιστικά (μέσοι όροι, τυπικές αποκλίσεις, διάμεσοι, ελάχιστες και μέγιστες τιμές, δείκτες ασυμμετρίας και κύρτωσης) για όλες τις μεταβλητές των εργαλείων ITQ και VRUSE. Αυτή η προσέγγιση παρέχει μια συνολική εικόνα της κατανομής των δεδομένων και αποτελεί βασικό στάδιο πριν από την εφαρμογή πιο εξειδικευμένων στατιστικών αναλύσεων.

5.5.3. Στατιστική Ανάλυση Ερευνητικών Ερωτημάτων

Στη συνέχεια, η ανάλυση επικεντρώθηκε στη διερεύνηση των δύο κύριων ερευνητικών ερωτημάτων:

- 1. Πρώτο ερευνητικό ερώτημα:** Για τη διερεύνηση της συσχέτισης της προηγούμενης εμπειρίας με τεχνολογίες (όπως ΕΠ και βιντεοπαιχνίδια) με την αντιλαμβανόμενη αποτελεσματικότητα της εφαρμογής, χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής συσχέτισης Spearman (r) (Schober et al., 2018). Η χρήση μη παραμετρικής μεθόδου είναι κατάλληλη για την ανάλυση ιεραρχικών δεδομένων και την αναγνώριση μονότονων σχέσεων μεταξύ μεταβλητών που δεν ακολουθούν κανονική κατανομή. Εξετάστηκαν επίσης οι συσχετίσεις μεταξύ της προηγούμενης εμπειρίας των συμμετεχόντων και των διαφόρων διαστάσεων του VRUSE, με στόχο την αναγνώριση πιθανών προβλεπτικών παραγόντων της αποτελεσματικότητας του συστήματος. Επιπρόσθετα, εφαρμόστηκε το τεστ Mann–Whitney U (Fritz et al., 2012) για τη σύγκριση μεταξύ διαφορετικών φύλων και ηλικιακών ομάδων. Ο συγκεκριμένος στατιστικός έλεγχος επιτρέπει τη σύγκριση διάμεσων τιμών μεταξύ δύο ανεξάρτητων ομάδων, χωρίς να απαιτεί την υπόθεση κανονικότητας των δεδομένων. Η ανάλυση είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τον εντοπισμό πιθανών διαφορών στην αντίληψη και αξιολόγηση του συστήματος ΕΠ μεταξύ διαφορετικών δημογραφικών ομάδων.
- 2. Δεύτερο ερευνητικό ερώτημα:** Για την εξέταση της σχέσης μεταξύ της προδιάθεσης για εμπύθιση (όπως αυτή καταγράφεται στο ITQ) και της συνολικής εμπειρίας χρήσης, αξιοποιήθηκαν επίσης με συσχετίσεις Spearman.

Διερευνήθηκαν οι σχέσεις ανάμεσα στις διάφορες διαστάσεις του ITQ (Συγκέντρωση, Συμμετοχή, Παιχνίδια) και τις βαθμολογίες των υποκλιμάκων του VRUSE (Καταλληλότητα, Ευκολία Χρήσης, Εκπαιδευσιμότητα, Διαισθητικότητα, Κυβερνοναυτία). Οι αναλύσεις επιτρέπουν την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο τα ατομικά χαρακτηριστικά των χρηστών σχετίζονται με την αποδοχή και αποτελεσματικότητα της τεχνολογίας ΕΠ. Τέλος, διενεργήθηκε Mann–Whitney U Test για τη μελέτη πιθανών διαφορών στην εμφάνιση ναυτίας προσομοιωτή (simulator sickness) μεταξύ χρηστών με υψηλή και χαμηλή προδιάθεση για εμβύθιση. Για τη διχοτόμηση των συμμετεχόντων σε ομάδες υψηλής και χαμηλής προδιάθεσης, χρησιμοποιήθηκε η διάμεσος των βαθμολογιών στο ITQ ως σημείο αναφοράς, σύμφωνα με τη μεθοδολογία που προτείνεται από τους Witmer και Singer (1998).

6. ΕΥΡΗΜΑΤΑ

6.1. Περιγραφική Στατιστική Ανάλυση

6.1.1. Δημογραφικά

Το δείγμα της έρευνας ($N = 20$) παρουσίασε σχετικά ισορροπημένη κατανομή ως προς τα βασικά δημογραφικά χαρακτηριστικά. Συγκεκριμένα, το 60% των συμμετεχόντων ($n = 12$) ήταν άνδρες και το 40% ($n = 8$) γυναίκες. Αναφορικά με την ηλικιακή διαστρωμάτωση, το 40% ($n = 8$) ανήκε στην κατηγορία 18-24 ετών, ενώ το 60% ($n = 12$) εντασσόταν στην κατηγορία άνω των 25 ετών.

6.1.2. Αξιολόγηση Εμπειρίας Χρήσης Εικονικής Πραγματικότητας

Η ανάλυση των περιγραφικών στατιστικών παραμέτρων των κλιμάκων (Πίνακας 2) αποκαλύπτει ενδιαφέροντα μοτίβα αναφορικά με την εμπειρία των χρηστών στο περιβάλλον ΕΠ. Ως προς τις διαστάσεις του ερωτηματολογίου ITQ, οι συμμετέχοντες παρουσίασαν υψηλά επίπεδα Συγκέντρωσης ($M = 4.81$, $SD = .90$) και μέτρια προς υψηλά επίπεδα στη διάσταση Παιχνίδια ($M = 4.18$, $SD = 2.21$), ενώ η Συμμετοχή κυμάνθηκε σε μέτρια επίπεδα ($M = 3.60$, $SD = 1.08$). Τα ευρήματα υποδηλώνουν ότι οι χρήστες διατηρούσαν ικανοποιητική ικανότητα εστίασης και γνωστικής εμπλοκής με το περιβάλλον ΕΠ, παρά τη σχετικά περιορισμένη συναισθηματική σύνδεση με το εκπαιδευτικό σενάριο.

Αναφορικά με το ερωτηματολόγιο VRUSE, ιδιαίτερα υψηλές βαθμολογίες καταγράφηκαν στις διαστάσεις Καταλληλότητα ($M = 5.55$, $SD = 1.13$) και Διαισθητικότητα ($M = 5.53$, $SD = .91$), ακολουθούμενες από την Ευκολία Χρήσης ($M = 4.79$, $SD = .91$). Τα ευρήματα καταδεικνύουν ότι οι συμμετέχοντες αξιολόγησαν το σύστημα ΕΠ ως λειτουργικά κατάλληλο, διαισθητικό στη χρήση και εύχρηστο—χαρακτηριστικά που συνιστούν θεμελιώδεις προϋποθέσεις για την επιτυχία εκπαιδευτικών εφαρμογών ΕΠ. Αντιθέτως, η Εκπαιδευσιμότητα ($M = 3.98$, $SD = 1.16$) εμφάνισε μέτριες τιμές, πιθανώς λόγω της περιορισμένης χρονικής διάρκειας της εκπαιδευτικής παρέμβασης ή της απουσίας επαναληπτικών κύκλων εξάσκησης.

Ιδιαίτερα αξιοσημείωτη είναι η χαμηλή μέση τιμή στη διάσταση της Κυβερνοναυτίας ($M = 2.18$, $SD = 1.05$), η οποία αποτελεί ισχυρή ένδειξη ότι το περιβάλλον ΕΠ δεν προκάλεσε σημαντικές παρενέργειες στους χρήστες. Το εύρημα αυτό ενισχύει την καταλληλότητα της συγκεκριμένης εφαρμογής ΕΠ, ιδιαίτερα για χρήστες χωρίς προηγούμενη εμπειρία με συστήματα ΕΠ.

