



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
Δ.Π.Μ.Σ. ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΙΑ
ΚΑΙ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ
ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΕΙΔΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Επίδραση των Εφαρμογών Επαυξημένης Πραγματικότητας (ΕΠ)
για την ενίσχυση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης»

Ευάγγελος Νέστορας

ΒΟΛΟΣ, 2024



**UNIVERSITY OF THESSALY DEPARTMENT OF
ICHTHYOLOGY AND AQUATIC ENVIRONMENT
AND DEPARTMENT OF SPECIAL EDUCATION
JOINT POSTGRADUATE PROGRAMME
«EDUCATION FOR SUSTAINABILITY AND THE
ENVIRONMENT»**

**JOINT POSTGRADUATE MASTER'S THESIS
« Effect of Augmented Reality (AR) Applications for enhancing
environmental awareness »**

Evangelos Nestoras

VOLOS, 2024

**«Επίδραση των Εφαρμογών Επαυξημένης Πραγματικότητας (ΕΠ) για την
ενίσχυση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης»
«Effect of Augmented Reality (AR) Applications for enhancing environmental
awareness».**

© ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ, Έτος 2024. Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία (Μ.Δ.Ε.), η οποία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών: Εκπαίδευση για την Αειφορία και το Περιβάλλον και τα λοιπά αποτελέσματα αυτής αποτελούν συνιδιοκτησία του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και του φοιτητή, ο καθένας από τους οποίους έχει το δικαίωμα ανεξάρτητης χρήσης και αναπαραγωγής τους (στο σύνολο ή τμηματικά) για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, σε κάθε περίπτωση αναφέροντας τον τίτλο και το συγγραφέα και το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, όπου εκπονήθηκε η Μ.Δ.Ε. καθώς και τον Επιβλέποντα Καθηγητή και την Επιτροπή Αξιολόγησης.

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

- 1. Χαράλαμπος Καραγιαννίδης**, Καθηγητής ΠΤΕΑ-ΠΘ (Επιβλέπων),
- 2. Στέφανος Παρασκευόπουλος**, Καθηγητής ΠΤΕΑ-ΠΘ (Μέλος),
- 3. Αγγελική Καραματσούκη**, Εκπαιδευτικός Δ/νση Β'θμιας Εκπ/σης Δυτικής Θεσσαλονίκης (Μέλος).

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Είμαι βαθιά ευγνώμων στον καθηγητή μου, Χαράλαμπο Καραγιαννίδη, του οποίου η τεχνογνωσία και η διορατική καθοδήγηση συνέβαλαν καθοριστικά στη σύλληψη και την ανάπτυξη αυτής της διατριβής. Η ενθάρρυνσή του να εξερευνήσω καινοτόμους δρόμους στην επαυξημένη πραγματικότητα και την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση ήταν ιδιαίτερα πολύτιμη.

Θα ήθελα επίσης να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στην οικογένειά μου, της οποίας η ατελείωτη αγάπη και ενθάρρυνση με στήριξαν σε όλη αυτή την ακαδημαϊκή διαδρομή.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διατριβή εξετάζει το ρόλο της επαυξημένης πραγματικότητας στην ενίσχυση της περιβαλλοντικής συνείδησης μέσω μιας ολοκληρωμένης ανάλυσης των εφαρμογών, της αποτελεσματικότητας και των προκλήσεων της. Με την ενσωμάτωση της τεχνολογίας στην περιβαλλοντική εκπαίδευση, η έρευνα υπογραμμίζει καινοτόμες προσεγγίσεις που εμπλέκουν διαφορετικά κοινά σε καθηλωτικές μαθησιακές εμπειρίες. Αυτές οι εφαρμογές όχι μόνο διευκολύνουν τη βαθύτερη κατανόηση των οικολογικών θεμάτων, αλλά επίσης ενθαρρύνουν την αυξημένη δέσμευση και διατήρηση της περιβαλλοντικής γνώσης. Η διατριβή χρησιμοποιεί μια σχολαστική μεθοδολογία για την ανασκόπηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας και συνθέτει ευρήματα από διάφορες περιπτωσιολογικές μελέτες, αποκαλύπτοντας σημαντικές βελτιώσεις στα μαθησιακά αποτελέσματα και τις συμπεριφορικές προθέσεις προς την περιβαλλοντική διαχείριση.

Η διατριβή εξετάζει επίσης τις τεχνικές, την προσβασιμότητα και άλλες κοινές προκλήσεις που περιορίζουν την ευρεία υιοθέτηση της AR σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα. Τα συμπεράσματα που εξάγονται συνηγορούν για συνεχείς προόδους στην τεχνολογία AR για να ξεπεραστούν τα υπάρχοντα εμπόδια και να επεκταθεί ο εκπαιδευτικός της αντίκτυπος. Οι συστάσεις για μελλοντική έρευνα περιλαμβάνουν την εστίαση στην ενοποίηση μεταξύ πλατφορμών, τη διεξαγωγή διαχρονικών μελετών για την αξιολόγηση των αλλαγών συμπεριφοράς και την ανάπτυξη εφαρμογών AR που αντιμετωπίζουν παγκόσμιες περιβαλλοντικές προκλήσεις, ανοίγοντας έτσι το δρόμο για το AR να γίνει ένας ακρογωνιαίος λίθος της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης και υπεράσπισης.

Λέξεις-Κλειδιά: Επαυξημένη Πραγματικότητα, Περιβάλλον, Συνείδηση.

Abstract

This thesis examines the role of augmented reality in enhancing environmental awareness through a comprehensive analysis of its applications, effectiveness and challenges. By integrating technology into environmental education, research highlights innovative approaches that engage diverse audiences in immersive learning experiences. These applications not only facilitate a deeper understanding of ecological issues, but also encourage increased engagement and retention of environmental knowledge. The thesis uses a thorough methodology to review the existing literature and synthesizes findings from several case studies, revealing significant improvements in learning outcomes and behavioral intentions towards environmental stewardship.

The thesis also examines the technical, accessibility and other common challenges that limit the widespread adoption of AR in educational settings. Despite these challenges, research highlights the potential of augmented reality as a transformative tool in environmental education. The conclusions drawn advocate for continued advances in AR technology to overcome existing barriers and expand its educational impact. Recommendations for future research include focusing on cross-platform integration, conducting longitudinal studies to assess behavioral changes, and developing AR applications that address global environmental challenges, thus paving the way for AR to become a cornerstone of environmental education and defense.

Key words: Augmented Reality, Environment, Awareness.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	6
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
Abstract	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
1.1 Επισκόπηση του θέματος.....	11
1.2 Στόχος της διπλωματικής	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΑΥΞΗΜΕΝΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (AR).....	17
2.1 Ορισμός και εξήγηση της επαυξημένης πραγματικότητας.....	17
2.2 Ιστορία και εξέλιξη της επαυξημένης πραγματικότητας	20
2.3 Εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας σε διάφορα πεδία.....	25
2.3.1 Ιατρική εκπαίδευση και κατάρτιση	26
2.3.2 Βιντεοπαιχνίδια και ψυχαγωγία	28
2.3.3 Λιανικό εμπόριο	30
2.5 Η περιβαλλοντική συνείδηση και ο ρόλος της στην εκπαίδευση	32
2.6 Ο ρόλος του AR στην Ενίσχυση της Περιβαλλοντικής Συνείδησης	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗΣ	47
3.1 Ερευνητικά ερωτήματα του θέματος	47
3.2 Στρατηγικό πλάνο αναζήτησης της βιβλιογραφίας.....	52
3.3 Κριτήρια των επιλεγμένων εργασιών προς διερεύνηση	57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	65
4.1 Αποτελέσματα του πρώτου ερευνητικού ερωτήματος.....	65
4.2 Αποτελέσματα του δεύτερου ερευνητικού ερωτήματος	73
4.3 Αποτελέσματα του τρίτου ερευνητικού ερωτήματος.....	77

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	83
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	90

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Επισκόπηση του θέματος

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR – Augmented Reality) έχει αναδειχθεί ως μια τεχνολογία μετασχηματισμού που επικαλύπτει ψηφιακές πληροφορίες στον φυσικό κόσμο, ενισχύοντας έτσι την ανθρώπινη αντίληψη και την αλληλεπίδραση με το περιβάλλον τους. Με την απρόσκοπτη ενσωμάτωση εικονικών στοιχείων σε περιβάλλοντα πραγματικού κόσμου, η τεχνολογία γεφυρώνει το χάσμα μεταξύ του ψηφιακού και του φυσικού πεδίου, προσφέροντας νέους τρόπους αντίληψης, ερμηνείας και εμπλοκής σε περιβαλλοντικά πλαίσια (Schmalstieg & Hollerer, 2016).

Η εφαρμογή της στην ενίσχυση της περιβαλλοντικής συνείδησης υπόσχεται σημαντικά σε διάφορους τομείς, από την εκπαίδευση και τον πολεοδομικό σχεδιασμό έως τη διατήρηση και τον τουρισμό. Μέσω του AR, οι χρήστες μπορούν να οπτικοποιήσουν σύνθετα περιβαλλοντικά δεδομένα, όπως επίπεδα ρύπανσης ή ενδαιτήματα άγριας ζωής, σε πραγματικό χρόνο και χωρικό πλαίσιο, ενισχύοντας τη βαθύτερη κατανόηση και εκτίμηση των περιβαλλοντικών ζητημάτων.

Επιπλέον, το AR διευκολύνει τις διαδραστικές εμπειρίες μάθησης με την υπέρθεση εκπαιδευτικού περιεχομένου σε φυσικά τοπία ή ιστορικούς χώρους, εμπλουτίζοντας έτσι τα ερμηνευτικά στρώματα των περιβαλλοντικών αφηγήσεων. Η τεχνολογία όχι μόνο ενισχύει τις αισθητηριακές αντιλήψεις αλλά ενθαρρύνει επίσης την ενεργό συμμετοχή στην περιβαλλοντική διαχείριση, καθώς οι χρήστες μπορούν να αλληλεπιδράσουν με εικονικές προσομοιώσεις φιλικών προς το περιβάλλον συμπεριφορών ή να οραματιστούν τις πιθανές επιπτώσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στα οικοσυστήματα (Schmalstieg & Hollerer, 2016).

Κατά συνέπεια, η ενσωμάτωσή της σε πρωτοβουλίες περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης αντιπροσωπεύει μια καίρια πρόοδο στη μόχλευση ψηφιακών εργαλείων για την προώθηση βιώσιμων πρακτικών και την καλλιέργεια ενημερωμένης περιβαλλοντικής ιδιότητας του πολίτη (Schmalstieg & Hollerer, 2016).

Επίσης, η ενσωμάτωση του AR στην περιβαλλοντική εκπαίδευση προσφέρει δυναμικές, βιωματικές ευκαιρίες μάθησης που είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές στη μετάδοση σύνθετων οικολογικών εννοιών και στην προώθηση μιας πιο βαθιάς σύνδεσης με τη φύση. Για παράδειγμα, οι εφαρμογές που υποστηρίζουν τη συγκεκριμένη τεχνολογία μπορούν να δημιουργήσουν καθηλωτικές εμπειρίες όπου οι χρήστες μπορούν να παρατηρούν και να αλληλεπιδρούν με απειλούμενα είδη στα φυσικά τους ενδιαίτηματα, κατανοώντας τις συμπεριφορές τους και τις απειλές που αντιμετωπίζουν. Αυτήν η πρακτική δέσμευση μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τη διατήρηση και την κατανόηση σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους μάθησης. Επιπλέον, το AR μπορεί να προσομοιώσει τις περιβαλλοντικές αλλαγές με την πάροδο του χρόνου, επιτρέποντας στους χρήστες να οπτικοποιήσουν τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, της αποψίλωσης των δασών και άλλων περιβαλλοντικών προκλήσεων. Τέτοιες προσομοιώσεις μπορούν να αναδείξουν τον επείγοντα χαρακτήρα και την κλίμακα αυτών των ζητημάτων, οδηγώντας ενδεχομένως σε πιο ισχυρή υπεράσπιση και δράση στο κοινό (Mealy, 2018).

Σε αστικά περιβάλλοντα, η τεχνολογία έχει χρησιμοποιηθεί για την προώθηση της βιωσιμότητας επικαλύπτοντας πληροφορίες σχετικά με πρακτικές πράσινων κτιρίων, κατανάλωση ενέργειας και συστήματα διαχείρισης απορριμμάτων σε αστικά τοπία. Αυτό όχι μόνο εκπαιδεύει τους κατοίκους σχετικά με τον βιώσιμο αστικό σχεδιασμό, αλλά τους δίνει επίσης τη δυνατότητα να λαμβάνουν πιο ενημερωμένες αποφάσεις

σχετικά με τις δικές τους περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Παραδείγματος χάριν, μπορεί να καθοδηγήσει τους χρήστες μέσω διαδραστικών περιηγήσεων που καταδεικνύουν τα οφέλη των εγκαταστάσεων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ή των συστημάτων βιώσιμης διαχείρισης νερού, παρέχοντας μια σαφέστερη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο αυτές οι τεχνολογίες συμβάλλουν σε ένα πιο υγιές αστικό περιβάλλον (Mealy, 2018).

Ο τουριστικός τομέας επωφελείται επίσης από το AR ενισχύοντας τις εμπειρίες οικοτουρισμού, προσφέροντας στους τουρίστες εμπλουτισμένες αφηγήσεις σχετικά με τοποθεσίες φυσικής και πολιτιστικής κληρονομιάς. Παρέχει μεταφράσεις σε πραγματικό χρόνο, ιστορικό πλαίσιο και οικολογικές πληροφορίες, που μπορούν να αυξήσουν την εκτίμηση και τον σεβασμό για αυτές τις τοποθεσίες. Μία τέτοια εμπλουτισμένη εμπειρία των επισκεπτών οδηγεί σε μεγαλύτερη περιβαλλοντική συνείδηση και πιο ουσιαστική δέσμευση για τη διατήρηση των φυσικών και πολιτιστικών πόρων (Mealy, 2018).

Επιπλέον, οι δυνατότητες του AR στον περιβαλλοντικό ακτιβισμό δεν μπορούν να υπερεκτιμηθούν. Ακτιβιστές και οργανισμοί αξιοποιούν την επαυξημένη πραγματικότητα για να δημιουργήσουν συναρπαστικές, καθηλωτικές καμπάνιες που απεικονίζουν με γλαφυρό τρόπο την υποβάθμιση του περιβάλλοντος και την ανάγκη για προσπάθειες διατήρησης. Δίνοντας ζωή σε αφηρημένα περιβαλλοντικά δεδομένα, η επαυξημένη πραγματικότητα κάνει τις επιπτώσεις της περιβαλλοντικής παραμέλησης και τα οφέλη των βιώσιμων πρακτικών πιο απτές και άμεσα σε ένα ευρύ κοινό. Όλο αυτό κινητοποιεί την υποστήριξη του κοινού και οδηγεί σε αλλαγές πολιτικής, καθιστώντας τις αόρατες πτυχές των περιβαλλοντικών ζητημάτων ορατές και κατανοητές (Afshar, 2023).

Στον τομέα της επιστημονικής έρευνας, η τεχνολογία αυτή προσφέρει ισχυρά εργαλεία για οπτικοποίηση και ανάλυση δεδομένων. Οι περιβαλλοντικοί επιστήμονες κάνουν χρήση του AR για να επικαλύψουν δεδομένα από διάφορες πηγές σε φυσικά τοπία, διευκολύνοντας την πιο διαισθητική ανάλυση και τον έλεγχο υποθέσεων. Για παράδειγμα, το AR μπορεί να βοηθήσει στην οπτικοποίηση μετρήσεων ποιότητας αέρα και νερού σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές, βοηθώντας τους ερευνητές να εντοπίσουν μοτίβα και συσχετισμούς που μπορεί να είναι λιγότερο εμφανείς μέσω των παραδοσιακών μεθόδων παρουσίασης δεδομένων.

Στο σύνολό της η εφαρμογή του AR στην ενίσχυση της περιβαλλοντικής συνείδησης αντιπροσωπεύει μια σύγκλιση τεχνολογίας και οικολογίας που έχει τη δυνατότητα να μεταμορφώσει τον τρόπο με τον οποίο τα άτομα και οι κοινότητες αλληλεπιδρούν και αντιλαμβάνονται τον φυσικό κόσμο. Κάνοντας τις περιβαλλοντικές πληροφορίες πιο προσιτές, ελκυστικές και δραστικές, η AR διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στην προώθηση ενός πιο ενημερωμένου και προορατικού παγκόσμιου πολίτη αφοσιωμένου στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Αυτήν η σύνθεση ψηφιακής καινοτομίας και περιβαλλοντικής συνείδησης ανοίγει το δρόμο για πιο αποτελεσματικές εκπαιδευτικές στρατηγικές, εκστρατείες ενημέρωσης του κοινού και επιστημονικές προσπάθειες με στόχο τη διατήρηση του πλανήτη για τις μελλοντικές γενιές (Afshar, 2023).

1.2 Στόχος της διπλωματικής

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διεξαγωγή μιας ολοκληρωμένης βιβλιογραφικής ανασκόπησης εφαρμογών επαυξημένης

πραγματικότητας που έχουν σχεδιαστεί για την ενίσχυση της περιβαλλοντικής συνείδησης. Αυτήν η βιβλιογραφική ανασκόπηση στοχεύει να διερευνήσει τους ορισμούς, την ιστορική εξέλιξη και τις διάφορες εφαρμογές του AR για να κατανοηθεί το πώς η συγκεκριμένη τεχνολογία συμβάλλει αποτελεσματικά στην περιβαλλοντική εκπαίδευση, τον ακτιβισμό και την επιστημονική έρευνα. Με τη διερεύνηση του ρόλου της AR στην προώθηση της βαθύτερης κατανόησης των περιβαλλοντικών θεμάτων, την προώθηση βιώσιμων πρακτικών και τη συμμετοχή του κοινού στην περιβαλλοντική διαχείριση, η διατριβή επιδιώκει να φωτίσει τις δυνατότητες της επαυξημένης πραγματικότητας σε αυτόν τον τομέα.