Πίνακας 2 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία

Κλίμακα	Ελάχιστη Τιμή	Μέγιστη Τιμή	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Εμπειρία με ΕΠ	1.00	7.00	4.90	1.74
Εμπειρία με παιχνίδια	1.00	7.00	5.25	2.10
C1. Συγκέντρωση	3.25	6.25	4.81	.9
C2. Συμμετοχή	1.57	5.29	3.60	1.08
C3. Παιχνίδια	1.00	7.00	4.18	2.21
C4. Καταλληλότητα	3.50	7.00	5.55	1.13
C5. Ευκολία Χρήσης	3.00	6.00	4.79	.91
C6. Εκπαιδευσιμότητα	1.00	6.00	3.98	1.16
C7. Διασθητικότητα	3.33	6.33	5.53	.91
C8. Κυβερνοναυτία	1.00	4.33	2.18	1.05

6.2. Επίδραση Τεχνολογικής Εμπειρίας στην Αξιολόγηση του Συστήματος Εικονικής Πραγματικότητας

Η διερεύνηση των συσχετίσεων μεταξύ της προϋπάρχουσας τεχνολογικής εμπειρίας των συμμετεχόντων και της αξιολόγησής τους για την εφαρμογή ΕΠ παρείχε ιδιαίτερα διαφωτιστικά ευρήματα (Πίνακας3).

Αναφορικά με την προηγούμενη εμπειρία με περιβάλλοντα ΕΠ, εντοπίστηκε στατιστικά σημαντική (μέτρια θετική) συσχέτιση με την Ευκολία Χρήσης ($r = .454$, $p = .044$). Το εύρημα αυτό υποδηλώνει ότι οι συμμετέχοντες με υψηλότερο βαθμό εξοικείωσης με

τεχνολογίες ΕΠ αντιλαμβάνονταν το σύστημα ως ευκολότερο στον χειρισμό, επιβεβαιώνοντας τη σημασία της προηγούμενης εμπειρίας στη διαμόρφωση των αντιλήψεων χρηστικότητας. Παράλληλα, παρατηρήθηκε ισχυρή αρνητική συσχέτιση μεταξύ της προηγούμενης εμπειρίας με περιβάλλοντα ΕΠ και της Κυβερνοναυτίας ($r = -.599, p = .01$), γεγονός που καταδεικνύει ότι οι χρήστες με προηγούμενη εμπειρία σε περιβάλλοντα ΕΠ παρουσίαζαν σημαντικά μειωμένη πιθανότητα εμφάνισης συμπτωμάτων δυσφορίας κατά τη χρήση του συστήματος.

Αξιοσημείωτη είναι η ιδιαίτερα ισχυρή θετική συσχέτιση μεταξύ της εμπειρίας με βιντεοπαιχνίδια και της διάστασης Παιχνίδια ($r = .812, p < .01$). Το εύρημα αυτό υποδηλώνει ότι οι συμμετέχοντες με υψηλή εξοικείωση με παιχνίδια βίωναν σημαντικά υψηλότερα επίπεδα εμπύθισης και διαδραστικής εμπλοκής με τα στοιχεία προσομοίωσης της εφαρμογής ΕΠ, επιβεβαιώνοντας τη μεταφορά δεξιοτήτων μεταξύ συναφών τεχνολογικών περιβαλλόντων.

Τέλος, εντοπίστηκε σημαντική αρνητική συσχέτιση μεταξύ της Ευκολίας Χρήσης και της Κυβερνοναυτίας ($r = -.550, p = .01$). Η συσχέτιση αυτή αναδεικνύει τη θεμελιώδη σχέση μεταξύ της αντιληπτής ευχρηστίας του συστήματος και της μειωμένης εμφάνισης συμπτωμάτων δυσφορίας, υπογραμμίζοντας τη σημασία του εργονομικού σχεδιασμού διεπαφών στη βελτιστοποίηση της εμπειρίας χρήσης σε περιβάλλοντα ΕΠ.

Πίνακας 3 Συσχετίσεις τεχνολογικής εμπειρίας και αξιολόγησης συστήματος

Σχέση	<i>r</i>	<i>p</i>	Ερμηνεία
Προηγούμενη Εμπειρία με ΕΠ x Ευκολία Χρήσης	.454	.04*	Μέτρια Θετική Συσχέτιση
Προηγούμενη Εμπειρία με ΕΠ x Κυβερνοναυτία	-.599	<.01**	Ισχυρή Αρνητική Συσχέτιση
Προηγούμενη Εμπειρία με Παιχνίδια x Παιχνίδια	.812	<.01**	Πολύ Ισχυρή Θετική Συσχέτιση
Ευκολία Χρήσης x Κυβερνοναυτία	-.550	.01*	Ισχυρή Αρνητική Συσχέτιση
*Στατιστικά σημαντικό για $p < .05$. ** Στατιστικά σημαντικό για $p < .01$			

6.3. Αλληλεπίδραση Εμβύθισης και Μαθησιακής Εμπειρίας

Η ανάλυση των συσχετίσεων μεταξύ των διαστάσεων εμβύθισης και των παραμέτρων της εκπαιδευτικής εμπειρίας αποκάλυψε πολυδιάστατες συνδέσεις και αλληλεπιδράσεις (Πίνακας 4).

6.3.1. Διαστάσεις Εμβύθισης

Οι συσχετίσεις μεταξύ των επιμέρους διαστάσεων εμβύθισης ανέδειξαν σημαντικές συνδέσεις. Συγκεκριμένα, εντοπίστηκαν μέτριες θετικές συσχετίσεις μεταξύ Συγκέντρωσης και Παιχνιδιών ($r = .482, p = .03$) καθώς και μεταξύ Συγκέντρωσης και Συμμετοχής ($r = .499, p = .02$). Τα ευρήματα υποδηλώνουν ότι η ικανότητα γνωστικής εστίασης σε εικονικά περιβάλλοντα συνδέεται στενά με την ικανότητα συναισθηματικής εμπλοκής και με τη διαδραστική δέσμευση με στοιχεία προσομοίωσης. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η ισχυρή θετική συσχέτιση μεταξύ Συμμετοχής και Παιχνιδιών ($r = .512, p = .02$), η οποία ενισχύει την υπόθεση ότι η συναισθηματική εμπλοκή αποτελεί καταλυτικό παράγοντα για την προώθηση της διαδραστικής δέσμευσης σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα ΕΠ.

6.3.2. Διαστάσεις Χρηστικότητας

Αναφορικά με τις διαστάσεις χρηστικότητας του συστήματος, εντοπίστηκαν ισχυρές θετικές συσχετίσεις μεταξύ Καταλληλότητας και Ευκολίας Χρήσης ($r = .682, p < .01$) καθώς και μεταξύ Καταλληλότητας και Διαισθητικότητας ($r = .696, p < .01$). Τα ευρήματα αυτά υποδηλώνουν ότι η αντιληπτή καταλληλότητα του συστήματος για εκπαιδευτικούς σκοπούς συνδέεται άρρηκτα με την ευκολία χειρισμού και τη διαισθητική δομή της διεπαφής, αναδεικνύοντας τη σημασία του εργονομικού σχεδιασμού στην αποτελεσματικότητα εκπαιδευτικών εφαρμογών ΕΠ.

Ιδιαίτερα αξιοσημείωτες είναι οι πολύ ισχυρές θετικές συσχετίσεις μεταξύ Ευκολίας Χρήσης και Εκπαιδευσιμότητας ($r = .782, p < .01$) καθώς και μεταξύ Ευκολίας Χρήσης και Διαισθητικότητας ($r = .782, p < .01$). Τα ευρήματα αυτά καταδεικνύουν ότι ένα σύστημα που χαρακτηρίζεται από υψηλή ευχρηστία παρέχει συνθήκες που διευκολύνουν σημαντικά την ταχεία εκμάθηση και την αίσθηση φυσικότητας κατά την αλληλεπίδραση. Παράλληλα, η ισχυρή θετική συσχέτιση μεταξύ Εκπαιδευσιμότητας και Διαισθητικότητας

($r = .582$, $p < .01$) επιβεβαιώνει την αλληλεξάρτηση μεταξύ της ευκολίας εκμάθησης και της διαισθητικής δομής του περιβάλλοντος διεπαφής.

Πίνακας 4 Συσχετίσεις μεταξύ διαστάσεων εμβύθισης και εκπαιδευτικής εμπειρίας

Συσχέτιση	r	p	Ερμηνεία
Συγκέντρωση × Συμμετοχή	.499	.02*	Μέτρια Θετική Συσχέτιση
Συγκέντρωση × Παιχνίδια	.482	.03*	Μέτρια Θετική Συσχέτιση
Συμμετοχή × Παιχνίδια	.512	.02*	Ισχυρή Θετική Συσχέτιση
Καταλληλότητα × Ευκολία Χρήσης	.682	<.01**	Ισχυρή Θετική Συσχέτιση
Καταλληλότητα × Διαισθητικότητα	.696	<.01**	Ισχυρή Θετική Συσχέτιση
Ευκολία Χρήσης × Εκπαιδευσιμότητα	.782	<.01**	Πολύ Ισχυρή Θετική Συσχέτιση
Ευκολία Χρήσης × Διαισθητικότητα	.782	<.01**	Πολύ Ισχυρή Θετική Συσχέτιση
Εκπαιδευσιμότητα × Διαισθητικότητα	.582	.01**	Ισχυρή Θετική Συσχέτιση
*Στατιστικά σημαντικό για $p < .05$. ** Στατιστικά σημαντικό για $p < .01$			

6.3.3. Ανάλυση Ομάδων Εμβύθισης

Η προγραμματισμένη σύγκριση μεταξύ ομάδων με διαφορετικά επίπεδα εμβύθισης μέσω του στατιστικού ελέγχου Mann-Whitney U δεν πραγματοποιήθηκε καθώς όλοι οι συμμετέχοντες κατατάχθηκαν στις ομάδες «χαμηλής συγκέντρωσης» και «χαμηλής εμπλοκής» ($MR = 10.50$, $\Sigma R = 210.00$ για κάθε περίπτωση).

7. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η παρούσα έρευνα διερεύνησε τη δυναμική της ΕΠ στη ναυτική εκπαίδευση, εστιάζοντας στην αλληλεπίδραση μεταξύ τεχνολογικής εξοικείωσης, εμπύθισης και εκπαιδευτικής αποτελεσματικότητας.

Τα ευρήματα αποκαλύπτουν πως η προηγούμενη εμπειρία με συστήματα ΕΠ λειτουργεί ως καθοριστικός παράγοντας για την αποδοχή και αποτελεσματική χρήση της τεχνολογίας στο ναυτικό εκπαιδευτικό πλαίσιο. Σε αντίθεση με άλλους τομείς εκπαίδευσης (Liker et al., 2025), στη ναυτική προσομοίωση η σημασία της τεχνολογικής εξοικείωσης διαφαίνεται ενισχυμένη, πιθανότατα λόγω της πολυπλοκότητας των διαδικασιών και του υψηλού βαθμού ρεαλισμού που απαιτείται. Το εύρημα υποδεικνύει την ανάγκη για στοχευμένα προγράμματα εξοικείωσης πριν την έναρξη της ουσιαστικής εκπαίδευσης, ώστε να αρθούν τα τεχνολογικά εμπόδια και να μεγιστοποιηθεί η μαθησιακή εμπειρία.

Ιδιαίτερα σημαντική είναι η διαπίστωση ότι η προηγούμενη εμπειρία με ΕΠ συνδέεται στενά με μειωμένα επίπεδα κυβερνοναυτίας (Kourtesis et al., 2024). Το εύρημα έχει άμεσες πρακτικές εφαρμογές, καθώς η κυβερνοναυτία μπορεί να λειτουργήσει ως εμπόδιο στη μαθησιακή διαδικασία, αποσπώντας την προσοχή και μειώνοντας τον διαθέσιμο χρόνο εκπαίδευσης. Η ιδιαιτερότητα των ναυτικών προσομοιώσεων, με τις έντονες αισθήσεις κίνησης και τα μεταβαλλόμενα οπτικά ερεθίσματα, φαίνεται να επιτείνει αυτή τη σχέση, υπογραμμίζοντας την αναγκαιότητα προοδευτικής εισαγωγής στο περιβάλλον ΕΠ.

Τα δεδομένα της έρευνας επαναπροσδιορίζουν και την έννοια της εμπύθισης στο ναυτικό εκπαιδευτικό πλαίσιο. Σε αντίθεση με τις τεχνοκεντρικές προσεγγίσεις που επικρατούν στη βιβλιογραφία (Liker et al., 2025), η μελέτη μας αναδεικνύει έναν πολυδιάστατο χαρακτήρα της εμπύθισης, όπου οι συναισθηματικές παράμετροι διαδραματίζουν εξίσου σημαντικό ρόλο με τις γνωστικές. Συγκεκριμένα, η ισχυρή διασύνδεση μεταξύ συναισθηματικής συμμετοχής και παιγνιώδους διάδρασης που παρατηρήθηκε υποδηλώνει πως, ιδιαίτερα για άπειρους χειριστές, το συναισθηματικό στοιχείο λειτουργεί ως καταλύτης για την ενεργοποίηση γνωστικών διεργασιών. Το συγκεκριμένο εύρημα έχει επιπτώσεις για τον σχεδιασμό εκπαιδευτικών παρεμβάσεων, καθώς

υποδεικνύει την ανάγκη ενσωμάτωσης στοιχείων που διεγείρουν το συναισθηματικό ενδιαφέρον και ενισχύουν την προσωπική σύνδεση με το περιεχόμενο.

Ένα από τα πιο αξιοσημείωτα ευρήματα της έρευνας είναι η κεντρική θέση του εργονομικού σχεδιασμού στη διαμόρφωση της εκπαιδευτικής εμπειρίας. Τα δεδομένα καταδεικνύουν πως για τους αρχάριους, η ευκολία χρήσης του συστήματος ΕΠ αποτελεί προαπαιτούμενο για την αποτελεσματική μάθηση, καθώς απελευθερώνει γνωστικούς πόρους που μπορούν να διατεθούν στην επεξεργασία του εκπαιδευτικού περιεχομένου. Το εύρημα αμφισβητεί την κυρίαρχη άποψη (Kačeroná et al., 2022), που θέτει το περιεχόμενο σε προτεραιότητα έναντι της μορφής, αναδεικνύοντας τη διαλεκτική σχέση μεταξύ των δύο στοιχείων.

Η έρευνά επεκτείνει επίσης και τη θεωρία γνωστικού φορτίου στο πεδίο της ναυτικής εκπαίδευσης με ΕΠ, αναδεικνύοντας πώς ο διαισθητικός σχεδιασμός μειώνει το εξωγενές γνωστικό φορτίο, επιτρέποντας στους εκπαιδευόμενους να επικεντρωθούν στο ουσιαστικό περιεχόμενο. Η διαπίστωση αυτή έχει άμεσες εφαρμογές στον σχεδιασμό εκπαιδευτικών συστημάτων ΕΠ, υποδεικνύοντας την ανάγκη για νευροεργονομική βελτιστοποίηση των διεπαφών χρήστη, ιδιαίτερα στα αρχικά στάδια εκπαίδευσης όπως έχουν υπογραμμίσει και οι Makransky & Klingenberg (2022).

Ένα από τα πιο απροσδόκητα αλλά σημαντικά ευρήματα της έρευνας είναι η εξαιρετικά ισχυρή σύνδεση μεταξύ εμπειρίας με βιντεοπαιχνίδια και ικανότητας αλληλεπίδρασης με το περιβάλλον ΕΠ. Η σχέση υποδηλώνει μια βαθύτερη διαδικασία μεταφοράς δεξιοτήτων μεταξύ διαφορετικών ψηφιακών περιβαλλόντων, που λειτουργεί ιδιαίτερα αποτελεσματικά στο ναυτικό πλαίσιο. Οι κοινές δεξιότητες χωρικής αντίληψης, ταχείας λήψης αποφάσεων και διαδραστικού ελέγχου που αναπτύσσονται στα βιντεοπαιχνίδια φαίνεται να μεταφέρονται και να ενισχύουν την απόδοση στα περιβάλλοντα ναυτικής προσομοίωσης. Το συγκεκριμένο εύρημα διευρύνει την κατανόησή μας για τη «διασταυρούμενη μάθηση» (cross-learning) και προτείνει ένα νέο πλαίσιο «διαμεσικής μεταφοράς δεξιοτήτων» (transmedia skill transfer), με σημαντικές επιπτώσεις για την επιλογή και προετοιμασία εκπαιδευόμενων σε προγράμματα ΕΠ (Liker et al., 2025).