Η διπλωματική θα εξετάσει το ρόλο του AR σε διάφορους τομείς, με ιδιαίτερη έμφαση στις εφαρμογές του στην ενίσχυση της περιβαλλοντικής συνείδησης. Μέσω λεπτομερών περιπτώσιολογικών μελετών εφαρμογών AR με επίκεντρο το πλαίσιο, η διατριβή θα αξιολογήσει την αποτελεσματικότητα του AR στην αύξηση της περιβαλλοντικής συνείδησης μεταξύ διαφορετικών κοινών. Η εξέταση στοχεύει στον εντοπισμό των βασικών χαρακτηριστικών και στρατηγικών που κάνουν ορισμένες εφαρμογές AR επιτυχημένες στην προώθηση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης.

Επιπλέον, κατά τη διατριβή θα χρησιμοποιηθεί ένα αυστηρό μεθοδολογικό πλαίσιο για την ανάλυση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας για την επαυξημένη πραγματικότητα και τις περιβαλλοντικές της εφαρμογές. Θα περιλαμβάνει την αντιμετώπιση συγκεκριμένων ερευνητικών ερωτημάτων, την εφαρμογή ενός στρατηγικού σχεδίου βιβλιογραφικής αναζήτησης και την εφαρμογή αυστηρών κριτηρίων για την επιλογή των έργων που θα διερευνηθούν. Με τη συστηματική ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας, θα παρουσιαστεί μια σαφής και δομημένη επισκόπηση της τρέχουσας κατάστασης της γνώσης στον τομέα.

Η ενότητα των αποτελεσμάτων θα παρέχει λεπτομερή ευρήματα σχετικά με κάθε ερευνητικό ερώτημα, προσφέροντας πληροφορίες για την αποτελεσματικότητα και τον αντίκτυπο των εφαρμογών AR στην περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση. Η ενότητα αυτή στοχεύει να παρουσιάσει εμπειρικά στοιχεία και θεωρητικές προοπτικές που υποστηρίζουν τη χρήση του AR ως εργαλείου για περιβαλλοντική εκπαίδευση και δέσμευση.

Τέλος, η συζήτηση και τα συμπεράσματα θα συνθέσουν τα ευρήματα για να προσφέρουν μια ολοκληρωμένη κατανόηση των δυνατοτήτων και των περιορισμών του AR στην ενίσχυση της περιβαλλοντικής συνείδησης. Ενσωματώνοντας τα αποτελέσματα με ευρύτερες θεωρητικές και πρακτικές προεκτάσεις, η διατριβή θα παρέχει συστάσεις για μελλοντική έρευνα και εφαρμογές του AR σε αυτόν τον σημαντικό τομέα. Η όλη σύνθεση θα συμβάλει στη συνεχιζόμενη συζήτηση για τη χρήση καινοτόμων τεχνολογιών για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προκλήσεων και την προώθηση βιώσιμων πρακτικών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΑΥΞΗΜΕΝΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (AR)

2.1 Ορισμός και εξήγηση της επαυξημένης πραγματικότητας

Η επαυξημένη πραγματικότητα περιλαμβάνει την απρόσκοπτη ενσωμάτωση ψηφιακών δεδομένων με το περιβάλλον του χρήστη σε πραγματικό χρόνο. Σε αντίθεση με την εικονική πραγματικότητα (VR – Virtual Reality), η οποία κατασκευάζει ένα εντελώς συνθετικό περιβάλλον, το AR επιτρέπει στους χρήστες να αλληλεπιδρούν με ένα πραγματικό περιβάλλον ενισχυμένο με επάλληλες αντιληπτικές πληροφορίες. Οι εφαρμογές του είναι ποικίλες, που κυμαίνονται από τη βοήθεια των διαδικασιών λήψης αποφάσεων έως την παροχή ψυχαγωγίας. Η επαυξημένη πραγματικότητα μπορεί είτε να αλλάξει οπτικά τα φυσικά περιβάλλοντα είτε να παρέχει στους χρήστες συμπληρωματικές πληροφορίες.

Το κυριότερο πλεονέκτημα του AR έγκειται στην ικανότητά του να συγχωνεύει ψηφιακά και τρισδιάστατα (3D) στοιχεία με την αντίληψη ενός ατόμου για τον πραγματικό κόσμο. Μεταφέρει οπτικά στοιχεία, ακουστικά σήματα και άλλα αισθητηριακά δεδομένα στον χρήστη μέσω συσκευών όπως smartphone, γυαλιά ή ακουστικά. Αυτές οι πληροφορίες επικαλύπτονται στη συσκευή, δημιουργώντας μια συνεκτική και καθηλωτική εμπειρία όπου τα ψηφιακά δεδομένα τροποποιούν την αντίληψη του χρήστη για το φυσικό περιβάλλον (Anderson, 2015).

Οι επάλληλες πληροφορίες μπορούν είτε να «αυξήσουν» ένα περιβάλλον είτε να συσκοτίσουν ορισμένα μέρη του φυσικού περιβάλλοντος. Ο Thomas Caudell, ένας υπάλληλος στην Boeing Computer Services, Research and Technology, επινόησε τον όρο Επαυξημένη Πραγματικότητα το 1990 για να περιγράψει τη λειτουργία των οθονών

που τοποθετούνται στο κεφάλι, οι οποίες χρησιμοποιούνταν από ηλεκτρολόγους κατά τη συναρμολόγηση περίπλοκων καλωδίων. Μία από τις αρχικές εμπορικές εφαρμογές της τεχνολογίας AR ήταν ο κίτρινος δείκτης first-down, που έκανε το ντεμπούτο του σε τηλεοπτικούς αγώνες ποδοσφαίρου το 1998.



Εικόνα 1: Ο κίτρινος δείκτης first-down και η ενσωμάτωσή του σε γήπεδο (Πηγή: <https://medium.com/knowledge-stew/how-the-simulated-yellow-first-down-marker-came-to-be-in-football-878ceef1e3f6>).

Επί του παρόντος, τα πιο αναγνωρίσιμα καταναλωτικά προϊόντα AR περιλαμβάνουν παιχνίδια smartphone, ακουστικά μικτής πραγματικότητας και heads-up displays (HUD) στα παρμπρίζ αυτοκινήτων. Ωστόσο, η τεχνολογία AR χρησιμοποιείται επίσης σε πολυάριθμους κλάδους όπως η υγειονομική περίθαλψη, η δημόσια ασφάλεια, το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο, ο τουρισμός και το μάρκετινγκ (Katika et al., 2022).

Η επαυξημένη πραγματικότητα μπορεί να παραδοθεί μέσω διαφόρων μορφών, συμπεριλαμβανομένων smartphone, γυαλιών και ακουστικών, με φακούς επαφής AR επίσης υπό ανάπτυξη. Η τεχνολογία απαιτεί εξαρτήματα υλικού όπως επεξεργαστή, αισθητήρες, οθόνη και συσκευές εισόδου. Οι κινητές συσκευές όπως τα smartphone και τα tablet ενσωματώνουν ήδη αυτό το υλικό, ενισχύοντας την προσβασιμότητα AR για τους καθημερινούς χρήστες. Αυτές οι συσκευές διαθέτουν συνήθως αισθητήρες όπως κάμερες, επιταχυνσιόμετρα, όργανα Παγκόσμιου Συστήματος Εντοπισμού Θέσης (GPS) και πυξίδες στερεάς κατάστασης. Σε εφαρμογές AR σε smartphone, για παράδειγμα, το GPS χρησιμοποιείται για την εξακρίβωση της τοποθεσίας του χρήστη, ενώ η πυξίδα ανιχνεύει τον προσανατολισμό της συσκευής (Katika et al., 2022).

Τα προηγμένα προγράμματα, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται από τον στρατό για εκπαίδευση, μπορεί επίσης να περιλαμβάνουν μηχανική όραση, αναγνώριση αντικειμένων και αναγνώριση χειρονομιών. Το AR μπορεί σε πολλές περιπτώσεις να είναι υπολογιστικά απαιτητικό. Επομένως, εάν μια συσκευή δεν διαθέτει επαρκή επεξεργαστική ισχύ, η επεξεργασία δεδομένων μπορεί να μεταφορτωθεί σε άλλο μηχάνημα.

Οι εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας λειτουργούν χρησιμοποιώντας μεθόδους είτε βασισμένες σε δείκτες είτε χωρίς δείκτες. Οι εφαρμογές που βασίζονται σε δείκτες αναπτύσσονται σε εξειδικευμένα προγράμματα 3D, επιτρέποντας στους προγραμματιστές να συνδέσουν κινούμενα σχέδια ή ψηφιακές πληροφορίες με βάση τα συμφραζόμενα με έναν δείκτη επαυξημένης πραγματικότητας στον πραγματικό κόσμο. Όταν μια εφαρμογή ή μια προσθήκη προγράμματος περιήγησης σε μια υπολογιστική συσκευή λαμβάνει ψηφιακές πληροφορίες από έναν αναγνωρισμένο δείκτη, εκτελεί τον κώδικα του δείκτη και επικαλύπτει την αντίστοιχη εικόνα ή εικόνες (Katika et al., 2022).

Το AR χωρίς δείκτη είναι πιο περίπλοκο γιατί η συσκευή δεν εστιάζει σε ένα συγκεκριμένο σημείο. Αντίθετα, πρέπει να προσδιορίζει τα στοιχεία καθώς εμφανίζονται. Αυτός ο τύπος AR απαιτεί έναν αλγόριθμο αναγνώρισης για τον εντοπισμό και την αναγνώριση κοντινών αντικειμένων. Χρησιμοποιώντας τους ενσωματωμένους αισθητήρες, η συσκευή μπορεί στη συνέχεια να επικαλύψει εικόνες μέσα στο περιβάλλον του χρήστη (Katika et al., 2022).

2.2 Ιστορία και εξέλιξη της επαυξημένης πραγματικότητας

Η επαυξημένη πραγματικότητα έχει τις ρίζες της στη δεκαετία του 1960, όταν ο Ivan Sutherland, πρωτοπόρος στον τομέα, ανέπτυξε το «Σπαθί του Δαμοκλή» στο Πανεπιστήμιο της Γιούτα στο Salt Lake City των ΗΠΑ. Η συσκευή ήταν μια τρισδιάστατη οθόνη τοποθετημένη στο κεφάλι, που λειτουργούσε σαν ένα ζευγάρι γυαλιά για την προβολή εικόνων σε 3D. Ωστόσο, σε αντίθεση με τα σημερινά γυαλιά AR, η συσκευή ήταν εξαιρετικά βαριά και χρειαζόταν ανάρτηση από την οροφή, με τον χρήστη να είναι δεμένος σε αυτήν για να λειτουργεί σωστά. Η δυσκίνητη εγκατάσταση ήταν η έμπνευση για το όνομά της, προερχόμενο από την ελληνική μυθολογία, καθώς η συσκευή αιωρούνταν δυοίωνα πάνω από το κεφάλι του χρήστη παρόμοιο με το «Δαμόκλειο ξίφος».

Οι ερευνητές της Boeing Computer Services, Tom Caudell και David Mizell, είχαν επιφορτιστεί να επινοήσουν μια εναλλακτική λύση στο απαρχαιωμένο σύστημα μεγάλων πινάκων οδηγιών κόντρα πλακέ της Boeing που χρησιμοποιούνται για τη συναρμολόγηση αεροσκαφών. Οι ερευνητές ανέπτυξαν μια οθόνη που τοποθετείται στο κεφάλι για εργάτες κατασκευών αεροσκαφών, την οποία ονόμασαν «Augmented

Reality». Αυτή η οθόνη επικαλύπτει τη θέση των καλωδίων μέσω των γυαλιών, προβάλλοντάς τα πάνω στις σανίδες (Kilag et al., 2023). Ως αποτέλεσμα, οι κατασκευαστές αεροσκαφών δεν χρειάζονταν πλέον ξεχωριστές σανίδες για κάθε αεροσκάφος, καθώς οι προσαρμοσμένες οδηγίες καλωδίωσης μπορούσαν πλέον να φοριούνται από τους εργαζόμενους. Αυτήν η καινοτόμος λύση βελτίωσε σημαντικά τη διαδικασία συναρμολόγησης. Χάρη στον Τομ και τον Ντέιβιντ, υπάρχει πλέον ο κατάλληλος όρος "Επαυξημένη Πραγματικότητα".

Το 1992, ο Louis Rosenberg δημιούργησε το εργαλείο «Virtual Fixtures» στο Ερευνητικό Εργαστήριο Πολεμικής Αεροπορίας των ΗΠΑ, το οποίο χρησίμευσε ως εικονικό σύστημα εκπαίδευσης πτήσης για πιλότους της Πολεμικής Αεροπορίας. Αυτό το σύστημα επέτρεπε στο στρατιωτικό προσωπικό να ελέγχει και να καθοδηγεί ουσιαστικά τα μηχανήματα, διευκολύνοντας εργασίες όπως η εκπαίδευση πιλότων σε ασφαλέστερες πρακτικές πτήσης (Kilag et al., 2023).

Το 1994, το AR άνοιξε το δρόμο του στο θέατρο και την ψυχαγωγία όταν η συγγραφέας και παραγωγός Julie Martin το ενσωμάτωσε σε μια θεατρική παραγωγή. Η παράστασή της, «Dancing in Cyberspace», παρουσίαζε ακροβάτες που έπαιζαν μαζί με προβαλλόμενα εικονικά αντικείμενα στη σκηνή, σηματοδοτώντας την πρώτη εμφάνιση του AR σε ένα θεατρικό σκηνικό (Kilag et al., 2023).

Μέχρι το 1998, η επαυξημένη πραγματικότητα είχε μπει στον αθλητικό στίβο. Ένα ζωντανό παιχνίδι NFL μεταδόθηκε με το εικονικό σύστημα γραφικών «1st & Ten». Αυτήν η καινοτομία έδειξε μια κίτρινη γραμμή που επικαλύπτεται στο γήπεδο, επιτρέποντας στους θεατές να δουν εύκολα πού πέτυχε η ομάδα γκολ για πρώτη φορά. Αυτό το σύστημα, το οποίο χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα, έχει γίνει πιο προηγμένο με την πάροδο του χρόνου. Το 2003, βελτιώθηκε με ένα χαρακτηριστικό στο

σύστημα Skycam, παρέχοντας εναέριες όψεις επικαλυμμένες με εικονικά γραφικά (Schmalstieg & Hollerer, 2016).

Το 1999, χρησιμοποιήθηκε στην πλοήγηση με το διαστημόπλοιο X-38 της NASA, το οποίο χρησιμοποίησε ένα σύστημα AR για να βελτιώσει την πλοήγηση κατά τις δοκιμαστικές πτήσεις εμφανίζοντας δεδομένα χάρτη απευθείας στην οθόνη του πιλότου.

Καθώς ξεκίνησε ο νέος αιώνας, η τεχνολογία προχώρησε σε διάφορους τομείς. Το 2000, κυκλοφόρησε το πρώτο παιχνίδι με ενσωματωμένη την επαυξημένη πραγματικότητα, το 'AR Quake'. Οι παίκτες φορούσαν μια οθόνη τοποθετημένη στο κεφάλι και έφεραν ένα σακίδιο που περιείχε έναν υπολογιστή και ένα γυροσκόπιο, επιτρέποντάς τους να αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον του παιχνιδιού (Schmalstieg & Hollerer, 2016).



Εικόνα 2: Το παιχνίδι ARQuake, που έκανε χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας (Πηγή: <https://www.tinmith.net/arquake/>).

Μέχρι το 2008, η τεχνολογία είχε εισέλθει στη σφαίρα των εμπορικών έντυπων διαφημίσεων. Η BMW έγινε η πρώτη αυτοκινητοβιομηχανία που χρησιμοποίησε τεχνολογία AR σε διαφήμιση περιοδικού για να προωθήσει το BMW Mini ως εικονικό τρισδιάστατο μοντέλο. Όταν αυτή η έντυπη διαφήμιση κρατήθηκε μπροστά από την κάμερα ενός υπολογιστή, το μοντέλο εμφανίστηκε στην οθόνη. Οι χρήστες μπορούσαν να μετακινήσουν το εικονικό αυτοκίνητο στην οθόνη αλληλοεπιδρώντας με το χαρτί, χάρη στους ψηφιακούς δείκτες στη φυσική διαφήμιση, επιτρέποντας την αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο (Schmalstieg & Hollerer, 2016).



Εικόνα 3: Διαφήμιση της BMW για την παρουσίαση του καινούριου μοντέλου MINI το 2008, με χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας (Πηγή:

<https://mydigitalwhiteboard.wordpress.com/2008/12/26/minis-ad-with-augmented-deality-ar-hits-stands/>).

Το 2009, το Esquire Magazine έγινε το πρώτο περιοδικό με δυνατότητες AR. Σαρώνοντας το εξώφυλλο, οι αναγνώστες μπορούσαν να δουν τον ηθοποιό Ρόμπερτ Ντάουνι Τζούνιор να εμφανίζεται, δίνοντας ζωή στο περιοδικό.