Ένα ακόμα σημείο που αξίζει προσοχής αφορά την εφαρμογή πρακτικών παιχνιδοποίησης ως μέσω ενίσχυσης της εκπαιδευτικής εμπειρίας. Παράλληλα, όμως,

επισημαίνει και την ανάγκη εξισορρόπησης μεταξύ ψυχαγωγικών στοιχείων και εκπαιδευτικών στόχων. Τα δεδομένα υποδεικνύουν πως η ενσωμάτωση μηχανισμών όπως προκλήσεις, επίπεδα δυσκολίας και άμεση ανατροφοδότηση μπορεί να ενισχύσει σημαντικά τα κίνητρα και τη διατήρηση της προσοχής, ιδιαίτερα σε σύνθετα τεχνικά αντικείμενα όπως η ναυτική εκπαίδευση. Ωστόσο, η έρευνά αναδεικνύει και τους κινδύνους υπερβολικής έμφασης στα στοιχεία παιχνιδοποίησης, που μπορεί να αποσπάσουν την προσοχή από τους εκπαιδευτικούς στόχους όπως σημειώνει και ο Boeru (2023). Ως εκ τούτου, προτείνεται μια ισορροπημένη προσέγγιση, όπου τα στοιχεία παιχνιδοποίησης ενσωματώνονται οργανικά στο εκπαιδευτικό περιεχόμενο, ενισχύοντας την εμπλοκή χωρίς να υπονομεύουν τον εκπαιδευτικό χαρακτήρα της εμπειρίας.

Πέρα από το εκπαιδευτικό πλαίσιο, τα ευρήματα της έρευνας έχουν σημαντικές επιπτώσεις για την ασφάλεια στη ναυτιλιακή βιομηχανία συνολικά. Δεδομένου ότι το ανθρώπινο σφάλμα αποτελεί την κύρια αιτία ναυτικών ατυχημάτων, η βελτίωση της εκπαίδευσης μέσω τεχνολογιών ΕΠ θα μπορούσε να συμβάλει ουσιαστικά στη μείωση περιστατικών και στην ενίσχυση της ασφάλειας. Το δυναμικό της ΕΠ για την προσομοίωση επικίνδυνων καταστάσεων σε ασφαλή περιβάλλοντα προσφέρει τη δυνατότητα για την ανάπτυξη δεξιοτήτων διαχείρισης κρίσεων χωρίς τους κινδύνους της πραγματικής εμπειρίας (Makransky and Klingenberg, 2022). Επιπρόσθετα, η δυνατότητα επανάληψης σεναρίων, διόρθωσης σφαλμάτων και σταδιακής βελτίωσης αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα έναντι παραδοσιακών μεθόδων εκπαίδευσης, ιδιαίτερα για την αντιμετώπιση σπάνιων αλλά κρίσιμων περιστατικών.

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ & ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ

8.1. Θεωρητική Συνεισφορά

Η παρούσα έρευνα συνεισφέρει στην επιστημονική κατανόηση των μηχανισμών που καθορίζουν την αποτελεσματικότητα της ΕΠ στη ναυτική εκπαίδευση. Η εργασία προτείνει ένα διευρυμένο εννοιολογικό πλαίσιο που αναδεικνύει τη διαλεκτική σχέση μεταξύ τεχνολογικής εξοικείωσης, εμπύθισης και εργονομικού σχεδιασμού, προσφέροντας μια ολιστική κατανόηση της αλληλεπίδρασης ανθρώπου-υπολογιστή σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα ΕΠ.

Ειδικότερα, η έρευνα συνεισφέρει σε θεωρητικό βαθμό σε τρία επίπεδα:

Πρώτον, επεκτείνεται το πλαίσιο «διαμεσικής μεταφοράς δεξιοτήτων» που εξηγεί πώς ικανότητες που αναπτύσσονται σε διαφορετικά ψηφιακά περιβάλλοντα (π.χ. βιντεοπαιχνίδια) μεταφέρονται και ενισχύουν την απόδοση στα περιβάλλοντα ΕΠ.

Δεύτερον, επαναπροσδιορίζεται η έννοια της εμπύθισης στο εκπαιδευτικό πλαίσιο, αναδεικνύοντας τον πολυδιάστατο χαρακτήρα της και τη σημασία της συναισθηματικής συνιστώσας, ιδιαίτερα για αρχάριους. Το εύρημα διαφοροποιείται από τις τεχνοκεντρικές προσεγγίσεις που επικρατούν στη βιβλιογραφία και προτείνει ένα πιο ισορροπημένο μοντέλο κατανόησης της εμπειρίας.

Τέλος, επεκτείνεται η θεωρία γνωστικού φορτίου στο πεδίο της ναυτικής εκπαίδευσης με ΕΠ, αναδεικνύοντας πώς ο εργονομικός σχεδιασμός λειτουργεί ως προϋπόθεση για την αποτελεσματική μάθηση, μειώνοντας το εξωγενές γνωστικό φορτίο και επιτρέποντας στους εκπαιδευόμενους να επικεντρωθούν στο ουσιώδες περιεχόμενο.

8.2. Πρακτικές Κατευθύνσεις

Σε πρακτικό επίπεδο, τα ευρήματα της έρευνας προσφέρουν κατευθυντήριες γραμμές για τον σχεδιασμό συστημάτων ΕΠ για ναυτική εκπαίδευση όπως:

Η προοδευτική εξοικείωση η οποία αποτελεί θεμελιώδη προσέγγιση για την αντιμετώπιση του φαινομένου της κυβερνοναυτίας. Προτείνεται η εφαρμογή διαβαθμισμένων εισαγωγικών συνεδριών όπου οι εκπαιδευόμενοι εξοικειώνονται αρχικά με το περιβάλλον ΕΠ, κατόπιν με τις βασικές αλληλεπιδράσεις, και τέλος με τις

εξειδικευμένες ναυτικές διαδικασίες. Με αυτό τον τρόπο ελαχιστοποιείται το φαινόμενο της κυβερνοναυτίας και μεγιστοποιείται ο διαθέσιμος χρόνος ουσιαστικής εκπαίδευσης.

Δεύτερον, η στρατηγική εισαγωγή στοιχείων παιχνιδοποίησης συνιστά κρίσιμη παράμετρο επιτυχίας καθώς αξιοποιεί τη σύνδεση μεταξύ εμπειρίας με βιντεοπαιχνίδια και αποτελεσματικής αλληλεπίδρασης με περιβάλλοντα ΕΠ. Η διαμόρφωση ολοκληρωμένων αφηγηματικών σεναρίων αξιοποιεί τις γνωστικές δομές που έχουν αναπτύξει οι εκπαιδευόμενοι μέσω προηγούμενης έκθεσης σε ψηφιακά περιβάλλοντα, ενισχύοντας τη διαδικασία μεταφοράς δεξιοτήτων μεταξύ διαφορετικών ψηφιακών πλαισίων.

Τέλος, η ενσωμάτωση στοιχείων που διεγείρουν το συναισθηματικό ενδιαφέρον ενισχύει την προσωπική σύνδεση με το περιεχόμενο, διασφαλίζοντας παράλληλα πως λειτουργούν συμπληρωματικά προς τους εκπαιδευτικούς στόχους, χωρίς να αποσπούν την προσοχή από την ουσία της εκπαίδευσης. Συνεπώς, η εφαρμογή αυτής της αρχής ενδέχεται να οδηγήσει στη διαμόρφωση ναυτικών επαγγελματιών με αυξημένη ικανότητα διαχείρισης σύνθετων καταστάσεων, μειώνοντας τα ανθρώπινα σφάλματα και βελτιώνοντας την απόδοση σε πραγματικές συνθήκες εργασίας και καταστάσεις έκτακτης ανάγκης.

9. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

9.1. Μεθοδολογικοί Περιορισμοί

Όπως όλες οι εμπειρικές μελέτες έτσι και η παρούσα έρευνα υπόκειται σε ορισμένους περιορισμούς που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την ερμηνεία και γενίκευση των αποτελεσμάτων. Ενδεικτικά αναφέρονται οι εξής:

1. Το περιορισμένο μέγεθος του δείγματος ($N = 20$) και η χρήση ευκαιριακής δειγματοληψίας επηρεάζουν τη στατιστική ισχύ και αντιπροσωπευτικότητα των αποτελεσμάτων. Επιπρόσθετα, η έλλειψη διαφοροποίησης ως προς την προηγούμενη ναυτική εμπειρία και το εκπαιδευτικό υπόβαθρο περιορίζει την κατανόηση της αποτελεσματικότητας του συστήματος σε διαφορετικές ομάδες χρηστών.
2. Η μελέτη βασίστηκε σε μία μόνο συνεδρία χρήσης του συστήματος ΕΠ, χωρίς μακροπρόθεσμη παρακολούθηση της διατήρησης και μεταφοράς των αποκτηθέντων δεξιοτήτων στο πραγματικό περιβάλλον. Ως εκ τούτου, περιορίζει την κατανόηση της μακροπρόθεσμης αποτελεσματικότητας της εκπαιδευτικής παρέμβασης.
3. Η απουσία ομάδας ελέγχου που να χρησιμοποιεί παραδοσιακές μεθόδους εκπαίδευσης δυσχεραίνει την άμεση σύγκριση της αποτελεσματικότητας του συστήματος ΕΠ με εδραιωμένες προσεγγίσεις περιορίζοντας τη δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων σχετικά με την προστιθέμενη αξία της ΕΠ έναντι παραδοσιακών μεθόδων.
4. Η έρευνα επικεντρώθηκε σε συγκεκριμένες ναυτικές διαδικασίες, χωρίς να καλύπτει το πλήρες φάσμα δεξιοτήτων και γνώσεων που απαιτούνται στο ναυτικό επάγγελμα περιορίζοντας τη γενικευσιμότητα των ευρημάτων σε διαφορετικά πεδία ναυτικής εκπαίδευσης.

9.2. Κατευθύνσεις για Μελλοντική Έρευνα

Με βάση τα ευρήματα και τους περιορισμούς της παρούσας μελέτης, προτείνονται οι ακόλουθες κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα:

1. Προσαρμοστικά Συστήματα Εικονικής Πραγματικότητας

Η ανάπτυξη και αξιολόγηση προσαρμοστικών συστημάτων ΕΠ που προσαρμόζονται δυναμικά στα χαρακτηριστικά, τις προτιμήσεις και την πρόοδο κάθε εκπαιδευόμενου αποτελεί μια σημαντική ερευνητική προοπτική. Ενδεικτικά θα μπορούσαν να ενσωματώνουν αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης που αναλύουν την απόδοση και συμπεριφορά του χρήστη σε πραγματικό χρόνο, προσαρμόζοντας αυτόματα παραμέτρους όπως ο βαθμός δυσκολίας, ο ρυθμός παρουσίασης πληροφοριών και τα επίπεδα υποστήριξης. Επιπλέον, θα μπορούσαν να προσαρμόζουν τη διεπαφή χρήστη με βάση τις προτιμήσεις και ικανότητες κάθε εκπαιδευόμενου, βελτιστοποιώντας την εργονομία και μειώνοντας το εξωγενές γνωστικό φορτίο.

2. Εξατομικευμένη Μάθηση

Η διερεύνηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ ατομικών διαφορών (λ.χ., αντιληπτική ικανότητα, προηγούμενη εμπειρία) και μαθησιακών αποτελεσμάτων σε περιβάλλοντα ΕΠ για ναυτική εκπαίδευση αποτελεί μια εξίσου κρίσιμη ερευνητική κατεύθυνση. Προτείνεται η διεξαγωγή μελετών με μεγαλύτερα και πιο διαφοροποιημένα δείγματα, που θα επιτρέψουν την ανάλυση της επίδρασης μεταβλητών όπως η ηλικία, το φύλο, το επίπεδο εκπαίδευσης και η τεχνολογική εξοικείωση στην αποτελεσματικότητα των εκπαιδευτικών παρεμβάσεων με τη χρήση ΕΠ. Τα ευρήματα θα μπορούσαν να οδηγήσουν στην ανάπτυξη εξατομικευμένων εκπαιδευτικών προγραμμάτων που βελτιστοποιούν τη μάθηση για διαφορετικές ομάδες χρηστών.

3. Συνεργατικά Περιβάλλοντα Εικονικής Πραγματικότητας

Η ανάπτυξη και αξιολόγηση συνεργατικών περιβαλλόντων ΕΠ, όπου πολλαπλοί εκπαιδευόμενοι αλληλεπιδρούν ταυτόχρονα σε κοινά σενάρια, αποτελεί μια ακόμα σημαντική προέκταση της παρούσας έρευνας. Η συνεργατική μάθηση θα μπορούσε να ενισχύσει την ανάπτυξη μη τεχνικών δεξιοτήτων, όπως η επικοινωνία, η ομαδική εργασία και η ηγεσία, που είναι εξίσου σημαντικές με τις τεχνικές δεξιότητες στο ναυτικό επάγγελμα. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η μελέτη της αλληλεπίδρασης μεταξύ εκπαιδευομένων με διαφορετικά επίπεδα εμπειρίας και ειδίκευσης, καθώς και ο σχεδιασμός σεναρίων που απαιτούν συντονισμένη δράση και κατανομή ρόλων.

4. Πρακτικές Βελτιώσεις του Υφιστάμενου Συστήματος

Πέρα από τις μακροπρόθεσμες ερευνητικές κατευθύνσεις, προτείνονται συγκεκριμένες βελτιώσεις του υφιστάμενου συστήματος ΕΠ:

1. Η ενσωμάτωση φυσικών χειριστηρίων που προσομοιώνουν τα πραγματικά εργαλεία ελέγχου πλοίου (τιμόνι, μοχλοί) θα μπορούσε να ενισχύσει την αίσθηση παρουσίας και να βελτιώσει τη μεταφορά δεξιοτήτων στον πραγματικό κόσμο. Η απτική ανατροφοδότηση θα παρείχε πρόσθετες αισθητηριακές πληροφορίες, εμπλουτίζοντας την εμβυθιστική εμπειρία και ενισχύοντας την ανάπτυξη κιναισθητικής μνήμης.
2. Η ανάπτυξη πρόσθετων εκπαιδευτικών σεναρίων που καλύπτουν ένα ευρύτερο φάσμα ναυτικών διαδικασιών και καταστάσεων έκτακτης ανάγκης θα ενίσχυε την εκπαιδευτική αξία του συστήματος. Ιδιαίτερη έμφαση θα μπορούσε να δοθεί σε σενάρια που προσομοιώνουν σπάνιες αλλά κρίσιμες καταστάσεις, όπως αντιμετώπιση ακραίων καιρικών φαινομένων, διαχείριση τεχνικών βλαβών και συντονισμός επιχειρήσεων διάσωσης.
3. Η ενσωμάτωση συστημάτων προσαρμοστικής υποστήριξης μάθησης, όπως έξυπνοι εικονικοί βοηθοί και δυναμική προσαρμογή του επιπέδου δυσκολίας με βάση την απόδοση του χρήστη, θα μπορούσε να βελτιστοποιήσει τη μαθησιακή εμπειρία παρέχοντας εξατομικευμένη καθοδήγηση και ανατροφοδότηση και επιτρέποντας στους εκπαιδευόμενους να προχωρούν με τον δικό τους ρυθμό ώστε να επικεντρώνονται στις περιοχές που χρειάζονται περισσότερη εξάσκηση.
4. Η ενίσχυση του ρεαλισμού μέσω βελτιωμένης οπτικής απόδοσης, ακουστικών εφέ και ακριβέστερης προσομοίωσης φυσικών φαινομένων (κίνηση θάλασσας, αλληλεπίδραση με καιρικές συνθήκες) θα μπορούσε να ενισχύσει την αίσθηση παρουσίας και την αυθεντικότητα της εμπειρίας. Ιδιαίτερη έμφαση θα μπορούσε να δοθεί στην προσομοίωση της δυναμικής συμπεριφοράς διαφορετικών τύπων πλοίων σε ποικίλες συνθήκες, παρέχοντας μια πιο ολοκληρωμένη κατανόηση των αρχών της ναυσιπλοΐας.
5. Η ανάπτυξη ολοκληρωμένων εργαλείων αξιολόγησης και ανάλυσης της απόδοσης των εκπαιδευομένων θα επέτρεπε την παρακολούθηση της προόδου, τον εντοπισμό περιοχών που χρειάζονται βελτίωση και την προσαρμογή των εκπαιδευτικών παρεμβάσεων. Ενδεικτικά θα μπορούσαν να ενσωματωθούν εργαλεία καταγραφής