Το 2013, η Volkswagen παρουσίασε την εφαρμογή MARTA, ένα σύστημα υποστήριξης υπηρεσιών AR που παρείχε οδηγίες επισκευής βήμα προς βήμα σε μια διεπαφή. Αυτό έδειξε ότι η εκπαίδευση πάνω στην Επαυξημένη Πραγματικότητα θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε διάφορους κλάδους (Schmalstieg & Hollerer, 2016).

Το 2014, η Google κυκλοφόρησε το Google Glass, μια φορητή τεχνολογία που λειτουργούσε μέσω του διαδικτύου και του φωνητικού ελέγχου, επιτρέποντας στους χρήστες να έχουν πρόσβαση σε εφαρμογές Google όπως οι Χάρτες Google και το Gmail.

Μέχρι το 2015, η τεχνολογία είχε ανοίξει το δρόμο της στα κοινωνικά δίκτυα. Το Snapchat εφάρμοσε φίλτρα, μια δυνατότητα που υιοθετήθηκε γρήγορα από άλλα κοινωνικά δίκτυα όπως το Facebook και το Instagram το 2016 και το 2017.

Η κυκλοφορία του Pokémon Go το 2016 από τη Nintendo και τη Niantic έφερε το AR στο κύριο ενδιαφέρον του κόσμου.

Την ίδια χρονιά, η Microsoft δημοσίευσε το Microsoft HoloLens, μια πιο προηγμένη έκδοση της τεχνολογίας wearable AR σε σύγκριση με το Google Glass. Η συσκευή, ακολουθούμενη από το Microsoft HoloLens 2, επέτρεψε στους χρήστες να σαρώσουν το περιβάλλον τους και να δημιουργήσουν τις δικές τους εμπειρίες, ενισχύοντας σημαντικά την αλληλεπίδραση των χρηστών με το φυσικό κόσμο (Dutta, 2024).

Το 2017, η Επαυξημένη Πραγματικότητα άρχισε να μεταμορφώνει τη βιομηχανία λιανικής, όταν η IKEA κυκλοφόρησε μια εφαρμογή που επέτρεπε στους πελάτες να

κάνουν εικονική προεπισκόπηση των επιλογών επίπλων πριν κάνουν μια αγορά. Η καινοτομία ώθησε άλλες βιομηχανίες να εξερευνήσουν παρόμοιες εφαρμογές.

Κατά το 2017 και το 2018, το AR γνώρισε σημαντική ώθηση στην ευαισθητοποίηση του κοινού, καθώς τόσο η Apple όσο και η Google παρουσίασαν τα δικά τους κιτ ανάπτυξης AR για πλατφόρμες iOS και Android. Με το όνομα ARKit και ARCore SDK, αυτά τα εργαλεία έχουν γίνει απαραίτητα στον κλάδο (Dutta, 2024).

Στη δεκαετία του 2020, μια αξιοσημείωτη εξέλιξη σημειώθηκε το 2021 με την ίδρυση του svarmony. Ως ένας από τους κορυφαίους παρόχους τεχνολογίας της Ευρώπης, η svarmony ειδικεύεται στην ανάπτυξη συστημάτων πλοήγησης που βασίζονται σε AR και σε καινοτόμες, επεκτάσιμες λύσεις XR, με στόχο να προσφέρει μοναδικές, απεριόριστες χωρικές εμπειρίες στον κόσμο. Με τοποθεσίες στο Βερολίνο, το Μόναχο και τη Βιέννη, η svarmony έχει καθιερωθεί ως ειδικός στην επαυξημένη πραγματικότητα (Dutta, 2024).

2.3 Εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας σε διάφορα πεδία

Η επαυξημένη πραγματικότητα έχει συγκεντρώσει σημαντική προσοχή τα τελευταία χρόνια, ελκυστική τόσο για τους επιχειρηματικούς κολοσσούς όσο και για τους τακτικούς καταναλωτές. Με την ικανότητά της να συγχωνεύει εικονικά στοιχεία με δεδομένα πραγματικού κόσμου, έχει εφαρμογές σχεδόν σε κάθε κλάδο. Η βιομηχανία, η υγειονομική περίθαλψη, η διαφήμιση, ο αθλητισμός, η ψυχαγωγία, η στρατιωτική επιμελητεία, η εκπαίδευση, το λιανικό εμπόριο και η ακίνητη περιουσία είναι μερικά μόνο παραδείγματα.

Όταν χρησιμοποιείται αποτελεσματικά, η επαυξημένη πραγματικότητα είναι μια ισχυρή τεχνολογία με φαινομενικά ατελείωτες πιθανές χρήσεις. Καθώς νέες και πιο προηγμένες εφαρμογές AR, όπως τα φημολογούμενα γυαλιά της Apple, εισέρχονται στην αγορά, πιθανότατα θα υπάρξουν ακόμη πιο καινοτόμες εφαρμογές. Μερικές από τις εφαρμογές της επαυξημένης πραγματικότητας, παρουσιάζονται παρακάτω.

2.3.1 Ιατρική εκπαίδευση και κατάρτιση

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα χρησιμοποιείται ολοένα και περισσότερο στον ιατρικό τομέα για να βελτιώσει τις μαθησιακές εμπειρίες φοιτητών και επαγγελματιών ιατρικής. Οι εφαρμογές παρέχουν διαδραστικά, καθηλωτικά και πλούσια σε περιεχόμενο περιβάλλοντα, τα οποία μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά την κατανόηση πολύπλοκων ιατρικών εννοιών και διαδικασιών (Kumar et al., 2023). Ακολουθούν μερικά αξιοσημείωτα παραδείγματα:

- *Εκπαίδευση πάνω στην ανατομία:* Εφαρμογές όπως το "Human Anatomy Atlas" και το "Complete Anatomy" επιτρέπουν στους μαθητές να οπτικοποιήσουν και να αλληλεπιδράσουν με τρισδιάστατα μοντέλα του ανθρώπινου σώματος. Οι εφαρμογές παρέχουν λεπτομερείς απόψεις ανατομικών δομών, επιτρέποντας στους μαθητές να μελετήσουν τις χωρικές σχέσεις μεταξύ διαφορετικών οργάνων και συστημάτων με πιο ελκυστικό και διαισθητικό τρόπο από τα παραδοσιακά σχολικά βιβλία.
- *Χειρουργική Εκπαίδευση:* Συστήματα όπως το "HoloSurg" και το "Proximie" προσφέρουν στους χειρουργούς και στους εκπαιδευόμενους τη δυνατότητα να εξασκούν χειρουργικές επεμβάσεις σε ένα προσομοιωμένο περιβάλλον.

Οι εφαρμογές αυτές επικαλύπτουν εικονικούς χειρουργικούς οδηγούς και δεδομένα σε πραγματικό χρόνο στο σώμα του ασθενούς, βοηθώντας τους εκπαιδευόμενους να κατανοήσουν τα βήματα των πολύπλοκων χειρουργικών επεμβάσεων και βελτιώνοντας τις δεξιότητές τους χωρίς τους κινδύνους που συνδέονται με τις ζωντανές επεμβάσεις.

- *Ιατρικές προσομοιώσεις:* Πλατφόρμες όπως το "CAE VimedixAR" και το "AccuVein" ενισχύουν τις ιατρικές προσομοιώσεις παρέχοντας ρεαλιστικά, διαδραστικά σενάρια εκπαίδευσης. Το CAE VimedixAR, για παράδειγμα, κάνει χρήση του AR για να δημιουργήσει ρεαλιστικές προσομοιώσεις υπερήχων, επιτρέποντας στους εκπαιδευόμενους να εξασκήσουν διαγνωστικές τεχνικές σε εικονικούς ασθενείς. Το AccuVein προβάλλει έναν χάρτη των φλεβών στο δέρμα του ασθενούς, βοηθώντας τους επαγγελματίες υγείας στον εντοπισμό φλεβών για ενέσεις ή ενδοφλέβιες τοποθετήσεις.
- *Εκπαίδευση ασθενών:* Εφαρμογές όπως το "Visible Body" και το "MySpine" βοηθούν τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης να εξηγούν ιατρικές καταστάσεις και θεραπείες στους ασθενείς. Αυτά τα εργαλεία χρησιμοποιούν AR για να απεικονίσουν πώς οι ασθένειες επηρεάζουν το σώμα και πώς λειτουργούν οι διάφορες θεραπείες, βελτιώνοντας την κατανόηση και τη συμμετοχή των ασθενών στη φροντίδα τους.
- *Απομακρυσμένη συνεργασία:* Εφαρμογές όπως το "Microsoft HoloLens" και το "Scalpel" επιτρέπουν την εξ αποστάσεως συνεργασία και διαβούλευση μεταξύ των επαγγελματιών του ιατρικού τομέα. Τα εργαλεία αυτά επιτρέπουν στους ειδικούς να συμμετέχουν εικονικά σε χειρουργικές

επεμβάσεις ή ιατρικές διαδικασίες, παρέχοντας καθοδήγηση και υποστήριξη σε πραγματικό χρόνο, ανεξάρτητα από τη φυσική τους τοποθεσία.

- *Αξιολόγηση δεξιοτήτων και ανατροφοδότηση:* Οι τεχνολογίες επαυξημένης πραγματικότητας χρησιμοποιούνται επίσης για αξιολόγηση δεξιοτήτων και ανατροφοδότηση στην ιατρική εκπαίδευση (Kumar et al., 2023). Εφαρμογές όπως το "Touch Surgery" προσφέρουν διαδραστικές προσομοιώσεις χειρουργικών επεμβάσεων, όπου οι εκπαιδευόμενοι μπορούν να πραγματοποιήσουν εικονικές επεμβάσεις και να λάβουν άμεση ανατροφοδότηση για την απόδοσή τους. Έτσι, η εφαρμογή βοηθά στον εντοπισμό περιοχών για βελτίωση και βελτίωση των χειρουργικών τεχνικών.

2.3.2 Βιντεοπαιχνίδια και ψυχαγωγία

Ο τομέας των παιχνιδιών και της ψυχαγωγίας έχει αγκαλιάσει σημαντικά την τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας, μεταμορφώνοντας τον τρόπο με τον οποίο οι χρήστες αλληλεπιδρούν με το ψηφιακό περιεχόμενο. Η τεχνολογία έχει οδηγήσει σε καινοτόμες και καθηλωτικές εμπειρίες που συνδυάζουν εικονικά στοιχεία με τον πραγματικό κόσμο, παρέχοντας ένα νέο επίπεδο αφοσίωσης και διαδραστικότητας (Glover & Linowes, 2019).

Ένα από τα πιο αξιοσημείωτα παραδείγματα στο gaming είναι το "Pokémon GO", το οποίο ενσωματώνει εικονικές φιγούρες σε περιβάλλον πραγματικού κόσμου, ενθαρρύνοντας τους παίκτες να εξερευνήσουν το περιβάλλον τους για να συλλάβουν Pokémon. Το συγκεκριμένο παιχνίδι όχι μόνο έγινε πολιτιστικό φαινόμενο, αλλά έδειξε επίσης τη δυνατότητα της επαυξημένης πραγματικότητας να δημιουργήσει

συναρπαστικές εμπειρίες που βασίζονται στην τοποθεσία. Ομοίως, το «Ingress», ένα άλλο παιχνίδι της Niantic, χρησιμοποιεί τις ίδιες αρχές, μετατρέποντας τον πραγματικό κόσμο σε παιδική χαρά για περίπλοκες αποστολές και δραστηριότητες που βασίζονται σε ομάδες.

Στη σφαίρα του παραδοσιακού παιχνιδιού, η επαυξημένη πραγματικότητα ενισχύει τα επιτραπέζια παιχνίδια φέρνοντας εικονικά στοιχεία σε φυσικούς πίνακες. Παιχνίδια όπως το "HoloGrid: Monster Battle" και το "Tilt Five" χρησιμοποιούν αυτήν την τεχνολογία για την προβολή τρισδιάστατων στοιχείων σε πίνακες παιχνιδιών, συνδυάζοντας φυσικό και ψηφιακό παιχνίδι. Η ενσωμάτωση δημιουργεί δυναμικές και οπτικά πλούσιες εμπειρίες που δεν μπορούν να προσφέρουν τα παραδοσιακά επιτραπέζια παιχνίδια (Glover & Linowes, 2019).

Η βιομηχανία ψυχαγωγίας αξιοποιεί επίσης την επαυξημένη πραγματικότητα για να βελτιώσει τις ζωντανές εκδηλώσεις και παραστάσεις. Οι συναυλίες και οι θεατρικές παραγωγές χρησιμοποιούν την τεχνολογία για να δημιουργήσουν οπτικά εντυπωσιακά εφέ που συνδυάζονται με τη ζωντανή δράση. Για παράδειγμα, καλλιτέχνες όπως ο Eminem και οι Gorillaz έχουν ενσωματώσει επαυξημένα οπτικά στοιχεία στις παραστάσεις τους, δημιουργώντας μια καθηλωτική εμπειρία για το κοινό. Ένας τέτοιος συνδυασμός πραγματικότητας και ψηφιακής τέχνης διευρύνει τις δημιουργικές δυνατότητες και προσφέρει στο κοινό νέες, ελκυστικές εμπειρίες (Glover & Linowes, 2019).

Η επαυξημένη πραγματικότητα έχει επίσης κάνει σημαντικές εισβολές στη σφαίρα της αφήγησης και των διαδραστικών μέσων. Εφαρμογές όπως το "Wonderscope" προσφέρουν διαδραστικές ιστορίες όπου τα παιδιά μπορούν να ασχοληθούν με χαρακτήρες και αφηγήσεις που προβάλλονται στο πραγματικό τους περιβάλλον. Η

προσέγγιση αυτή μετατρέπει την παθητική ανάγνωση σε μια διαδραστική εμπειρία, ενισχύοντας μεγαλύτερη δέσμευση και μάθηση.

Η χρήση επαυξημένης πραγματικότητας σε θεματικά πάρκα και αξιοθέατα είναι μια άλλη συναρπαστική εξέλιξη. Πάρκα όπως τα Universal Studios και η Disneyland ενσωματώνουν την τεχνολογία σε βόλτες και αξιοθέατα, ενισχύοντας την εμπειρία των επισκεπτών με διαδραστικά στοιχεία. Παραδείγματος χάριν, οι βόλτες του "Χάρι Πότερ" χρησιμοποιούν το AR για να δημιουργήσουν μαγικές εμπειρίες που μεταφέρουν τους επισκέπτες στον κόσμο των βιβλίων και των ταινιών (Glover & Linowes, 2019).

Στις βιομηχανίες μόδας και ομορφιάς, η επαυξημένη πραγματικότητα χρησιμοποιείται για τη δημιουργία εικονικών δοκιμών. Εφαρμογές από εταιρείες όπως η Sephora και το IKEA επιτρέπουν στους χρήστες να βλέπουν πώς φαίνονται τα προϊόντα μακιγιάζ στο πρόσωπό τους ή πώς ταιριάζουν τα έπιπλα στο σπίτι τους χωρίς να αλληλεπιδρούν σωματικά με τα προϊόντα. Έτσι, με αυτού του είδους την τεχνολογία, παρέχεται μια βολική και εξατομικευμένη εμπειρία αγορών, μειώνοντας την αβεβαιότητα των online αγορών.

Επίσης, το AR βρίσκει εφαρμογές σε αθλητικές μεταδόσεις, όπου ενισχύει την εμπειρία προβολής επικαλύπτοντας στατιστικά σε πραγματικό χρόνο, στιγμιότυπα παικτών και στρατηγικές πληροφορίες σε ζωντανά παιχνίδια (Glover & Linowes, 2019).

2.3.3 Λιανικό εμπόριο

Η επαυξημένη πραγματικότητα στη λιανική εισάγει μια νέα διάσταση αλληλεπιδράσεων με τους πελάτες που στο παρελθόν ήταν απρόσιτες, ενισχύοντας και μεταμορφώνοντας σημαντικά την εμπειρία του πελάτη.

Το AR γεφυρώνει το χάσμα μεταξύ διαδικτυακών και εκτός σύνδεσης εμπειριών λιανικής. Η επαυξημένη πραγματικότητα μπορεί να εφαρμοστεί τόσο στο κατάστημα όσο και στο διαδίκτυο, δημιουργώντας μια απρόσκοπτη και συνδεδεμένη εμπειρία για τους πελάτες.

Με το AR στο λιανικό εμπόριο, οι πελάτες αποκτούν πρόσβαση σε πληθώρα πληροφοριών. Μπορούν να επικαλύπτουν ψηφιακά δεδομένα, όπως προδιαγραφές προϊόντων, τιμές, κριτικές πελατών και σχετικές συστάσεις, σε φυσικά προϊόντα σε πραγματικό χρόνο. Μία τέτοια δυνατότητα δίνει στους πελάτες τη δυνατότητα να λαμβάνουν καλά ενημερωμένες αποφάσεις αγοράς παρέχοντας μια βαθύτερη κατανόηση των χαρακτηριστικών και των πλεονεκτημάτων ενός προϊόντος, εξαλείφοντας έτσι τις αβεβαιότητες (Parker, 2022).

Επιπλέον, δίνει τη δυνατότητα στους πελάτες να εξερευνήσουν διάφορες παραλλαγές προϊόντων στο κατάστημα, συμπεριλαμβανομένων διαφορετικών χρωμάτων, μεγεθών και σχετικών αντικειμένων. Για παράδειγμα, σε ένα κατάστημα επίπλων, εάν ο επιθυμητός καναπές δεν είναι διαθέσιμος στο προτιμώμενο χρώμα ή υλικό, το AR μπορεί να δώσει μια λύση. Χρησιμοποιώντας την τεχνολογία, οι πελάτες μπορούν να δουν και να παραγγείλουν διαφορετικές παραλλαγές ενός προϊόντος, ακόμα κι αν δεν είναι φυσικά διαθέσιμες στο κατάστημα. Αυτό μπορεί να διευκολυνθεί μέσω των έξυπνων συσκευών τους ή των ειδικών περιπτέρων που τους επιτρέπουν να περιηγούνται εύκολα σε παραλλαγές μοντέλων προϊόντων 3D (Parker, 2022).

2.5 Η περιβαλλοντική συνείδηση και ο ρόλος της στην εκπαίδευση

Η περιβαλλοντική συνείδηση είναι η συνειδητή αναγνώριση και κατανόηση του περιβάλλοντος, των προκλήσεων του και των επιπτώσεων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στα οικοσυστήματα και τους φυσικούς πόρους. Περιλαμβάνει μια ευρεία κατανόηση των κρίσιμων περιβαλλοντικών ζητημάτων, όπως η κλιματική αλλαγή, η αποψίλωση των δασών, η ρύπανση του αέρα και των υδάτων, η απώλεια της βιοποικιλότητας και η εξάντληση των μη ανανεώσιμων πόρων. Περισσότερο από απλή γνώση, η περιβαλλοντική συνείδηση περιλαμβάνει την προώθηση στάσεων και συμπεριφορών που προάγουν την προστασία και τη διατήρηση του περιβάλλοντος (Ardoin et al., 2018).

Στον πυρήνα της, η περιβαλλοντική συνείδηση ενθαρρύνει τα άτομα και τις κοινότητες να υιοθετήσουν βιώσιμες πρακτικές και να εξετάσουν τις μακροπρόθεσμες επιπτώσεις των ενεργειών τους στον πλανήτη. Η ευαισθητοποίηση είναι αρκετά σημαντική στο πλαίσιο των αυξανόμενων περιβαλλοντικών κρίσεων που απειλούν την οικολογική ισορροπία και την ανθρώπινη ευημερία. Χωρίς μια θεμελιώδη κατανόηση της ευθραυστότητας του περιβάλλοντος και του ανθρώπινου ρόλου στην υποβάθμισή του, δεν μπορούν να επιτευχθούν βιώσιμες λύσεις.

Η εκπαίδευση είναι ένα από τα πιο ισχυρά εργαλεία για την οικοδόμηση περιβαλλοντικής συνείδησης. Εξοπλίζει τα άτομα με τις γνώσεις και τις δεξιότητες που χρειάζονται για να κατανοήσουν τα περιβαλλοντικά προβλήματα, να ασχοληθούν ουσιαστικά με αυτά και να αναπτύξουν λύσεις. Η περιβαλλοντική εκπαίδευση δεν είναι απλώς η παρουσίαση γεγονότων. Έχει να κάνει με την ενστάλαξη του αισθήματος

ευθύνης, την ενδυνάμωση των ατόμων να αναλάβουν δράση και την παρακίνηση τους να γίνουν περιβαλλοντικοί διαχειριστές (Ardoïn et al., 2018).

Μέσω της επίσημης εκπαίδευσης στα σχολεία και τα πανεπιστήμια, οι μαθητές μαθαίνουν να σκέφτονται κριτικά για περιβαλλοντικά ζητήματα, να εξερευνούν τη διασύνδεση μεταξύ ανθρώπου και φύσης και να κατανοούν τις παγκόσμιες συνέπειες των τοπικών δράσεων. Επιπλέον, η περιβαλλοντική εκπαίδευση βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν το ρόλο τους ως ενεργών πολιτών στην αντιμετώπιση οικολογικών προβλημάτων μέσω πρακτικών βιώσιμης διαβίωσης και εμπλοκής στην ανάπτυξη πολιτικής και την περιβαλλοντική υπεράσπιση (Ardoïn et al., 2018).

Πέρα από την τάξη, η περιβαλλοντική συνείδηση είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη μιας κοινωνίας που εκτιμά τη βιωσιμότητα και συμμετέχει ενεργά στις παγκόσμιες προσπάθειες για την προστασία του περιβάλλοντος. Τα σχολεία και τα εκπαιδευτικά ιδρύματα χρησιμεύουν ως οι πρωταρχικοί χώροι για την ανατροφή των μελλοντικών γενεών που θα μεταφέρουν την ευθύνη της περιβαλλοντικής διαχείρισης (Kamil et al., 2020).

Η περιβαλλοντική συνείδηση διασταυρώνεται επίσης με τη διπλωματία, καθώς πολλές περιβαλλοντικές προκλήσεις είναι παγκόσμιας φύσης και απαιτούν διεθνή συνεργασία. Ζητήματα όπως η κλιματική αλλαγή, η διατήρηση της βιοποικιλότητας και η ρύπανση ξεπερνούν τα εθνικά σύνορα, απαιτώντας παγκόσμιες συμφωνίες και συνθήκες. Ως εκ τούτου, η εκπαίδευση των μαθητών σχετικά με τις διπλωματικές πτυχές της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας είναι κρίσιμη για την ανάπτυξη μελλοντικών ηγετών που μπορούν να πλοηγηθούν στην πολυπλοκότητα των διεθνών διαπραγματεύσεων και να συμβάλουν στην παγκόσμια περιβαλλοντική διακυβέρνηση.

Η διδασκαλία των μαθητών σχετικά με την περιβαλλοντική διπλωματία περιλαμβάνει την εξήγηση του τρόπου με τον οποίο οι χώρες διαπραγματεύονται συνθήκες, θέτουν περιβαλλοντικά πρότυπα και συνεργάζονται σε διεθνείς προσπάθειες για τον μετριασμό της περιβαλλοντικής ζημίας. Για παράδειγμα, πρωτοβουλίες όπως η Συμφωνία του Παρισιού, το Πρωτόκολλο του Κιότο και η Σύμβαση για τη Βιοποικιλότητα αποτελούν παραδείγματα παγκόσμιων διπλωματικών προσπαθειών για την αντιμετώπιση της περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Μέσα από αυτό το πρίσμα, η περιβαλλοντική συνείδηση στην εκπαίδευση υπερβαίνει την κατανόηση των οικοσυστημάτων για να συμπεριλάβει τα πολιτικά, κοινωνικά και οικονομικά πλαίσια που διαμορφώνουν την περιβαλλοντική πολιτική (Kamil et al., 2020).

2.6 Ο ρόλος του AR στην Ενίσχυση της Περιβαλλοντικής Συνείδησης

Το περιβάλλον περιλαμβάνει το βιότοπο όπου τόσο τα έμβια όσο και τα μη έμβια στοιχεία επηρεάζουν άμεσα ή έμμεσα την ανθρώπινη ζωή. Όπως το περιβάλλον επηρεάζει τους ανθρώπους, έτσι και οι άνθρωποι έχουν ουσιαστικό αντίκτυπο στο περιβάλλον. Αυτή η αμοιβαία αλληλεπίδραση ήταν ισορροπημένη για αιώνες, αλλά άρχισε να επιδεινώνεται σημαντικά με την έλευση της εκβιομηχάνισης και της τεχνολογικής προόδου. Σημαντική ανθρωπογενής ρύπανση του περιβάλλοντος δεν επικρατούσε μέχρι τη Βιομηχανική Επανάσταση. Ωστόσο, η Βιομηχανική Επανάσταση έφερε ταχεία βιομηχανική ανάπτυξη και αύξηση του πληθυσμού, οδηγώντας σε αυξημένη ζήτηση για πρώτες ύλες και απεριόριστη κατανάλωση φυσικών πόρων. Η απρογραμματίστη αστικοποίηση κατέστρεψε φυσικούς οικοτόπους, έθεσε σε κίνδυνο πολλά είδη και εισήγαγε ρύπανση του αέρα, των υδάτων και του εδάφους. Ουσιαστικά,

η ισορροπία μεταξύ ανθρώπου και περιβάλλοντος διαταράχθηκε μετά τη Βιομηχανική Επανάσταση, με αποτέλεσμα σοβαρά περιβαλλοντικά ζητήματα (Aukstakalnis, 2016).

Αυτά τα περιβαλλοντικά προβλήματα περιλαμβάνουν τη ρύπανση του αέρα, του νερού και του εδάφους καθώς και του φωτός, αλλά επίσης το θόρυβο, την ηλεκτρομαγνητική και τη ραδιενεργή ρύπανση. Οι επιπτώσεις αυτών των προβλημάτων είναι εκτεταμένες, συμβάλλοντας στην υπερθέρμανση του πλανήτη, στην κλιματική αλλαγή, στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, στην καταστροφή του όζοντος, στην όξινη βροχή και στη μείωση της βιοποικιλότητας. Οι κύριες αιτίες αυτών των θεμάτων είναι κυρίως ανθρώπινες δραστηριότητες, τόσο ατομικές όσο και συλλογικές. Για την αντιμετώπιση και τον μετριασμό αυτών των υφιστάμενων και μελλοντικών περιβαλλοντικών προκλήσεων, είναι σημαντικό να ξεκινήσουμε με τις ανθρώπινες συμπεριφορές που συμβάλλουν σε αυτά τα προβλήματα. Τελικά, η πηγή του προβλήματος μπορεί επίσης να είναι το κλειδί για τη λύση του (Aukstakalnis, 2016).

Η αποτελεσματική καταπολέμηση περιβαλλοντικών ζητημάτων απαιτεί την παρουσία πολιτών με ισχυρή αίσθηση περιβαλλοντικής συνείδησης. Τα άτομα που κατανοούν πλήρως τα περιβαλλοντικά ζητήματα, επιδεικνύουν θετική στάση απέναντι στο περιβάλλον και ενεργούν με υπευθυνότητα, είναι κομβικοί παράγοντες για την ανάπτυξη λύσεων που μπορούν να σταματήσουν και να αναστρέψουν την περιβαλλοντική υποβάθμιση (Aukstakalnis, 2016).

Τις τελευταίες δεκαετίες, η ραγδαία πρόοδος της τεχνολογίας έχει φέρει επανάσταση σε διάφορες πτυχές της σύγχρονης κοινωνίας, συμπεριλαμβανομένης της εκπαίδευσης. Καθώς οι εκπαιδευτικοί προσπαθούν να βελτιώσουν τις μεθοδολογίες διδασκαλίας και να εμπλέξουν τους μαθητές σε ουσιαστικές μαθησιακές εμπειρίες, η τεχνολογία έχει αναδειχθεί ως ένα ισχυρό εργαλείο με τη δυνατότητα να μεταμορφώσει

το εκπαιδευτικό τοπίο. Ένας κρίσιμος τομέας όπου η τεχνολογία μπορεί να διαδραματίσει κεντρικό ρόλο είναι η περιβαλλοντική εκπαίδευση, η οποία στοχεύει στην ενίσχυση της οικολογικής συνείδησης, των υπεύθυνων συμπεριφορών και των βιώσιμων πρακτικών μεταξύ των μαθητών. Αυτό είναι απαραίτητο για την αντιμετώπιση πιεστικών παγκόσμιων προκλήσεων όπως η κλιματική αλλαγή, η απώλεια βιοποικιλότητας και η εξάντληση των πόρων. Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας σε αυτόν τον τομέα μπορεί να ενισχύσει τη διάδοση της περιβαλλοντικής γνώσης και να εμπνεύσει την επόμενη γενιά να γίνει ενημερωμένη και περιβαλλοντικά συνειδητοποιημένη (Richardson, 2024).

Ως εκ τούτου, είναι ζωτικής σημασίας να διερευνηθεί η υιοθέτηση και ο αντίκτυπος της τεχνολογίας στην περιβαλλοντική εκπαίδευση. Εξετάζοντας τον τρόπο ενσωμάτωσης της τεχνολογίας του AR στα προγράμματα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, εντοπίζοντας τις προκλήσεις και ευκαιρίες που προκύπτουν με την εφαρμογή της και κατανοώντας την αποτελεσματικότητά της, αυτή η μελέτη στοχεύει να ρίξει φως στην εξελισσόμενη δυναμική μεταξύ της επαυξημένης πραγματικότητας και της περιβαλλοντικής μάθησης.

Προηγούμενη έρευνα στον τομέα έχει δείξει ότι η τεχνολογία μπορεί να ενισχύσει την περιβαλλοντική εκπαίδευση παρέχοντας διαδραστικές και καθηλωτικές μαθησιακές εμπειρίες, διευκολύνοντας τη συλλογή δεδομένων από τον πραγματικό κόσμο και προωθώντας τη συνεργασία μεταξύ των μαθητών πέρα από τα σύνορα. Για παράδειγμα, μια μελέτη των Kilag et al. (2023) κατέδειξε την αποτελεσματικότητα των εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας στην ενίσχυση της περιβαλλοντικής γνώσης και της οικολογικής συνείδησης μεταξύ των μαθητών. Επιπρόσθετα, έρευνα των Panahi et al. (2012) τόνισε τον ρόλο των διαδικτυακών πλατφορμών και των μέσων κοινωνικής

δικτύωσης στην ενίσχυση της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, προτείνοντας ότι αυτά τα εργαλεία μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στην αύξηση της οικολογικής συνείδησης και στην ενθάρρυνση βιώσιμων πρακτικών (Richardson, 2024).

Αρκετές μελέτες έχουν υπογραμμίσει τις μετασχηματιστικές δυνατότητες της τεχνολογίας στην περιβαλλοντική εκπαίδευση. Η τεχνολογία προσφέρει διαδραστικές και καθηλωτικές εμπειρίες μάθησης που γεφυρώνουν το χάσμα μεταξύ της θεωρητικής γνώσης και των εφαρμογών του πραγματικού κόσμου. Οι εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας (AR) έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικά εργαλεία για την ενίσχυση της περιβαλλοντικής γνώσης και της οικολογικής συνείδησης μεταξύ των μαθητών. Με την επικάλυψη ψηφιακού περιεχομένου στο φυσικό περιβάλλον, το AR επιτρέπει στους μαθητές να εξερευνήσουν και να αλληλεπιδράσουν με περιβαλλοντικές έννοιες, όπως ενδιαιτήματα άγριας ζωής και οικοσυστήματα, με ελκυστικό τρόπο.

Επιπλέον, οι ψηφιακές πλατφόρμες και τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης έχουν γίνει ζωτικά κανάλια για την προώθηση του διαλόγου και της ανταλλαγής γνώσεων για περιβαλλοντικά ζητήματα μεταξύ των εκπαιδευτικών και των μαθητών. Αυτές οι πλατφόρμες διευκολύνουν τη συνεργασία και την επικοινωνία, επιτρέποντας στους μαθητές να συνδεθούν με ειδικούς, να συμμετέχουν σε παγκόσμιες περιβαλλοντικές συζητήσεις και να συμμετέχουν σε συλλογικές δραστηριότητες επίλυσης προβλημάτων (Richardson, 2024).

Ενώ όμως η τεχνολογία παρουσιάζει πολλά υποσχόμενες ευκαιρίες για περιβαλλοντική εκπαίδευση, εισάγει επίσης προκλήσεις και ανησυχίες. Ένα πρωταρχικό μέλημα είναι η ψηφιακή απόσπαση της προσοχής, όπου η ελκυστικότητα των gadgets και του διαδικτυακού περιεχομένου μπορεί να αποσπάσει την προσοχή των μαθητών από τους βασικούς μαθησιακούς στόχους. Ως εκ τούτου, οι εκπαιδευτικοί

πρέπει να βρουν μια ισορροπία μεταξύ της μόχλευσης της τεχνολογίας και της διατήρησης εστιασμένων περιβαλλόντων μάθησης. Επιπλέον, η ακρίβεια και η αξιοπιστία των πληροφοριών που προσεγγίζονται μέσω ψηφιακών πόρων αποτελούν κρίσιμα ζητήματα. Οι δάσκαλοι πρέπει να καθοδηγήσουν τους μαθητές πώς να αξιολογούν κριτικά τις διαδικτυακές πηγές για να διακρίνουν τις ακριβείς πληροφορίες από την παραπληροφόρηση ή το μεροληπτικό περιεχόμενο. Η διασφάλιση της ακρίβειας και της αξιοπιστίας των δεδομένων είναι απαραίτητη, καθώς οι εσφαλμένες πληροφορίες μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά την περιβαλλοντική κατανόηση και τη λήψη αποφάσεων των μαθητών (Aliabadi et al., 2021).

Επιπλέον, το ψηφιακό χάσμα μπορεί να επιδεινώσει τις ανισότητες στην πρόσβαση σε μαθησιακά περιβάλλοντα πλούσια σε τεχνολογία. Μαθητές από οικονομικά μειονεκτικά περιβάλλοντα ή απομακρυσμένες περιοχές ενδέχεται να μην έχουν πρόσβαση σε συσκευές ή αξιόπιστες συνδέσεις στο διαδίκτυο, περιορίζοντας τη συμμετοχή τους σε πρωτοβουλίες περιβαλλοντικής μάθησης που βασίζονται στην τεχνολογία. Η αντιμετώπιση αυτών των ανισοτήτων είναι σημαντική για να διασφαλιστεί η ισότιμη πρόσβαση σε μία ποιοτική περιβαλλοντική εκπαίδευση για όλους τους μαθητές (Aliabadi et al., 2021).