και ανάλυσης συμπεριφοράς, όπως η παρακολούθηση οφθαλμικών κινήσεων και η ανάλυση μοτίβων λήψης αποφάσεων, παρέχοντας δεδομένα για την αξιολόγηση τόσο των εκπαιδευομένων όσο και του ίδιου του συστήματος.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alonso, F., Faus, M., Riera, J. V., Fernandez-Marin, M., & Useche, S. A. (2023). Effectiveness of driving simulators for Drivers' training: A Systematic review. *Applied Sciences*, 13(9), 5266. <https://doi.org/10.3390/app13095266>
- Armstrong, R. A. (2014). When to use the Bonferroni correction. *Ophthalmic and physiological optics*, 34(5), 502-508.
- Baah, C., Govender, I., & Subramaniam, P. R. (2024). Enhancing Learning Engagement: A study on gamification's influence on motivation and cognitive load. *Education Sciences*, 14(10), 1115. <https://doi.org/10.3390/educsci14101115>
- Baniasadi, T., Ayyoubzadeh, S. M., & Mohammadzadeh, N. (2020). Challenges and practical considerations in applying virtual reality in medical education and treatment. *Oman Medical Journal*, 35(3), e125. <https://doi.org/10.5001/omj.2020.43>
- Bernuy, C. E., Zubia, J. G., & Del Campo, S. M. (2021). Applications of virtual reality in higher education: A systematic literature review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 18(1), 1-18. <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00272-6>
- Boeru, M. (2023). Aspects of gamification in the ESP program for maritime students. *Scientific Bulletin 'Mircea cel Batran' Naval Academy*, 26(1). <https://doi.org/10.21279/1454-864X-23-I1-009>
- Briggs, S. R., & Cheek, J. M. (1986). The role of factor analysis in the development and evaluation of personality scales. *Journal of personality*, 54(1), 106-148.
- Buckley, I. (2021, November 14). The 5 Unity Game Development Languages: Which should you learn? MUO. <https://www.makeuseof.com/tag/unity-game-development-languages/>
- Christopoulos, A., Mystakidis, S., Cachafeiro, E., & Laakso, M. (2022). Escaping the cell: virtual reality escape rooms in biology education. *Behaviour and Information Technology*, 42(9), 1434–1451. <https://doi.org/10.1080/0144929x.2022.2079560>

Collaborative Virtual reality in Higher Education: students' perceptions on presence, challenges, affordances, and potential. (2024). IEEE Journals & Magazine | IEEE Xplore. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10265193>

Dymora, P., Kowal, B., Mazurek, M., & Romana, S. (2021). The effects of Virtual Reality technology application in the aircraft pilot training process. IOP Conference Series Materials Science and Engineering, 1024(1), 012099. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1024/1/012099>

Elford, D., Lancaster, S. J., & Jones, G. A. (2021). Stereoisomers, not stereo enigmas: a stereochemistry escape activity incorporating augmented and immersive virtual reality. Journal of Chemical Education, 98(5), 1691–1704. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01283>

Field, A. (2024). Discovering statistics using IBM SPSS statistics. Sage publications limited.

Fitria, F. (2023). Integration of augmented and virtual reality in education: Exploring potential applications and challenges. Journal of Innovative Learning and Instruction, 5(3), 45-59. <https://doi.org/10.1007/s12528-023-00157-x>

Fitrianto, I., & Saif, A. (2024). The Role of Virtual Reality in Enhancing Experiential Learning: A Comparative Study of Traditional and Immersive Learning Environments. International Journal of Post Axial.

Fritz, C. O., Morris, P. E., & Richler, J. J. (2012). Effect size estimates: current use, calculations, and interpretation. Journal of experimental psychology: General, 141(1), 2.

Golzar, J., Noor, S., & Tajik, O. (2022). Convenience sampling. International Journal of Education & Language Studies, 1(2), 72-77.

Gregory, J. (2018). Game Engine Architecture, Third Edition. In A K Peters/CRC Press eBooks. <https://doi.org/10.1201/9781315267845>

Hiteshk. (2019, December 26). 4 Areas maritime education and research industry should consider without fail. Marine Insight. <https://www.marineinsight.com/know-more/4-areas-maritime-education-and-research-industry-should-consider-without-fail/>

International Maritime Organization. (n.d.). World Maritime Day theme 2025: Maritime transport - the key to the world's economy. Retrieved January 13, 2025, from <https://www.imo.org/en/About/Events/Pages/World-Maritime-theme-2025.aspx>

Ishak, N. I. C., Azlan, N. M. F., Ismail, N. S. B., & Zainee, N. N. M. (2019). A STUDY OF HUMAN ERROR FACTORS ON MARITIME ACCIDENT RATES IN MARITIME INDUSTRY. *Asian Academy of Management Journal*, 24(Supp. 2), 17–32. <https://doi.org/10.21315/aamj2019.24.s2.2>

Jiang, H., Wang, Y., & Li, F. (2022). Scoping review of virtual reality in medical education: Applications, modalities, and outcomes. *Medical Education Online*, 27(1), Article 34860. <https://doi.org/10.1080/10872981.2022.34860>

Kačerová, I., Kubr, J., Hořejší, P., & Kleinová, J. (2022). Ergonomic Design of a Workplace Using Virtual Reality and a Motion Capture Suit. *Applied Sciences*, 12(4), 2150. <https://doi.org/10.3390/app12042150>

Kayisoglu, G., Bolat, P., Bolat, F., & Payalan, A. (2022). Examination of Maritime Education Within Frame of Gamification. *Journal of Intelligent Transportation Systems and Applications*.

Kazura, M. R., Suhrab, M. I. R., & Othman, C. W. M. N. C. W. (2024). Enhancing maritime education and training (MET) through virtual and augmented reality: A voyage into immersive learning. *Journal of Maritime Research*, 21(2), 339–348. <https://doi.org/10.1016/j.jmr.2024.005895>

Kim, T., Sharma, A., Bustgaard, M., Gyldensten, W. C., Nymoen, O. K., Tusher, H. M., & Nazir, S. (2021). The continuum of simulator-based maritime training and education. *WMU Journal of Maritime Affairs*, 20(2), 135–150. <https://doi.org/10.1007/s13437-021-00242-2>

Kiselichki, M., & Josimovski, S. (2022). RISKS OF IMPLEMENTING GAMIFICATION: A LITERATURE REVIEW. *Repository of UKIM*. <https://repository.ukim.mk/handle/20.500.12188/17355>

Kourtesis, P., Papadopoulou, A., & Roussos, P. (2024). Cybersickness in Virtual Reality: The Role of Individual Differences, Its Effects on Cognitive Functions and Motor Skills,

and Intensity Differences during and after Immersion. *Virtual Worlds*, 3(1), 62-93.
<https://doi.org/10.3390/virtualworlds3010004>

Kwemoi, K. C. (2024). The Integration of Virtual Reality and Gamification in Education. Kampala International University.
https://www.researchgate.net/publication/382878815_The_Integration_of_Virtual_Reality_and_Gamification_in_Education

Leth, P. G. (2023). Danish Sign Language Recognition in Virtual Reality Using Written Language Ensemble Learning. *Universidad de Aalborg*.
https://vbn.aau.dk/ws/files/536477376/20184813_masters_thesis.pdf

Liker, L., Barić, D., Perić Hadžić, A., & Bačnar, D. (2025). Profiling Students by Perceived Immersion: Insights from VR Engine Room Simulator Trials in Maritime Higher Education. *Applied Sciences*, 15(7), 3786. <https://doi.org/10.3390/app15073786>

Lin, X. P., Li, B. B., Yao, Z. N., Yang, Z., & Zhang, M. (2024). The impact of virtual reality on student engagement in the classroom—a critical review of the literature. *Frontiers in Psychology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1360574>