Μία μελέτη που διεξήχθη από τους Θεοδώρου και συν. (2018), διερεύνησε την εφαρμογή της επαυξημένης πραγματικότητας στην περιβαλλοντική εκπαίδευση σε μαθητές δημοτικού σχολείου στην Αθήνα, Ελλάδα. Η μελέτη αφορούσε τη δημιουργία και την ανάπτυξη δύο εφαρμογών AR για συσκευές Android, με στόχο να διδάξουν τους μαθητές σχετικά με την κλιματική αλλαγή και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι ερευνητές αξιολόγησαν την αποτελεσματικότητα αυτών των εφαρμογών μέσω

ερωτηματολογίων πριν και μετά τη δοκιμή, μετρώντας την αλλαγή γνώσης και τη συμμετοχή των μαθητών.

Η μελέτη ανέφερε ότι η ενσωμάτωση των ψηφιακών τεχνολογιών στην εκπαίδευση προσφέρει νέες ευκαιρίες για την ενίσχυση των μαθησιακών εμπειριών. Η επαυξημένη πραγματικότητα, η οποία επικαλύπτει εικονικά αντικείμενα στον πραγματικό κόσμο, έχει δείξει πολλά υποσχόμενα σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα. Η συγκεκριμένη μελέτη διερεύνησε τη χρήση του AR για τη βελτίωση της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, ένα κρίσιμο πεδίο δεδομένων των αυξανόμενων ανησυχιών για την κλιματική αλλαγή και την ανάγκη για βιώσιμες πρακτικές.

Η μελέτη διεξήχθη σε δύο δημοτικά σχολεία της Αθήνας, με τη συμμετοχή 241 μαθητών από Δ', Ε' και ΣΤ' τάξεις. Το δείγμα περιελάμβανε 122 κορίτσια και 119 αγόρια, ηλικίας από 9 έως 12 ετών. Τα σχολεία επιλέχθηκαν για το μεσαίο κοινωνικο-οικονομικό τους υπόβαθρο και την παρουσία ενός ερευνητή που εργάζεται ως εκπαιδευτικός.

Δύο εφαρμογές AR αναπτύχθηκαν χρησιμοποιώντας Unity3D και Vuforia. Η πρώτη εφαρμογή επικεντρώθηκε στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ηλιακή, γεωθερμική και αιολική ενέργεια) και στα ορυκτά καύσιμα (άνθρακας, πετρέλαιο και φυσικό αέριο). Η δεύτερη εφαρμογή αφορούσε την κλιματική αλλαγή, καλύπτοντας αιτίες (αποδάσωση, καύση ορυκτών καυσίμων), επιπτώσεις (τήξη πάγου, άνοδος της στάθμης της θάλασσας, ερημοποίηση) και λύσεις (ανακύκλωση, εξοικονόμηση ενέργειας, μειωμένη χρήση αυτοκινήτου).

Η μελέτη διήρκησε δύο διδακτικές ώρες, κατά τις οποίες οι μαθητές χρησιμοποίησαν τις εφαρμογές AR. Χωρίστηκαν σε ομάδες και ενθαρρύνθηκαν να

εξερευνήσουν τις εφαρμογές ανεξάρτητα, προωθώντας την ομαδική εργασία και την αυτοκατευθυνόμενη μάθηση.

Οι μαθητές συμπλήρωσαν ερωτηματολόγια πριν και μετά τη δοκιμή για να αξιολογήσουν τις γνώσεις τους για την κλιματική αλλαγή και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Τα ερωτηματολόγια περιλάμβαναν ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής για περιβαλλοντικά θέματα και τις εμπειρίες τους με τις εφαρμογές AR.

Η μελέτη διαπίστωσε σημαντικές βελτιώσεις στη γνώση των περιβαλλοντικών εννοιών των μαθητών. Οι μέσες απολαβές γνώσεων ήταν:

- 29,5% για τα παιδιά της Δ' δημοτικού
- 25,6% για τα παιδιά της Ε' δημοτικού
- 21,7% για τα παιδιά της Στ' δημοτικού

Οι μαθητές ανέφεραν βελτιωμένες μαθησιακές εμπειρίες, με μέση αύξηση 32,4% σε όλες τις τάξεις. Τα σχόλια έδειξαν ότι οι εφαρμογές AR έκαναν τη μάθηση πιο ελκυστική και ευχάριστη.

Τα δεδομένα από τα ερωτηματολόγια πριν και μετά τη δοκιμή αναλύθηκαν με χρήση του Microsoft Excel. Τα αποτελέσματα έδειξαν μια σαφή θετική επίδραση του AR τόσο στη διατήρηση της γνώσης όσο και στη δέσμευση των μαθητών.

Στο τέλος, αποδείχθηκε ότι η επαυξημένη πραγματικότητα μπορεί να είναι ένα αποτελεσματικό εργαλείο για τη διδασκαλία περίπλοκων περιβαλλοντικών εννοιών. Η διαδραστική και καθηλωτική φύση των εφαρμογών AR ενίσχυσε τη δέσμευση των μαθητών και τη διατήρηση της γνώσης. Τα ευρήματα υποδηλώνουν ότι η τεχνολογία θα μπορούσε να συμπληρώσει τις παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας, προσφέροντας μια πιο δυναμική και συναρπαστική εμπειρία μάθησης.

Μία άλλη έρευνα, που διεξήχθη από τον Jardin (2023), διερεύνησε την επίδραση των εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας (AR) στην περιβαλλοντική συνείδηση, τη γνώση, τις στάσεις και τις συμπεριφορές των μαθητών της τρίτης τάξης του δημοτικού σχολείου. Η μελέτη διεξήχθη σε δημόσιο σχολείο στην Τουρκία κατά το ακαδημαϊκό έτος 2021-2022.

Ο πρωταρχικός στόχος αυτής της μελέτης ήταν να αξιολογήσει εάν η περιβαλλοντική εκπαίδευση που υποστηρίζεται από εφαρμογές AR μπορεί να βελτιώσει την περιβαλλοντική συνείδηση των μαθητών του δημοτικού σχολείου. Η μελέτη στόχευε στην αξιολόγηση των αλλαγών στις περιβαλλοντικές γνώσεις, στάσεις και συμπεριφορές των μαθητών μετά τη συμμετοχή τους στην περιβαλλοντική εκπαίδευση βασισμένη σε AR.

Η έρευνα χρησιμοποίησε ένα σχέδιο μελέτης περίπτωσης, μια ποιοτική ερευνητική μέθοδο, για να διερευνήσει τις επιπτώσεις της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης που υποστηρίζεται από την επαυξημένη πραγματικότητα. Αυτή η προσέγγιση επέτρεψε μια εις βάθος εξέταση των εμπειριών και των προοπτικών των μαθητών.

Στη μελέτη συμμετείχαν 17 μαθητές της τρίτης τάξης από ένα δημόσιο σχολείο στην περιοχή Gülyalı της επαρχίας Ordu. Η επιλογή των συμμετεχόντων έλαβε υπόψη τη διαθεσιμότητα κινητών συσκευών για χρήση εφαρμογών AR.

Η περιβαλλοντική εκπαίδευση παρασχέθηκε με τη χρήση εφαρμογών AR για έξι εβδομάδες, συνολικά 18 ώρες διδασκαλίας. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν μέσω ημιδομημένων συνεντεύξεων με τους μαθητές, που διεξήχθησαν στο τέλος της περιόδου των έξι εβδομάδων. Οι συνεντεύξεις είχαν στόχο να συγκεντρώσουν τις

απόψεις των μαθητών για τις εφαρμογές που χρησιμοποιούν τη συγκεκριμένη τεχνολογία και να παρατηρήσουν αλλαγές στην περιβαλλοντική τους συνείδηση.

Για την ανάλυση των δεδομένων της συνέντευξης χρησιμοποιήθηκε η τεχνική ανάλυσης περιεχομένου. Η μέθοδος περιλάμβανε κωδικοποίηση των δεδομένων, αναγνώριση θεμάτων και ερμηνεία των ευρημάτων. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε τιμές συχνότητας για να απεικονίσουν την επικράτηση συγκεκριμένων αποκρίσεων.

Οι μαθητές εξέφρασαν θετικά συναισθήματα για τις εφαρμογές, περιγράφοντάς τις ως διασκεδαστικές, συναρπαστικές και ελκυστικές. Όλοι οι συμμετέχοντες ανέφεραν ότι οι εφαρμογές με ενσωματωμένο το AR, έκαναν τη μάθηση ευκολότερη και εξέφρασαν την επιθυμία να τις χρησιμοποιήσουν σε άλλα θέματα.

Η μελέτη διαπίστωσε ότι η περιβαλλοντική εκπαίδευση που υποστηρίζεται από AR βελτίωσε σημαντικά τις περιβαλλοντικές γνώσεις των μαθητών. Οι μαθητές ανέφεραν ότι έμαθαν νέες πληροφορίες για περιβαλλοντικά ζητήματα και διόρθωσαν προηγούμενες παρανοήσεις.

Η έρευνα έδειξε ότι οι εφαρμογές επηρέασαν θετικά τις στάσεις και τις συμπεριφορές των μαθητών απέναντι στο περιβάλλον. Οι μαθητές έδειξαν αυξημένη ενσυναίσθηση προς τα ζωντανά πράγματα, υιοθέτησαν συμπεριφορές φιλικές προς το περιβάλλον, όπως η ανακύκλωση και η διατήρηση των πόρων, και εξέφρασαν μεγαλύτερο ενδιαφέρον για περιβαλλοντικά ζητήματα.

Συνολικά, η μελέτη κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η υποστηριζόμενη από AR περιβαλλοντική εκπαίδευση ενίσχυσε αποτελεσματικά την περιβαλλοντική συνείδηση των μαθητών, περιλαμβάνοντας γνώσεις, στάσεις και συμπεριφορές.

Έδειξε ότι οι εφαρμογές με AR θα μπορούσαν να είναι ένα πολύτιμο εργαλείο στην περιβαλλοντική εκπαίδευση, καθιστώντας τη μάθηση πιο ελκυστική και αποτελεσματική για τους νέους μαθητές. Ο θετικός αντίκτυπος στην περιβαλλοντική συνείδηση των μαθητών υποδηλώνει ότι η ενσωμάτωση της τεχνολογίας σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα μπορεί να ενισχύσει τη βαθύτερη κατανόηση και εκτίμηση των περιβαλλοντικών ζητημάτων (Jardin, 2023).

Μία τρίτη μελέτη, αυτή του Chin (2022), διερεύνησε τη χρήση ψηφιακών εικονογραφημένων βιβλίων στην περιβαλλοντική εκπαίδευση για να αξιολογήσει τον αντίκτυπό τους στις περιβαλλοντικές στάσεις και συμπεριφορές παιδιών από διαφορετικά πολιτισμικά υπόβαθρα.

Η μελέτη στόχευε να αξιολογήσει το πώς η διαδραστική περιβαλλοντική εκπαίδευση μέσω ψηφιακών εικονογραφημένων βιβλίων επηρεάζει τις περιβαλλοντικές στάσεις και συμπεριφορές των μαθητών του δημοτικού σχολείου. Η έρευνα επικεντρώθηκε σε πολιτιστικά διαφορετικά παιδιά, χρησιμοποιώντας ως φόντο το μοναδικό φυσικό οικοσύστημα του νησιού των Ορχιδέων της Ταϊβάν.

Στη μελέτη συμμετείχαν 52 μαθητές της έκτης τάξης, με 26 μαθητές από την Ταϊβάν και 26 από την Ιαπωνία. Οι συμμετέχοντες επιλέχθηκαν για να διερευνήσουν τις διαπολιτισμικές διαφορές στην περιβαλλοντική εκπαίδευση.

Όσον αφορά το εκπαιδευτικό υλικό, χρησιμοποιήθηκε ένα ψηφιακό εικονογραφημένο βιβλίο με το μοναδικό είδος και το ανθρώπινο οικολογικό περιβάλλον του νησιού των Ορχιδέων της Ταϊβάν. Το βιβλίο μεταφράστηκε στα ιαπωνικά για να φιλοξενήσει τους Ιάπωνες μαθητές και να μειώσει τον μαθησιακό τους φόρτο.

Αναφορικά με τη διαδικασία, μπορεί να συνοψιστεί στα κάτωθι βήματα:

- ❖ *Προετοιμασία πριν από τη δραστηριότητα:* Οι μαθητές συμπλήρωσαν μια διαπολιτισμική κλίμακα ευαισθησίας για να εξασφαλίσουν ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στην πολιτισμική ευαισθησία.
- ❖ *Δραστηριότητα:* Οι μαθητές αφιέρωσαν 60 λεπτά ασχολούμενοι με το ψηφιακό βιβλίο εικόνων, μαθαίνοντας για περιβαλλοντικά ζητήματα μέσω διαδραστικού περιεχομένου.
- ❖ *Ποιοτικές Συνεντεύξεις:* Επιλεγμένοι μαθητές συμμετείχαν σε συνεντεύξεις για να μοιραστούν τις εμπειρίες και τα σχόλιά τους σχετικά με τη χρήση του ψηφιακού βιβλίου με εικόνες για περιβαλλοντική εκπαίδευση.

Για την ανάλυση των δεδομένων, η μελέτη χρησιμοποίησε Μοντέλα Δομικών Εξισώσεων Μερικών Ελάχιστων Τετράγωνων (PLS-SEM), που συλλέχθηκαν από τις έρευνες. Χρησιμοποιήθηκαν επίσης περιγραφικές στατιστικές για τη σύνοψη των απαντήσεων στο ερωτηματολόγιο.

Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν τα εξής:

- *Αυτοαποτελεσματικότητα στη Μάθηση των Φυσικών Επιστημών*
 - *Υψηλές βαθμολογίες:* Οι μαθητές ένιωσαν σίγουροι για την ικανότητά τους να έχουν καλές επιδόσεις σε τεστ και εργασίες χρησιμοποιώντας το ψηφιακό βιβλίο με εικόνες.
 - *Παραλλαγές:* Το επίπεδο αυτό-αποτελεσματικότητας διέφερε ανάλογα με την ικανότητα του δασκάλου και τον μαθησιακό φόρτο που επέβαλε το ψηφιακό περιεχόμενο.
- *Περιβαλλοντικές συμπεριφορές*

- *Υψηλές Βαθμολογίες:* Οι μαθητές αναγνώρισαν τα δικαιώματα ύπαρξης όλων των έμβιων όντων και κατανόησαν τον αντίκτυπο των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην κλιματική αλλαγή.
- *Χαμηλές Βαθμολογίες:* Οι μαθητές ήταν λιγότερο πρόθυμοι να πληρώσουν περιβαλλοντικούς φόρους, γεγονός που υποδηλώνει έλλειψη οικονομικής αυτονομίας και εξουσίας λήψης αποφάσεων.
- *Γενικές Συμπεριφορές:* Οι μαθητές ήταν προορατικοί στην εκμάθηση περιβαλλοντικών θεμάτων και στη συζήτηση τους με άλλους.
- *Ιδιαίτερες συμπεριφορές:* Οι μαθητές ήταν πρόθυμοι να μαζέψουν σκουπίδια και να συμμετάσχουν σε περιβαλλοντικές δραστηριότητες, αλλά λιγότερο διατεθειμένοι να αναφέρουν περιβαλλοντικές ζημιές στις αρχές.

Επιπλέον, παρατηρήθηκαν οι παρακάτω συμπεριφορές των μαθητών

- ❖ *Περιβαλλοντική στάση απέναντι στις συμπεριφορές:* Οι θετικές περιβαλλοντικές στάσεις οδήγησαν σε αυξημένη συμμετοχή σε περιβαλλοντικές συμπεριφορές.
- ❖ *Αυτο-αποτελεσματικότητα στις συμπεριφορές:* Η αυτοαποτελεσματικότητα στη μάθηση των φυσικών επιστημών δεν επηρέασε άμεσα τις περιβαλλοντικές συμπεριφορές αλλά τις επηρέασε μέσω περιβαλλοντικών στάσεων.
- ❖ *Διαμεσολαβητικός Ρόλος Στάσεων:* Οι περιβαλλοντικές στάσεις μεσολάβησαν πλήρως στη σχέση μεταξύ αυτοαποτελεσματικότητας και περιβαλλοντικών συμπεριφορών.

Η μελέτη καταλήγει στο συμπέρασμα ότι τα ψηφιακά εικονογραφημένα βιβλία μπορούν να βελτιώσουν αποτελεσματικά την περιβαλλοντική εκπαίδευση βελτιώνοντας τις περιβαλλοντικές γνώσεις, στάσεις και συμπεριφορές των μαθητών. Η διαδραστική και ελκυστική φύση του ψηφιακού περιεχομένου ενθαρρύνει θετικές στάσεις απέναντι στο περιβάλλον, οι οποίες με τη σειρά τους προωθούν υπεύθυνες περιβαλλοντικές συμπεριφορές. Στις συστάσεις που έγιναν για μελλοντικές μελέτες και σχεδιασμούς, συνοψίζονται τα κάτωθι:

- *Βελτιωμένος σχεδιασμός:* Τα μελλοντικά ψηφιακά εικονογραφημένα βιβλία θα πρέπει να σχεδιάζονται ώστε να ελαχιστοποιούν τις περιβαλλοντικές διαταραχές και να είναι πιο φιλικά προς τον χρήστη σε διαφορετικά πολιτιστικά πλαίσια.
- *Διαδραστικό περιεχόμενο:* Η αύξηση της πολυπλοκότητας και της διαδραστικότητας του ψηφιακού περιεχομένου μπορεί να διατηρήσει τη συμμετοχή των μαθητών και να βελτιώσει τα μαθησιακά αποτελέσματα.
- *Διαπολιτισμική ένταξη:* Η ενσωμάτωση τοπικών και ξένων πολιτιστικών στοιχείων στο εκπαιδευτικό περιεχόμενο μπορεί να ενισχύσει τη διαπολιτισμική κατανόηση και επικοινωνία.
- *Γονική συμμετοχή:* Η ενθάρρυνση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ μαθητών και γονέων μπορεί να επεκτείνει τα εκπαιδευτικά οφέλη πέρα από την τάξη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗΣ

3.1 Ερευνητικά ερωτήματα του θέματος

Τα ερευνητικά ερωτήματα για τη διατριβή σχεδιάστηκαν για να διερευνήσουν διεξοδικά τον αντίκτυπο, την αποτελεσματικότητα και τις δυνατότητες της Επαυξημένης Πραγματικότητας σε αυτό το πλαίσιο.

Η διατύπωση των ερευνητικών ερωτημάτων σε αυτήν τη διατριβή καθοδηγήθηκε από μια ολοκληρωμένη ανασκόπηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας για την επαυξημένη πραγματικότητα (AR) και τις δυνατότητές της να ενισχύσει την περιβαλλοντική συνείδηση. Παρά τον αυξανόμενο όγκο εργασιών που διερευνά τις εφαρμογές της AR στην εκπαίδευση, υπάρχει ένα κενό στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο η AR επηρεάζει συγκεκριμένα την περιβαλλοντική εκπαίδευση και ευαισθητοποίηση, ιδιαίτερα στην προώθηση βιώσιμων συμπεριφορών και στάσεων. Αυτό το κενό στη βιβλιογραφία ανέδειξε την ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση, η οποία διαμόρφωσε τα ερευνητικά ερωτήματα για αυτή τη μελέτη. Παρακάτω παρουσιάζονται τα τρία διευρυμένα ερευνητικά ερωτήματα:

Ποιες είναι οι τρέχουσες εφαρμογές και καινοτομίες της επαυξημένης πραγματικότητας για την προώθηση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης;

Το πρώτο ερευνητικό ερώτημα στοχεύει να εντοπίσει και να κατηγοριοποιήσει τους διάφορους τρόπους με τους οποίους η επαυξημένη πραγματικότητα χρησιμοποιείται για την ενίσχυση της περιβαλλοντικής συνείδησης. Μέσω του ερωτήματος επιδιώκεται να διερευνηθεί η ποικιλομορφία των εφαρμογών AR, που κυμαίνονται από εκπαιδευτικά εργαλεία και διαδραστικά εκθέματα έως περιβαλλοντικές εκστρατείες.

Αιτία επιλογής του 1^{ου} ερωτήματος

Το πρώτο ερευνητικό ερώτημα προέκυψε από την ανάγκη συστηματικού εντοπισμού και κατηγοριοποίησης των διάφορων τρόπων με τους οποίους η AR έχει χρησιμοποιηθεί για την προώθηση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης. Ενώ πολυάριθμες μελέτες συζητούν τις εφαρμογές της AR στην εκπαίδευση ή την ψυχαγωγία, λίγες εστιάζουν στο περιβαλλοντικό της δυναμικό. Διερευνώντας αυτό, η διατριβή επιδιώκει να χαρτογραφήσει το τρέχον τοπίο των εφαρμογών AR που στοχεύουν σε περιβαλλοντικά ζητήματα, καλύπτοντας ένα κενό στη βιβλιογραφία που στερείται ολοκληρωμένης τεκμηρίωσης τέτοιων πρωτοβουλιών.

Εξετάζοντας το σημερινό τοπίο, το πρώτο ερώτημα σκοπεύει να απαντήσει:

- ❖ Το πώς χρησιμοποιείται η τεχνολογία του AR σε σχολεία, πανεπιστήμια και δημόσια εκπαιδευτικά προγράμματα για τη διδασκαλία περιβαλλοντικών ζητημάτων. Εδώ περιλαμβάνονται εφαρμογές που παρέχουν διαδραστικά μαθήματα για την κλιματική αλλαγή, τη βιοποικιλότητα, τη ρύπανση και τις βιώσιμες πρακτικές.
- ❖ Το ρόλο που παίζει το AR στις εκστρατείες ευαισθητοποίησης του κοινού που διεξάγονται από περιβαλλοντικές οργανώσεις, κυβερνήσεις και ΜΚΟ. Αναφέρεται στην ανάλυση εκστρατειών που χρησιμοποιούν την τεχνολογία του AR για να οπτικοποιήσουν τις επιπτώσεις της περιβαλλοντικής υποβάθμισης, να παρουσιάσουν τις προσπάθειες διατήρησης και να εμπλέξουν το κοινό σε συμπεριφορές φιλικές προς το περιβάλλον.
- ❖ Το πώς ενσωματώνουν τα μουσεία, τα επιστημονικά κέντρα και τα περιβαλλοντικά εκθέματα AR για να βελτιώσουν τις εμπειρίες των επισκεπτών. Αφορά μελέτες περιπτώσεων εγκαταστάσεων που

χρησιμοποιούν AR για να ζωντανέψουν στατικές οθόνες, να παρέχουν βαθύτερες πληροφορίες για περιβαλλοντικά θέματα και να προσελκύουν επισκέπτες μέσω διαδραστικής αφήγησης.

- ❖ Τους τρόπους με τους οποίους αναπτύσσεται η AR για την υποστήριξη των προσπαθειών διατήρησης και την προστασία των απειλούμενων ειδών. Θα περιλαμβάνει την εξέταση εφαρμογών που χρησιμοποιούν AR για την παρακολούθηση της άγριας ζωής, την παρακολούθηση των οικοσυστημάτων και την εκπαίδευση του κοινού σχετικά με πρωτοβουλίες διατήρησης.
- ❖ Το πώς χρησιμοποιείται η επαυξημένη πραγματικότητα στον πολεοδομικό σχεδιασμό και τα κοινοτικά έργα για την προώθηση της βιωσιμότητας. Η έρευνα θα περιλαμβάνει εφαρμογές που οπτικοποιούν τις πράσινες υποδομές, καταδεικνύουν τα οφέλη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και εμπλέκουν τις κοινότητες στη βιώσιμη αστική ανάπτυξη.

Πόσο αποτελεσματικές είναι οι εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας στην ενίσχυση της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης και ευαισθητοποίησης σε διαφορετικά κοινά;

Το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα επιδιώκει να αξιολογήσει την αποτελεσματικότητα των εφαρμογών AR στην επίτευξη των εκπαιδευτικών και ευαισθητοποιητικών στόχων τους. Στοχεύει στην αξιολόγηση του αντίκτυπου του AR σε διαφορετικά είδη κοινού, συμπεριλαμβανομένων των μαθητών, των εκπαιδευτικών, του ευρύτερου κοινού και των υπευθύνων χάραξης πολιτικής.

Αιτία επιλογής του 2^{ου} ερωτήματος

Το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα υποκινείται από την περιορισμένη εμπειρική έρευνα σχετικά με την αποτελεσματικότητα της AR όχι μόνο στη μετάδοση

περιβαλλοντικής γνώσης αλλά και στον επηρεασμό της συμπεριφοράς. Ενώ το AR αναγνωρίζεται για τις καθηλωτικές και διαδραστικές του ιδιότητες, ο άμεσος αντίκτυπός του στην αλλαγή συμπεριφοράς που σχετίζεται με την περιβαλλοντική διαχείριση παραμένει ανεξερευνήτος. Το ερώτημα στοχεύει να παράσχει εμπειρικά στοιχεία σχετικά με το πόσο καλά οι εφαρμογές που βασίζονται στην Επαυξημένη Πραγματικότητα επιτυγχάνουν να προωθήσουν μακροπρόθεσμες αλλαγές συμπεριφοράς στους χρήστες, αντιμετωπίζοντας την ανάγκη για βαθύτερες γνώσεις σχετικά με την εκπαιδευτική τους αξία.

Το ερώτημα πρόκειται να διερευνηθεί:

- ❖ Το βαθμό στον οποίο οι εφαρμογές AR αυξάνουν την αφοσίωση και την αλληλεπίδραση των χρηστών σε σύγκριση με τις παραδοσιακές εκπαιδευτικές μεθόδους.
- ❖ Το πώς επηρεάζουν οι εφαρμογές AR τα μαθησιακά αποτελέσματα που σχετίζονται με περιβαλλοντικά θέματα.
- ❖ Τα στοιχεία που υπάρχουν, με γνώμονα ότι οι εφαρμογές AR μπορούν να οδηγήσουν σε αλλαγές συμπεριφοράς προς πιο βιώσιμες πρακτικές.
- ❖ Κατά πόσο προσιτές και περιεκτικές είναι οι εφαρμογές AR για την προσέγγιση διαφορετικού κοινού, συμπεριλαμβανομένων εκείνων με αναπηρίες ή περιορισμένης πρόσβασης στην τεχνολογία.
- ❖ Ποια είναι τα επίπεδα ικανοποίησης των χρηστών και οι αντιλήψεις για την αποτελεσματικότητα των εφαρμογών AR στην περιβαλλοντική εκπαίδευση.

Ποιες είναι οι προκλήσεις, οι περιορισμοί και οι μελλοντικές κατευθύνσεις για τις εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας στην περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση;

Στόχος του τρίτου ερωτήματος είναι να εντοπιστούν τα εμπόδια και οι περιορισμοί που αντιμετωπίζουν οι εφαρμογές AR στο πλαίσιο της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης και να διερευνηθούν πιθανές λύσεις και μελλοντικές κατευθύνσεις για βελτίωση. Μέσω του ερωτήματος επιδιώκεται να παραχθεί μια κριτική ανάλυση της τρέχουσας κατάστασης της τεχνολογίας AR και της εφαρμογής της στον τομέα αυτό.

Αιτία επιλογής του 3^{ου} ερωτήματος

Το τρίτο ερευνητικό ερώτημα πηγάζει από τεκμηριωμένα εμπόδια τόσο στον τεχνικό όσο και στον εκπαιδευτικό τομέα. Ενώ το AR υπόσχεται σημαντική για τη βελτίωση των μαθησιακών εμπειριών, η ευρεία υιοθέτησή του εμποδίζεται από διάφορες προκλήσεις, όπως η προσβασιμότητα, οι τεχνικοί περιορισμοί και η ενσωμάτωση στα υπάρχοντα εκπαιδευτικά πλαίσια. Το ερώτημα στοχεύει να εντοπίσει αυτές τις προκλήσεις στο πλαίσιο της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης και να προτείνει λύσεις, προσφέροντας πρακτικές συστάσεις για μελλοντικές εφαρμογές AR.

Μερικά από τα σημεία τα οποία πρόκειται να ερευνηθούν βάση του ερωτήματος, είναι τα εξής:

- Οι τεχνικές προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι προγραμματιστές όταν δημιουργούν εφαρμογές AR για περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση.
- Οι προκλήσεις που σχετίζονται με την κλιμάκωση και την ανάπτυξη εφαρμογών AR σε μεγάλη κλίμακα.
- Οι παράγοντες που επηρεάζουν την υιοθέτηση και την αποδοχή των εφαρμογών AR από τους χρήστες σε περιβαλλοντικά πλαίσια.
- Οι ανησυχίες σχετικά με το απόρρητο και τις ηθικές αρχές που δύναται να προκύψουν από τη χρήση του AR στην περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση.

- Οι αναδυόμενες τάσεις και οι μελλοντικές κατευθύνσεις για τις εφαρμογές που έχουν ενσωματωμένο το AR, απέναντι στην περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση.

Αντιμετωπίζοντας αυτά τα τρία ερευνητικά ερωτήματα, η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας θα παρέχει μια ολοκληρωμένη κατανόηση των τρεχουσών εφαρμογών, της αποτελεσματικότητας και των μελλοντικών δυνατοτήτων της επαυξημένης πραγματικότητας στην ενίσχυση της περιβαλλοντικής συνείδησης. Η δομημένη αυτή προσέγγιση θα βοηθήσει στον εντοπισμό βέλτιστων πρακτικών, θα τονίσει τομείς προς βελτίωση και θα προτείνει μονοπάτια για μελλοντική έρευνα και ανάπτυξη σε έναν ταχέως εξελισσόμενο τομέα.

Τα ερευνητικά ερωτήματα δεν είναι μόνο κρίσιμα για την αντιμετώπιση των κενών στη βιβλιογραφία αλλά και ευθυγραμμίζονται με τους ευρύτερους στόχους αυτής της διατριβής. Παρέχουν ένα δομημένο πλαίσιο για τη διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο η συγκεκριμένη τεχνολογία μπορεί να συμβάλει στην περιβαλλοντική εκπαίδευση και ευαισθητοποίηση, τόσο όσον αφορά τις τρέχουσες εφαρμογές όσο και τις μελλοντικές δυνατότητες. Τα ερωτήματα διασφαλίζουν επίσης ότι η μελέτη παραμένει εστιασμένη στη διασταύρωση μεταξύ AR, περιβαλλοντικής εκπαίδευσης και αλλαγής συμπεριφοράς, η οποία είναι κεντρική για τους στόχους αυτής της έρευνας.

3.2 Στρατηγικό πλάνο αναζήτησης της βιβλιογραφίας

Το στρατηγικό πλάνο βάση του οποίου αναζητήθηκε η βιβλιογραφία, είχε ως κύριο στόχο να διασφαλισθεί μια συστηματική και ενδεδεγμένη συλλογή της σχετικής βιβλιογραφίας για τη διατριβή. Αυτό το σχέδιο περιγράφει την προσέγγιση για τον

εντοπισμό, την επιλογή και την οργάνωση ακαδημαϊκών και βιομηχανικών πηγών που αντιμετωπίζουν άμεσα τα ερευνητικά ερωτήματα. Η στρατηγική περιλαμβάνει την επιλογή κατάλληλων βάσεων δεδομένων, τον εντοπισμό αποτελεσματικών όρων αναζήτησης, τον καθορισμό σαφών κριτηρίων συμπερίληψης και αποκλεισμού και τεκμηρίωση της διαδικασίας αναζήτησης για διαφάνεια και αναπαραγωγικότητα.

1. Επιλογή βάσης δεδομένων

Για τη συλλογή βιβλιογραφίας υψηλής ποιότητας, η αναζήτηση εστίασε σε συνδυασμό ακαδημαϊκών βάσεων δεδομένων και εξειδικευμένων πηγών του κλάδου. Τα περιοδικά, τα πρακτικά συνεδρίων και οι αξιόπιστες εκθέσεις επιλέχθηκαν με προτεραιότητα για να διασφαλιστεί η εγκυρότητα και η αξιοπιστία της έρευνας. Βάσεις δεδομένων όπως το Google Scholar, το Web of Science και το PubMed χρησιμοποιήθηκαν για την ανάκτηση επιστημονικών άρθρων που σχετίζονται με την τεχνολογία AR και τις περιβαλλοντικές εφαρμογές της. Οι αναφορές του κλάδου από αξιόπιστους οργανισμούς, όπως η Gartner ή η Deloitte, καθώς και από περιβαλλοντικές ΜΚΟ που χρησιμοποιούν τεχνολογία AR, όπως το WWF ή η Greenpeace, διερευνήθηκαν επίσης για πρόσθετες πληροφορίες.

2. Όροι και λέξεις-κλειδιά αναζήτησης

Ο προσδιορισμός των ακριβών όρων αναζήτησης κρίθηκε απαραίτητος για την αποτελεσματική ανάκτηση της σχετικής βιβλιογραφίας. Οι βασικοί όροι επιλέχθηκαν για να περιλαμβάνουν τόσο τα τεχνικά όσο και τα θεματικά στοιχεία του ερευνητικού θέματος. Χρησιμοποιήθηκε ένας συνδυασμός πρωταρχικών όρων όπως «επαυξημένη πραγματικότητα», “augmented reality”, “environmental awareness”, «περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση», «AR στην εκπαίδευση», “AR in schools”, «αειφόρος τεχνολογία».

Αυτοί οι όροι συνδυάστηκαν με δευτερεύουσες λέξεις-κλειδιά όπως "διαδραστική μάθηση", "εικονικά περιβάλλοντα", "augmented environments", "ψηφιακά οικοσυστήματα" και "εκπαίδευση για τη βιοποικιλότητα".

Οι τελεστές Boolean (AND, OR, NOT) φάνηκε πως βελτίωσαν τις αναζητήσεις. Για παράδειγμα, η «επαυξημένη πραγματικότητα ΚΑΙ περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση ΚΑΙ εκπαίδευση» περιορίζει το πεδίο εφαρμογής σε μελέτες που επικεντρώνονται ειδικά σε εκπαιδευτικές πτυχές. Οι χαρακτήρες «μπαλαντέρ» και οι περικοπές (π.χ. "περιβάλλον" ή "συντήρηση"*) μπόρεσαν να επεκτείνουν την αναζήτηση για να καταγράψουν παραλλαγές όρων όπως περιβάλλον ή διατήρηση. Όλο αυτό διασφάλισε ένα ευρύ αλλά εστιασμένο εύρος αποτελεσμάτων που αντιμετωπίζουν άμεσα το θέμα της διατριβής.

3. Κριτήρια Ένταξης και Αποκλεισμού

Τα σαφή κριτήρια για τη συμπερίληψη και την εξαίρεση της βιβλιογραφίας καθοδηγούν τη διαδικασία επιλογής, διασφαλίζοντας ότι λαμβάνονται υπόψη μόνο σχετικές και υψηλής ποιότητας πηγές. Τα κριτήρια ένταξης αποτελούνται από:

- ❖ *Συνάφεια με τα προαναφερθέντα ερευνητικά ερωτήματα:* Η εργασία θα πρέπει να αντιμετωπίζει άμεσα ένα ή περισσότερα από τα ερευνητικά ερωτήματα σχετικά με την AR και την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση.
- ❖ *Ημερομηνία δημοσίευσης:* Μεγάλη έμφαση δόθηκε στη βιβλιογραφία που δημοσιεύτηκε τα τελευταία 10 χρόνια για να διασφαλιστεί ότι η ανασκόπηση αντικατοπτρίζει τις τρέχουσες τάσεις και τις τεχνολογικές εξελίξεις. Ωστόσο, εξετάστηκαν επίσης οι θεμελιώδεις μελέτες που συμβάλλουν σημαντικά στην κατανόηση της AR ή της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης.