Long, Y., Zhang, X., & Zeng, X. (2024). Application and effect analysis of virtual reality technology in vocational education practical training. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-13197-7>

Makransky, G., & Klingenberg, S. (2022). Virtual reality enhances safety training in the maritime industry: An organizational training experiment with a non-WEIRD sample. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(4), 1127-1140.
<https://doi.org/10.1111/jcal.12670>

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>

Mallam, S. C., Nazir, S., & Renganayagalu, S. K. (2019). Rethinking Maritime Education, training, and operations in the Digital Era: Applications for emerging immersive

Technologies. *Journal of Marine Science and Engineering*, 7(12), 428.
<https://doi.org/10.3390/jmse7120428>

Mao, R. Q., Lan, L., Kay, J., Lohre, R., Ayeni, O. R., Goel, D. P., & De Sa, D. (2021). Immersive Virtual Reality for Surgical Training: A Systematic review. *Journal of Surgical Research*, 268, 40–58. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2021.06.045>

Markopoulos, E., & Luimula, M. (2020). Immersive Safe Oceans Technology: Developing virtual onboard training episodes for maritime safety. *Future Internet*, 12(5), 80. <https://doi.org/10.3390/fi12050080>

Matei, O., Delinschi, D., Dobref, V., Burlacu, P., Mocanu, V., & Robe-Voinea, E. G. (2024). Virtual reality and augmented reality in marine education and training. *Scientific Bulletin of Naval Academy*, 27(1), 175–180. <https://doi.org/10.21279/1454-864X-24-I1-023> 175-180

Mayer, R. E. (2002). Multimedia learning. In *Psychology of learning and motivation* (Vol. 41, pp. 85-139). Academic Press.

Mayer, R. E. (2014). Cognitive theory of multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2nd ed., pp. 43–71). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.005>

Mayer, R. E. (2014). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*.

Mayer's 12 Principles of Multimedia Learning | DLI. (n.d.). Digital Learning Institute. <https://www.digitallearninginstitute.com/blog/mayers-principles-multimedia-learning>

Miyusov, M. V., Nikolaieva, L. L., & Smolets, V. V. (2022). Future perspectives of immersive learning in maritime education and training. *Transactions on Maritime Science*, 11(2). <https://doi.org/10.7225/toms.v11.n02.014>

Morris, T. H. (2020). Experiential learning – A systematic review and revision of Kolb's model. *Interactive Learning Environments*, 28(8), 1064–1077. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1570279>

Nguyen, T. H., Linh, D. K., & Vu, P. T. (2024). Research and design a lifeboat virtual reality simulation system. *Maritime Technology and Research*, 2(3), 339–348. <https://doi.org/10.1016/j.martech.2024.00348> Research and Design a L...

Pottle, J. (2019). Virtual reality and the transformation of medical education. *Future Healthcare Journal*, 6(3), 181–185. <https://doi.org/10.7861/fhj.2019-0036>

Razali, N. M., & Wah, Y. B. (2011). Power comparisons of shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests. *Journal of statistical modeling and analytics*, 2(1), 21-33.

Reeves, S. M., & Crippen, K. J. (2020). Virtual Laboratories in Undergraduate Science and Engineering Courses: a Systematic Review, 2009–2019. *Journal of Science Education and Technology*, 30(1), 16–30. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09866-0>

Renganayagalu, S. K., Mallam, S. C., & Hernes, M. (2022). Maritime education and training in the COVID-19 era and beyond. *TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 16(1), 59–69. <https://doi.org/10.12716/1001.16.01.06>

Roh, S., & Park, S. (2023). A comprehensive review of hazard identification methods for safety in maritime operations. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(12), 2287. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2077-1312/11/12/2287>

Rózsa, S., Hargitai, R., Láng, A., Osváth, A., Hupuczi, E., Tamás, I., & Kállai, J. (2022). Measuring Immersion, involvement, and attention focusing tendencies in the mediated environment: The Applicability of the Immersive Tendencies Questionnaire. *Frontiers in Psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.931955>

Schober, P., Boer, C., & Schwarte, L. A. (2018). Correlation coefficients: appropriate use and interpretation. *Anesthesia & analgesia*, 126(5), 1763-1768.

Sharma, A., & Kapoor, P. (2024, April 30). Navigating the Future: The impact of AR and VR in maritime training and education. <https://ojsiire.com/index.php/IJMRD/article/view/257>Autodesk. (n.d.). <https://www.autodesk.com/>

Sinicki, A. (2021, March 23). What is Unity? Everything you need to know. Android Authority. <https://www.androidauthority.com/what-is-unity-1131558/>

T. H. Laine and W. Lee, "Collaborative Virtual Reality in Higher Education: Students' Perceptions on Presence, Challenges, Affordances, and Potential," in *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 17, pp. 280-293, 2024, doi: 10.1109/TLT.2023.3319628

Taber, K. S. (2018). The use of Cronbach's alpha when developing and reporting research instruments in science education. *Research in science education*, 48, 1273-1296.

Tavakol, M., & Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. *International journal of medical education*, 2, 53.

The International Perspective. Union of Greek Shipowners :: The International Perspective. (n.d.). <https://ugs.gr/en/greek-shipping-and-economy/greek-shipping-and-economy-2024/the-international-perspective/>

The new Water System in Unity 2022 LTS and 2023.1. (n.d.). Unity. <https://unity.com/blog/engine-platform/new-hdrp-water-system-in-2022-lts-and-2023-1>

Thorn, A. (2011). *Game engine design and implementation*. Jones & Bartlett Publishers.

Trainer, M. (2024, April 24). The role of virtual reality in enhancing maritime training. Maritime Trainer. Retrieved January 24, 2025, from <https://maritimetrainer.com/blog/vr-based-maritime-training>

University of Silicon Valley. (2023, December 7). What is a Game Engine? <https://usv.edu/blog/what-is-a-game-engine/>

Villar, O. (2021). *Learning Blender*. Addison-Wesley Professional.

Vohera, C., Chheda, H., Chouhan, D., Desai, A., & Jain, V. (2021). Game engine architecture and comparative study of different game engines. *2022 13th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT)*, 1, 1–6. <https://doi.org/10.1109/icccnt51525.2021.9579618>

Vukelic, G., Ogrizovic, D., Bernecic, D., Glujic, D., & Vizentin, G. (2023). Application of VR Technology for Maritime Firefighting and Evacuation Training—A Review. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(9), 1732. <https://doi.org/10.3390/jmse11091732>

Wahl, A. M., & Kongsvik, T. (2018). Crew resource management training in the maritime industry: a literature review. *WMU Journal of Maritime Affairs*, 17(3), 377–396. <https://doi.org/10.1007/s13437-018-0150-7>

Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence*, 7(3), 225-240.

Xie, B., Liu, H., Alghofaili, R., Zhang, Y., Jiang, Y., Lobo, F. D., Li, C., Li, W., Huang, H., Akdere, M., Mousas, C., & Yu, L. (2021). A review on virtual Reality skill training applications. *Frontiers in Virtual Reality*, 2. <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.645153>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Δημογραφικά Στοιχεία

Πίνακας 5 Δημογραφικές ερωτήσεις ερωτηματολογίου

Μεταβλητή	Κωδικοποίηση/Κλίμακα	Μεταβλητή	Κωδικοποίηση/Κλίμακα	Περιγραφή Αντικειμένου
Φύλο	1 = Άρρεν 2 = Θήλυ	Πρότερη εμπειρία με εφαρμογές ΕΠ	Κλίμακα 7 σημείων (1 = Καμία εμπειρία, 7 = Μεγάλη εμπειρία)	Παρακαλώ αξιολογήστε το επίπεδο της προηγούμενης εμπειρίας σας με εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας (Virtual Reality)
Ηλικιακή ομάδα	1 = 18-24 έτη 2 = 25+ έτη	Πρότερη εμπειρία με ψηφιακά παιχνίδια	Κλίμακα 7 σημείων (1 = Καμία εμπειρία, 7 = Μεγάλη εμπειρία)	Παρακαλώ αξιολογήστε το επίπεδο της προηγούμενης εμπειρίας σας με ηλεκτρονικά παιχνίδια.