- ❖ *Κριτικές και αξιόπιστες πηγές:* Προτιμήθηκαν τα έγκυρα άρθρα περιοδικών, εργασίες συνεδρίων και αναφορές από αξιόπιστους οργανισμούς και ηγέτες του κλάδου.
- ❖ *Γλώσσα:* Περιλήφθηκαν μόνο πηγές που δημοσιεύθηκαν είτε στα αγγλικά είτε στα ελληνικά. Στα ελληνικά, για να τονιστεί η σημασία της μελέτης στη χώρα διεξαγωγής της διατριβής και στα αγγλικά, λόγω του μεγαλύτερου εύρους.

Τα κριτήρια αποκλεισμού βοηθούν στο φιλτράρισμα άσχετου ή χαμηλής ποιότητας υλικού:

- ❖ *Άσχετα θέματα:* Εξαιρείται η λογοτεχνία που εστιάζει σε εφαρμογές AR εκτός του πεδίου της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης ή εκπαίδευσης.
- ❖ *Πηγές που δεν έχουν αξιολογηθεί από ομοτίμους:* Τα ιστολόγια, τα άρθρα γνώμης και οι μη επιστημονικές πηγές αποφεύγονται, εκτός εάν παρέχουν μοναδικές πληροφορίες για τον κλάδο που δεν είναι διαθέσιμες στην ακαδημαϊκή βιβλιογραφία.
- ❖ *Ξεπερασμένη έρευνα:* Μελέτες που δημοσιεύτηκαν πριν από περισσότερα από 10 χρόνια, εκτός εάν είναι θεμελιώδεις, αποκλείονται για να διατηρηθεί η συνάφεια.

4. Εφαρμογή στρατηγικής αναζήτησης

Η διαδικασία αναζήτησης ακολουθεί μια στρατηγική βήμα προς βήμα για τη μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητας της ανάκτησης της βιβλιογραφίας. Αρχικά, πραγματοποιήθηκαν ευρείες αναζητήσεις χρησιμοποιώντας τις κύριες λέξεις-κλειδιά στις επιλεγμένες βάσεις δεδομένων. Τα αποτελέσματα ελέγχθηκαν ως προς τη συνάφεια

και η αναζήτηση βελτιώθηκε με την εφαρμογή φίλτρων όπως το έτος δημοσίευσης και η θεματική περιοχή (π.χ. εκπαίδευση, βιωσιμότητα, τεχνολογία).

Μόλις εντοπίστηκε ένα αρχικό σύνολο σχετικής βιβλιογραφίας, χρησιμοποιήθηκε μία αλυσίδα παραπομπών, όπου οι παραπομπές των βασικών εγγράφων διερευνήθηκαν για την ανακάλυψη πρόσθετων σχετικών πηγών. Αυτήν η προσέγγιση αναφορών βοήθησε αρκετά στην αποκάλυψη σημαντικών μελετών που δύναται να μην εμφανίζονταν στα αρχικά αποτελέσματα αναζήτησης.

Σε όλη τη διαδικασία, το ιστορικό αναζήτησης και τα ερωτήματα τεκμηριώθηκαν για λόγους διαφάνειας. Τα αποτελέσματα κάθε αναζήτησης, συμπεριλαμβανομένου του αριθμού των άρθρων που ανακτήθηκαν και αυτών που επιλέχθηκαν για περαιτέρω ανασκόπηση, καταγράφηκαν για να διασφαλιστεί η δυνατότητα αναπαραγωγής της ερευνητικής διαδικασίας.

5. Τακτικές ενημερώσεις και βελτιώσεις

Δεδομένης της ταχείας ανάπτυξης τόσο της τεχνολογίας της Επαυξημένης Πραγματικότητας όσο και των περιβαλλοντικών πρωτοβουλιών, η αναζήτηση λογοτεχνίας δεν είναι μια στατική διαδικασία. Πραγματοποιήθηκαν τακτικές ενημερώσεις στην αναζήτηση καθ' όλη τη διάρκεια της ερευνητικής περιόδου για την καταγραφή νέων δημοσιευμένων μελετών και εκθέσεων. Ενδέχεται επίσης να γίνουν βελτιώσεις στους όρους και στα κριτήρια αναζήτησης καθώς προχωρά η έρευνα και αποκτώνται νέες ιδέες.

Χρησιμοποιώντας αυτό το στρατηγικό σχέδιο, η διατριβή εξασφαλίζει μια ολοκληρωμένη και καλά δομημένη ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας,

παρέχοντας μια γερή βάση για την κατανόηση της διασταύρωσης επαυξημένης πραγματικότητας και περιβαλλοντικής συνείδησης.

3.3 Κριτήρια των επιλεγμένων εργασιών προς διερεύνηση

Για να τεκμηριωθούν τα ερευνητικά ερωτήματα, είναι σημαντικό να αναφερθούν μελέτες και ακαδημαϊκές εργασίες που έχουν διερευνήσει τη χρήση του AR στην εκπαίδευση, τη δημόσια συμμετοχή και την περιβαλλοντική επικοινωνία.

Οι Garzón et al. (2020), διεξήγαγαν μια συστηματική ανασκόπηση των εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας στην εκπαίδευση, συμπεριλαμβανομένων μελετών επικεντρωμένων σε περιβαλλοντικά θέματα. Διαπίστωσαν ότι η AR ενισχύει τη συμμετοχή των μαθητών, την κατανόηση και τη διατήρηση περίπλοκων περιβαλλοντικών εννοιών όπως η βιοποικιλότητα, η κλιματική αλλαγή και τα οικοσυστήματα. Τα διαδραστικά εργαλεία AR ήταν ιδιαίτερα αποτελεσματικά στην οπτικοποίηση δεδομένων που κατά τα άλλα είναι αφηρημένα ή δυσνόητα σε ένα παραδοσιακό περιβάλλον τάξης. Η εργασία επιλέχθηκε διότι παρέχει πολύτιμες πληροφορίες για το πώς οι εφαρμογές AR στην περιβαλλοντική εκπαίδευση μπορούν να προάγουν την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση δημιουργώντας καθηλωτικές και διαδραστικές εμπειρίες μάθησης (Garzon et al., 2020).

Όσον αφορά το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα, μπορεί να τεκμηριωθεί μέσω μελετών που μετρούν τον αντίκτυπο του AR στα μαθησιακά αποτελέσματα, τη δέσμευση και την αλλαγή συμπεριφοράς. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το ερώτημα, είναι σημαντικό να αναλυθούν εργασίες, διατριβές και περιοδικά/συνέδρια που διερευνούν την

αποτελεσματικότητα του AR σε εκπαιδευτικά και ευαισθητοποιητικά πλαίσια, εστιάζοντας όχι μόνο σε περιβαλλοντικά θέματα αλλά και σε ευρύτερες εφαρμογές.

Μια μελέτη περίπτωσης από τους Ibáñez et al. (2016), αν και επικεντρώνεται στην εκπαίδευση των επιστημών, τα ευρήματα είναι άμεσα εφαρμόσιμα σε εκστρατείες περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης που χρησιμοποιούν AR, αποδεικνύοντας την αποτελεσματικότητα της τεχνολογίας στη βελτίωση της κατανόησης και της ενασχόλησης με περιβαλλοντικά ζητήματα.

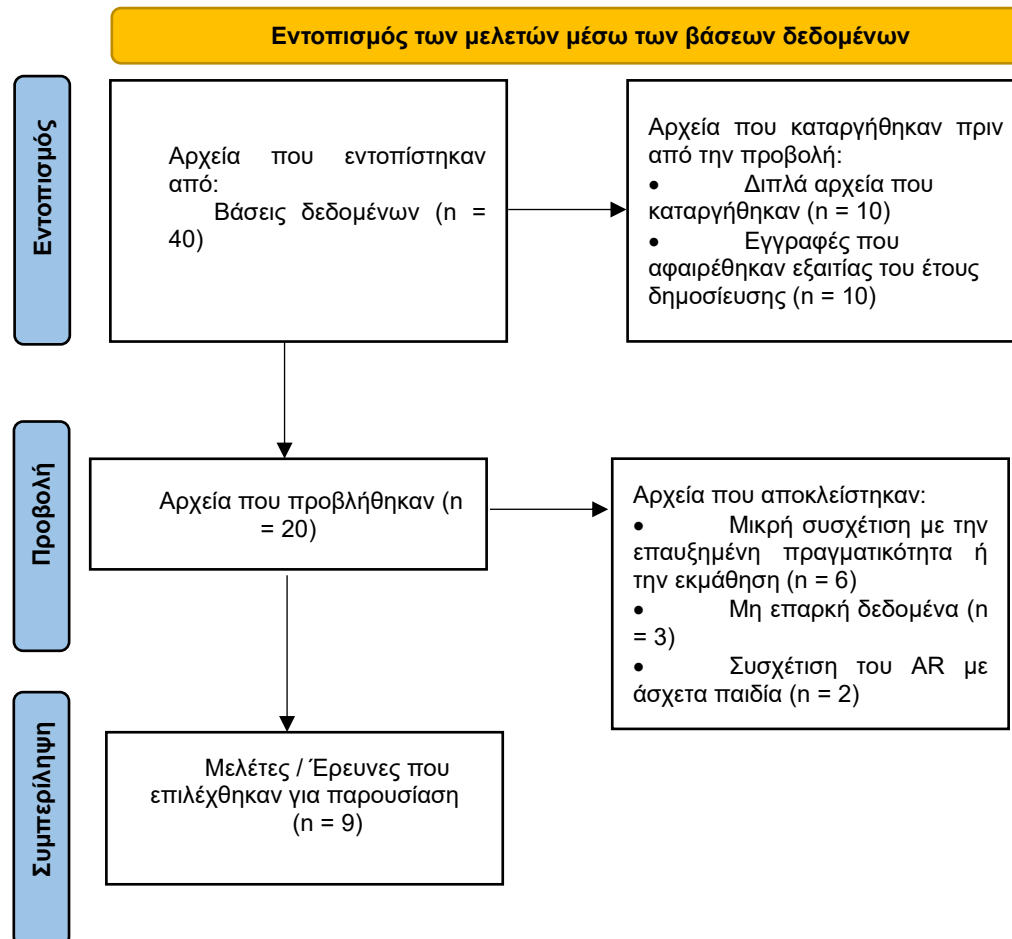
Το τρίτο ερευνητικό ερώτημα εστιάζει στον εντοπισμό των εμποδίων στην αποτελεσματική χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας όσον αφορά την προώθηση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης. Για να τεκμηριωθεί αυτό το ερώτημα, είναι απαραίτητο να γίνει αναφορά σε μελέτες που τονίζουν τεχνικές, εκπαιδευτικές, οικονομικές και κοινωνικές προκλήσεις στην ανάπτυξη των εφαρμογών AR, ιδιαίτερα σε περιβαλλοντικά πλαίσια.

Μία μελέτη των Qiao et al. (2018), είναι αρκετά σχετική με το ερώτημα διότι τονίζει βασικούς περιορισμούς όπως η κατανάλωση ενέργειας, η συμβατότητα συσκευών και οι καθυστερήσεις δικτύου, ιδιαίτερα στα τρέχοντα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας, τα οποία είναι κρίσιμα για την περιβαλλοντική παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο και τη συλλογή δεδομένων. Επιπλέον, η μελέτη σκιαγραφεί μελλοντικές κατευθύνσεις, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης του 5G και της συλλογικής πληροφορικής, που είναι κομβικά σημεία για την υπέρβαση αυτών των φραγμών, ανοίγοντας έτσι το δρόμο για πιο αποτελεσματικές και επεκτάσιμες εφαρμογές AR σε περιβαλλοντικά πλαίσια (Qiao et al., 2018).

Η διαδικασία επιλογής για τη βιβλιογραφική ανασκόπηση σχεδιάστηκε αυστηρά για να εξασφαλίσει τη συμπερίληψη μόνο των πιο σχετικών και υψηλής ποιότητας μελετών. Από μια αρχική ομάδα 40 ακαδημαϊκών εργασιών, μόνο 9 επιλέχθηκαν τελικά για λεπτομερή ανάλυση. Η επιλογή βασίστηκε σε συγκεκριμένα κριτήρια, συμπεριλαμβανομένης της εστίασης σε εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας που σχετίζονται άμεσα με την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και την εκπαίδευση. Οι εργασίες που παρείχαν ολοκληρωμένα εμπειρικά δεδομένα, χρησιμοποίησαν ισχυρές μεθοδολογίες έρευνας και παρουσίασαν ευρήματα σχετικά με την αποτελεσματικότητα του AR στην ενίσχυση της περιβαλλοντικής δέσμευσης τέθηκαν σε προτεραιότητα. Προτεραιότητα δόθηκε επίσης σε μελέτες που πρόσφεραν πρακτικά παραδείγματα περιπτώσεων και έδειξαν μετρήσιμο αντίκτυπο στη συμπεριφορά και την κατανόηση του κοινού, διασφαλίζοντας ότι η ανασκόπηση ήταν και ενδεδειγμένη και επικεντρωμένη σε έρευνα υψηλού αντίκτυπου.

Οι υπόλοιπες 31 εργασίες αποκλείστηκαν για διάφορους λόγους που δεν ευθυγραμμίζονται με τα κριτήρια της μελέτης. Ορισμένες από αυτές τις εργασίες, αν και πολύτιμες από μόνες τους, επικεντρώθηκαν σε εφαρμογές AR σε άσχετους τομείς όπως η υγειονομική περίθαλψη ή το λιανικό εμπόριο, και ως εκ τούτου δεν ασχολήθηκαν με το συγκεκριμένο περιβαλλοντικό πλαίσιο που είναι κρίσιμο για αυτήν τη διατριβή. Άλλες δεν είχαν εμπειρικά δεδομένα ή βασίστηκαν σε θεωρητικά μοντέλα χωρίς πρακτική εφαρμογή, περιορίζοντας τη συνάφειά τους με τον στόχο της αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας του AR στην περιβαλλοντική εκπαίδευση. Επιπλέον, αρκετές μελέτες εξαλείφθηκαν λόγω ξεπερασμένων πληροφοριών ή ανεπαρκούς μεθοδολογικής αυστηρότητας, όπως μικρά μεγέθη δειγμάτων ή έλλειψη ελέγχων, που θα μπορούσαν να θέσουν σε κίνδυνο την αξιοπιστία των ευρημάτων τους.

Βελτιώνοντας την επιλογή σε 9 εξαιρετικά σχετικές και μεθοδολογικά ορθές μελέτες, η διατριβή εξασφάλισε μια εστιασμένη και βασισμένη σε στοιχεία προσέγγιση για την κατανόηση του ρόλου της AR στην προώθηση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης.