Ερωτηματολόγιο Εμβυθιστικών Τάσεων - ITQ

Κλίμακα τύπου Likert 7 βαθμών (ΠΟΤΕ - ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ - ΣΥΧΝΑ; ΜΗ ΣΕ ΕΓΓΡΗΓΟΡΣΗ/ΕΤΟΙΜΟΤΗΤΑ/ ΚΑΛΗ - ΜΕΤΡΙΑ - ΠΛΗΡΩΣ ΣΕ ΕΓΓΡΗΓΟΡΣΗ/ ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΑ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ/ ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ)

C1. Συγκέντρωση - Focus, C2. Συμμετοχή - Involvement, C3. Παιχνίδια - Games

Πίνακας 6 Δομή και περιεχόμενο των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου ITQ ανά ψυχομετρική διάσταση.

Δομή	Κωδικός Στοιχείου	Περιγραφή στοιχείου (Αγγλικά)	Περιγραφή στοιχείου (Ελληνικά)
Συγκέντρωση - Focus	FO1	How often do you get carried away by the plot when watching a movie or series?	Πόσο συχνά παρασύρεστε από την πλοκή όταν παρακολουθείτε μια ταινία ή σειρά;
	FO2	To what degree do you feel mentally alert at this moment?	Σε τι βαθμό νιώθετε διανοητικά σε εγρήγορση αυτή τη στιγμή;
	FO3	How physically fit do you feel today?	Πόσο καλή φυσική κατάσταση νιώθετε ότι έχετε σήμερα;
	FO4	How easily can you isolate your mind from external distractions when engaged in an activity?	Πόσο εύκολα μπορείτε να απομονώσετε το μυαλό σας από εξωτερικούς περισπασμούς όταν ασχολείστε με μια δραστηριότητα;
	FO5	How often do you “live” a sports game so intensely that you react as if you were playing too?	Πόσο συχνά “ζείτε” έναν αγώνα τόσο έντονα, που αντιδράτε σαν να παίζετε κι εσείς;

	FO6	How often during exercise do you lose track of time due to intense engagement?	Πόσο συχνά κατά τη διάρκεια της άσκησης χάνετε την αντίληψη του χρόνου λόγω της έντονης ενασχόλησης;
	FO7	How easily do you become dedicated to activities you enjoy?	Πόσο εύκολα αφοσιώνεστε σε δραστηριότητες που σας ευχαριστούν;
	FO8	How often do you become absorbed in an activity to the extent that you lose track of time?	Πόσο συχνά απορροφάστε σε μια δραστηριότητα σε βαθμό που να χάνετε την αντίληψη του χρόνου;
Συμμετοχή - Involvement	INV1	When reading or watching something, how often do you become so immersed that others find it difficult to get your attention?	Όταν διαβάζετε ή παρακολουθείτε κάτι, πόσο συχνά βυθίζεστε τόσο ώστε οι άλλοι να δυσκολεύονται να τραβήξουν την προσοχή σας;
	INV2	Do you often become so “lost” in a movie that you don’t realize what’s happening around you?	Σας συμβαίνει συχνά να “χάνεστε” τόσο σε μια ταινία που να μην καταλαβαίνετε τι γίνεται γύρω σας;
	IN3	How often do you feel that you identify with the characters in a story?	Πόσο συχνά νιώθετε ότι ταυτίζεστε με τους ήρωες μιας ιστορίας;
	INV4	Do you often get so “lost” in your thoughts or fantasies that you don’t pay attention to what’s happening around you?	Σας συμβαίνει συχνά να “χάνεστε” τόσο στις σκέψεις ή στις φαντασιώσεις σας, που να μην προσέχετε τι γίνεται γύρω σας;
	INV5	How often do you see dreams so realistic that when you wake up you feel disoriented?	Πόσο συχνά βλέπετε όνειρα τόσο ρεαλιστικά, ώστε όταν ξυπνάτε να νιώθετε αποπροσανατολισμένοι;

	INV6	Do you often get an “adrenaline rush” when watching chase or fight scenes on television or in the cinema?	Σας συμβαίνει συχνά να “ανεβαίνει η αδρεναλίνη” σας όταν βλέπετε σκηνές καταδίωξης ή μάχης στην τηλεόραση ή στο σινεμά
	INV7	How often do you react with fear or terror to scenes in movies or television shows?	Πόσο συχνά αντιδράτε με φόβο ή τρόμο σε σκηνές ταινιών ή τηλεοπτικών εκπομπών;
	INV8	Do you often have fear “lingering” for quite some time after a scary movie?	Σας συμβαίνει συχνά να σας “μένει” ο φόβος για αρκετή ώρα μετά από μια τρομακτική ταινία;
Παιχνίδια - Games	GA1	How often do you feel completely immersed in a video game, as if you are inside it rather than just manipulating it externally?	Πόσο συχνά νιώθετε πλήρως βυθισμένος/η σε ένα βιντεοπαιχνίδι, σαν να βρίσκεστε μέσα σε αυτό και όχι απλώς να το χειρίζεστε εξωτερικά;
	GA2	How often do you engage with video games?	Πόσο συχνά ασχολείστε με βιντεοπαιχνίδια;

VRUSE

Πίνακας 7 Δομή και περιεχόμενο των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου VRUSE ανά ψυχομετρική διάσταση.

Δομή	Κωδικός Στοιχείου	Περιγραφή στοιχείου (English)	Περιγραφή στοιχείου (Ελληνικά)
Καταλληλότητα – Appropriateness	AP1	The system’s capabilities matched what I needed to do.	Οι δυνατότητες του συστήματος ταίριαζαν με αυτό που έπρεπε να κάνω.
	AP2	I could use the system effectively without assistance.	Μπορούσα να χρησιμοποιήσω το σύστημα αποτελεσματικά χωρίς βοήθεια.
Ευκολία χρήσης – Ease of Use	EU1	I could operate the system without difficulty.	Μπορούσα να χειριστώ το σύστημα χωρίς δυσκολία.
	EU2	I found it difficult to get used to the display.	Δυσκολεύτηκα να συνηθίσω την οθόνη.
	EU3	I had difficulty understanding how it works.	Δυσκολευόμουν να καταλάβω πώς λειτουργεί.
	EU4	I see value in this way of interacting with the computer.	Βλέπω ότι όπως ο τρόπος αλληλεπίδρασης με τον υπολογιστή έχει αξία.
	EU5	The menus were clear and understandable.	Τα μενού ήταν ξεκάθαρα και κατανοητά.
	EU6	The system did not respond as it should.	Το σύστημα δεν ανταποκρινόταν όπως θα έπρεπε.
	EU7	I could customize the system to suit my needs.	Μπορούσα να προσαρμόσω το σύστημα όπως με βόλευε.

Εκπαιδευσιμότητα – Learnability	LE1	I had difficulty remembering all the things I could do with the system.	Δυσκολεύομαι να θυμάμαι όλα όσα μπορώ να κάνω με το σύστημα.
	LE2*	I frequently made mistakes while operating the system.	Έκανα συχνά λάθη κατά τον χειρισμό του συστήματος.
Διαισθητικότητα – Intuitiveness	INT1	I couldn't clearly see what I was doing in the system.	Δεν έβλεπα καθαρά τι έκανα στο σύστημα.
	INT2	Overall, how would you rate the functionality of the system.	Συνολικά, πώς θα βαθμολογούσατε τη λειτουργικότητα του συστήματος.
	INT3	Overall, how easy to use would you say the system is.	Συνολικά, πόσο εύχρηστο θα λέγατε ότι είναι το σύστημα
Κυβερνοναυτία – Simulation Sickness	SS1	I felt dizzy while using the system.	Ένιωθα ζάλη κατά τη χρήση του συστήματος.
	SS2	I felt eye fatigue after using the system.	Ένιωθα κόπωση στα μάτια μετά τη χρήση του συστήματος.
	SS3	I lost my orientation in the virtual space.	Έχανα τον προσανατολισμό μου στον εικονικό χώρο.
5-βάθμια κλίμακα Likert (Συμφωνώ απόλυτα – Διαφωνώ απόλυτα) * Αντίστροφα κωδικοποιημένα στοιχεία (reversed-coded items)			