Συγγραφείς	Μέρος έρευνας	Χρονολογία	Μεθοδολογία	Αποτελέσματα
Girish Bekaroo et al.	Πανεπιστήμιο Mauritius	2018	Ανάπτυξη μιας εφαρμογής κινητής τηλεφωνίας βασισμένη σε AR με το όνομα "Argy", που δοκιμάστηκε με μαθητές στο Πανεπιστήμιο Middlesex Mauritius χρησιμοποιώντας προ- και	Η έρευνα έδειξε θετική συσχέτιση μεταξύ της χρήσης του AR και της αυξημένης συνειδητοποίησης της πράσινης κατανάλωσης. Σημαντικά κέρδη γνώσης που

			μετα-δοκιμές και αναλύθηκε με το μοντέλο αποδοχής τεχνολογίας (TAM).	παρουσιάζονται μέσω βελτιωμένων βαθμολογιών μετά τη δοκιμή, με σημειωμένες προκλήσεις όπως η ανίχνευση δεικτών και η τεχνική ένταση των πόρων.
Kamarainen et al.	βορειοανατολικές Ηνωμένες Πολιτείες	2013	Μια πιλοτική μελέτη που ενσωμάτωσε το AR (χρησιμοποιώντας το Freshair TM) με τα παιδιά της έκτης τάξης κατά τη διάρκεια ενός ταξιδιού σε μια λίμνη. Εκπαίδευση προ-πεδίου, δραστηριότητες ταξιδιού και ανάλυση της τάξης μετά την εκδρομή.	Θετικά κέρδη στη δέσμευση των μαθητών, την εκμάθηση περιεχομένου και την αυτο-αποτελεσματικότητα. Βαθύτερη κατανόηση της ποιότητας των υδάτων και της επιστήμης του οικοσυστήματος σε σύγκριση με τις παραδοσιακές εκδρομές.
Gardoni et al.	Η μελέτη επικεντρώθηκε στο τροπικό δάσος του Αμαζονίου και στο Great Barrier Reef ως παραδείγματα για την εμπειρία AR.	2020	Η μελέτη σχεδίασε και ανέπτυξε μια πολυεστιακή εφαρμογή AR που ενσωματώνει οπτικά, ακουστικά και οσφρητικά ερεθίσματα για τη δημιουργία μιας διαδραστικής έκθεσης σχετικά με τις ανθρώπινες επιπτώσεις σε φυσικά περιβάλλοντα. Διεξήχθησαν προκαταρκτικές συνεδρίες δοκιμών για την αξιολόγηση της εμπλοκής και της κατανόησης των χρηστών.	Η εφαρμογή αύξησε την εμπλοκή του χρήστη, την κατανόηση των περιβαλλοντικών ζητημάτων και τη δημιουργία συναισθηματικών συνδέσεων μέσω πολλαπλών ερεθισμάτων.
Diegmann et al.	Συστηματική ανασκόπηση που καλύπτει διάφορες μελέτες.	2015	Διεξήχθη μια συστηματική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας που ανέλυσε 25 δημοσιεύσεις σχετικά με τα οφέλη της επαυξημένης πραγματικότητας	Προσδιορίστηκαν 14 μοναδικά οφέλη από την AR στην εκπαίδευση, όπως αυξημένο κίνητρο, βελτιωμένη καμπύλη

	Συγκεκριμένες χώρες ή πόλεις δεν ήταν η κύρια εστίαση.		σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα. Τα άρθρα αξιολογήθηκαν με βάση εμπειρικά στοιχεία και κατηγοριοποιήθηκαν σε οφέλη που σχετίζονται με τα εκπαιδευτικά αποτελέσματα.	μάθησης, ενισχυμένη διατήρηση μνήμης και μάθηση με επίκεντρο τους μαθητές. Η ανασκόπηση υπογράμμισε την ανάγκη για περαιτέρω έρευνα σχετικά με τη σχέση μεταξύ συγκεκριμένων τύπων εφαρμογών AR και των παροχών τους.
Shih-Yeh Chen	Taitung, Ταϊβάν και Κιότο, Ιαπωνία.	2022	Η μελέτη περιελάμβανε 52 μαθητές έκτης τάξης (26 από την Ταϊβάν και 26 από την Ιαπωνία) που συμμετείχαν σε ένα μάθημα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης με βάση το AR χρησιμοποιώντας ψηφιακά βιβλία. Διεξήχθησαν έρευνες και ποιοτικές συνεντεύξεις για τη συλλογή δεδομένων.	Η μελέτη διαπίστωσε ότι η αυτο-αποτελεσματικότητα της επιστήμης των μαθητών επηρέασε τις περιβαλλοντικές τους συμπεριφορές, οι οποίες με τη σειρά τους επηρέασαν θετικά τις περιβαλλοντικές τους συμπεριφορές. Η χρήση της AR ενίσχυσε τη μάθηση αλλά δεν επηρέασε άμεσα τις συμπεριφορές χωρίς τον διαμεσολαβητικό ρόλο των στάσεων.
Ieiri et al.	Ιαπωνία και Κίνα	2023	Διεξήχθη μια συγκριτική μελέτη με 49 συμμετέχοντες για να δοκιμαστούν τρία πρότυπα σχεδιασμού AR για το παραδοσιακό ιαπωνικό παιχνίδι Tosenkyo, εστιάζοντας στην περιβαλλοντική παρουσία. Τα πρότυπα περιλάμβαναν μη παροχή, παρουσίαση και πραγματική παρουσία. Τα δεδομένα	Η παρουσία αύξησε το ενδιαφέρον για τους Ιάπωνες συμμετέχοντες, ενώ η απουσία ήταν πιο αποτελεσματική για τους Κινέζους συμμετέχοντες.

			συλλέχθηκαν μέσω ερωτηματολογίων πριν και μετά την εμπειρία.	
Skarlatos et al.	Κύπρος, Μάλτα, Ιταλία	2016	Το έργο συνένωσε τα 3D δεδομένα, VR, AR και σοβαρά παιχνίδια για τη δημιουργία ψηφιακής πρόσβασης στην ευρωπαϊκή υποβρύχια πολιτιστική κληρονομιά. Περιλάμβανε εικονικές εκδρομές και διαδραστικές εμπειρίες σε τοποθεσίες όπως το ναυάγιο Μαζωτού και το υποβρύχιο αρχαιολογικό πάρκο Baiae.	Η ενισχυμένη ευαισθητοποίηση του κοινού σχετικά με την ευρωπαϊκή ναυτιλιακή κληρονομιά, παρείχε εντυπωσιακές εμπειρίες μέσω VR/AR και απέδειξε τη δυνατότητα των ψηφιακών τεχνολογιών στην πολιτιστική συντήρηση.
Qiao et al.	Αφορούσε μια ανασκόπηση και δεν επικεντρώθηκε σε συγκεκριμένες χώρες ή πόλεις. Παρείχε μια παγκόσμια επισκόπηση.	2019	Διεξήχθη μια ολοκληρωμένη ανασκόπηση της τελευταίας τεχνολογίας, των προκλήσεων και των μελλοντικών κατευθύνσεων για την επαυξημένη πραγματικότητα που βασίζεται στο διαδίκτυο (Web AR). Αναλύθηκαν διαφορετικές προσεγγίσεις και οι δυνατότητες των δικτύων 5G για την ανάπτυξη του Web AR.	Αναγνωρίστηκε το Web AR ως πολλά υποσχόμενο, εξαιτίας των δυνατοτήτων cross-platform, αλλά ως περιοριστικό από τις υπολογιστικές, ενεργειακές και δικτυακές προκλήσεις.
Nouf Matar Alzahrani	Η συστηματική ανασκόπηση κάλυψε διάφορες μελέτες χωρίς να επικεντρώνεται σε συγκεκριμένες χώρες ή πόλεις.	2020	Η συστηματική ανασκόπηση διεξήχθη σχετικά με τη χρήση του AR στην ηλεκτρονική μάθηση με τη διαλογή της βιβλιογραφίας από βάσεις δεδομένων όπως το Springer, το Science Direct, το EBSCO και το Google Scholar. 28 μελέτες συμπεριλήφθηκαν μετά την εφαρμογή κριτηρίων συμπερίληψης και	Η AR στην ηλεκτρονική μάθηση υποστηρίζει την κινησιακή μάθηση, τη συνεργατική και την απομακρυσμένη μάθηση και αυξάνει την εμπλοκή, τα κίνητρα και τη διατήρηση. Οι προκλήσεις περιλαμβάνουν τη γνωστική υπερφόρτωση, την αντίσταση των

			αποκλεισμού.	εκπαιδευτικών, την τεχνολογική πολυπλοκότητα και το κόστος.
--	--	--	--------------	--

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Αποτελέσματα του πρώτου ερευνητικού ερωτήματος

Μία μελέτη των Bekaroo και συν. (2018), διερεύνησε τις δυνατότητες της επαυξημένης πραγματικότητας για την προώθηση της βιώσιμης συμπεριφοράς και της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης μέσω της αυξημένης κατανόησης της κατανάλωσης ενέργειας. Οι ερευνητές διερεύνησαν το πώς η επαυξημένη πραγματικότητα θα μπορούσε να βελτιώσει τη γνώση του κοινού για τις πρακτικές πράσινης κατανάλωσης αναπτύσσοντας μια εφαρμογή (ARGY) για φορητές συσκευές που εκπαιδεύει τους χρήστες σχετικά με τη χρήση ενέργειας σε πραγματικό χρόνο, μέσω κοινών ηλεκτρονικών συσκευών. Η μελέτη έδειξε πώς η τεχνολογία θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, όπως σχολεία και πανεπιστήμια, για να διδάξει τους μαθητές σχετικά με την ενεργειακή απόδοση, την κλιματική αλλαγή και τις βιώσιμες πρακτικές. Οι συγγραφείς τόνισαν ότι η διαδραστική φύση του AR, που επέτρεπε στους χρήστες να σαρώνουν συσκευές και να λαμβάνουν άμεση ανατροφοδότηση για την κατανάλωση ενέργειας, ευθυγραμμίζεται με τους στόχους της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης τόσο σε επίσημο όσο και σε άτυπο πλαίσιο (Bekaroo et al., 2018).

Οι συγγραφείς έδειξαν επίσης ότι η τεχνολογία ενίσχυσε την αφοσίωση των χρηστών, όπως αποδεικνύεται από τα θετικά αποτελέσματα σε δοκιμές πριν και μετά την αξιολόγηση που μέτρησαν τα κέρδη γνώσης. Αυτήν η αυξημένη δέσμευση ήταν κρίσιμης σημασίας για τις εκστρατείες ευαισθητοποίησης του κοινού με επικεφαλής περιβαλλοντικές οργανώσεις, κυβερνήσεις και ΜΚΟ. Κάνοντας την κατανάλωση ενέργειας πιο απτή και σχετική, η εφαρμογή ARGY χρησίμευσε ως παράδειγμα του

τρόπου με τον οποίο η επαυξημένη πραγματικότητα μπορούσε να απεικονίσει ευρύτερα περιβαλλοντικά ζητήματα, όπως η κλιματική αλλαγή και οι προσπάθειες διατήρησης. Αυτό το πλαίσιο εφαρμογής θα μπορούσε εύκολα να προσαρμοστεί για εκστρατείες που στοχεύουν στην προβολή των επιπτώσεων της περιβαλλοντικής υποβάθμισης και την προώθηση της διατήρησης, όπως το χρησιμοποίησαν οι συγγραφείς για να απεικονίσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της χρήσης ενέργειας (Bekaroo et al., 2018).

Στο πλαίσιο των μουσείων και των επιστημονικών κέντρων, η μελέτη έδειξε πώς το AR θα μπορούσε να μετατρέψει τις στατικές πληροφορίες σε διαδραστικές, ελκυστικές εμπειρίες (Martin-Gutierrez et al., 2012). Η εφαρμογή τόνισε πώς η τεχνολογία θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε εκθέματα για να βελτιώσει την εκμάθηση των επισκεπτών σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας. Οι συγγραφείς πρότειναν ότι αυτήν η διαδραστική προσέγγιση μάθησης σε πραγματικό χρόνο θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε περιβαλλοντικά εκθέματα, επιτρέποντας στους επισκέπτες να ασχοληθούν πιο βαθιά με θέματα όπως η κλιματική αλλαγή και η απώλεια βιοποικιλότητας.

Επιπλέον, ενώ το επίκεντρο της μελέτης ήταν η κατανάλωση ενέργειας, οι συγγραφείς ανέφεραν ότι το πλαίσιο της επαυξημένης πραγματικότητας θα μπορούσε να επεκταθεί για να υποστηρίξει τις προσπάθειες διατήρησης, όπως η παρακολούθηση της άγριας ζωής ή η απεικόνιση αλλαγών στα οικοσυστήματα. Η όλη αυτή δυνατότητα έκανε το AR πολύτιμο εργαλείο για τη συμμετοχή των κοινοτήτων σε πρωτοβουλίες διατήρησης, ιδιαίτερα σε έργα αστικού σχεδιασμού και βιωσιμότητας. Η ικανότητα να απεικονίζει σύνθετα περιβαλλοντικά δεδομένα με προσιτό τρόπο θα μπορούσε να διευκολύνει τις συζητήσεις σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, τις πράσινες

υποδομές και τη βιώσιμη διαβίωση σε προγράμματα προσέγγισης της κοινότητας (Bekaroo et al., 2018).

Οι συγγραφείς παρείχαν ποσοτικά αποτελέσματα από τη μελέτη τους, ιδιαίτερα στο πλαίσιο της αποκτωμένης γνώσης και της αποδοχής της τεχνολογίας μέσω της χρήσης της εφαρμογής ARGY. Τα βασικά ευρήματα περιελάμβαναν:

➤ *Αποκτημένη γνώση:*

- Ο μέσος όρος βαθμολογίας των συμμετεχόντων στο τεστ προ-χρησιμοποίησης ήταν 40,8%.
- Μετά τη χρήση της εφαρμογής ARGY για μία εβδομάδα, η μέση βαθμολογία του τεστ μετά τη χρήση αυξήθηκε στο 79,0%, αντιπροσωπεύοντας βελτίωση 38,2% στη γνώση σχετικά με τις πρακτικές πράσινης κατανάλωσης για ηλεκτρονικές συσκευές.

➤ *Αποδοχή τεχνολογίας:*

- Η μελέτη αξιολόγησε την αποδοχή της τεχνολογίας μέσω του Μοντέλου Αποδοχής Τεχνολογίας (TAM – Technology Acceptance Model), εστιάζοντας σε τέσσερις βασικές δομές: την αντιληπτή απόλαυση, την αντιληπτή ευκολία χρήσης, την αντιληπτή χρησιμότητα και την πρόθεση χρήσης.
- Κατά μέσο όρο, το 55,0% των συμμετεχόντων είτε απλώς συμφώνησε είτε συμφωνούσε απόλυτα σε όλες τις δομές.
- Η υψηλότερη αποδοχή ήταν για την αντιληπτή ευκολία χρήσης, όπου το 59,4% των συμμετεχόντων συμφώνησε ή συμφώνησε έντονα ότι η εφαρμογή AR ήταν εύκολη στη χρήση.

- Η χαμηλότερη αποδοχή ήταν για την αντιληπτή απόλαυση, με το 52,5% των συμμετεχόντων να συμφωνεί ή να συμφωνεί έντονα, αν και ορισμένοι σημείωσαν ζητήματα όπως η υπερθέρμανση του τηλεφώνου κατά τη χρήση (Bekaroo et al., 2018).

Τα αποτελέσματα της πρώτης έρευνας κατέδειξαν την αποτελεσματικότητα της AR στη βελτίωση τόσο της γνώσης όσο και της αποδοχής της τεχνολογίας από τους χρήστες, υπογραμμίζοντας τις δυνατότητες της AR ως εργαλείο για την προώθηση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης.

Μία δεύτερη μελέτη, αυτή των Kamarainen και συν. (2013) σχετικά με τις εφαρμογές AR, έδωσε αρκετές απαντήσεις στο πρώτο ερευνητικό ερώτημα της διατριβής σχετικά με τις τρέχουσες εφαρμογές και καινοτομίες της επαυξημένης πραγματικότητας (AR) στην προώθηση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης. Η συγκεκριμένη μελέτη διερεύνησε τον τρόπο με τον οποίο η επαυξημένη πραγματικότητα, σε συνδυασμό με το περιβαλλοντικό λογισμικό ανίχνευσης, χρησιμοποιήθηκε για να βελτιώσει την κατανόηση των μαθητών γυμνασίου για την επιστήμη του οικοσυστήματος κατά τη διάρκεια εκδρομών. Το έργο EcoMOBILE χρησιμοποίησε AR για να επικαλύψει εικονικές πληροφορίες σχετικά με την ποιότητα του νερού και τα στοιχεία του οικοσυστήματος σε ένα πραγματικό περιβάλλον λιμνών. Αυτό επέτρεψε στους μαθητές να παρατηρήσουν και να μετρήσουν περιβαλλοντικές μεταβλητές όπως το pH, η θολότητα και το διαλυμένο οξυγόνο, συνδέοντας άμεσα τις εμπειρίες τους στον πραγματικό κόσμο με εικονικά δεδομένα. Η μελέτη έδειξε ότι η τεχνολογία βελτίωσε την κατανόηση των μαθητών σχετικά με την ποιότητα του νερού και τις αλληλεπιδράσεις των οικοσυστημάτων, παρουσιάζοντας ορατούς και διαδραστικούς αόρατους περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως το διαλυμένο οξυγόνο.

Επιπλέον, η συμμετοχή των μαθητών αυξήθηκε σημαντικά, καθώς μπόρεσαν να εφαρμόσουν επιστημονικές έννοιες μέσω του AR με πρακτικό, καθηλωτικό τρόπο, διευκολύνοντας τόσο τη μάθηση όσο και την ευαισθητοποίηση του κοινού σχετικά με την περιβαλλοντική παρακολούθηση (Kamarainen et al., 2013).

Τα κυριότερα βασικά ευρήματα της μελέτης αφορούσαν:

- Οι μαθητές επέδειξαν βελτίωση 19% στην κατανόησή τους για την ποιότητα του νερού και τις έννοιες της επιστήμης του οικοσυστήματος, όπως μετρήθηκαν με αξιολογήσεις πριν και μετά την παρέμβαση. Η ενσωμάτωση του AR και του probeware ενίσχυσε αποτελεσματικά την κατανόηση περιβαλλοντικών μεταβλητών όπως το pH, η θολότητα και το διαλυμένο οξυγόνο.
- Η χρήση AR βελτίωσε σημαντικά τη συμμετοχή των μαθητών κατά τη διάρκεια των εκδρομών. Οι μαθητές ενδιαφέρθηκαν περισσότερο για τη μάθηση και η διαδραστική εμπειρία τους επέτρεψε να συνδεθούν καλύτερα με πραγματικά περιβαλλοντικά ζητήματα σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας.
- Οι στάσεις των μαθητών απέναντι στην περιβαλλοντική επιστήμη βελτιώθηκαν, με 0,26 μονάδες αύξηση στην αυτοαποτελεσματικότητα και στην κατανόηση των επιστημονικών πρακτικών σε κλίμακα Likert, υποδεικνύοντας ότι ένιωθαν πιο ικανοί και σίγουροι για την ενασχόληση με επιστημονικές εργασίες.
- Η τεχνολογία AR έκανε ορατά στους μαθητές τα αόρατα περιβαλλοντικά φαινόμενα, όπως το διαλυμένο οξυγόνο ή οι μοριακές αλληλεπιδράσεις, επιτρέποντάς τους να κατανοήσουν καλύτερα περίπλοκες οικολογικές

διεργασίες που διαφορετικά θα ήταν αφηρημένες ή δυσνόητες (Kamarainen et al., 2013).

Μία τρίτη μελέτη, με τίτλο «Raising Awareness about the Consequences of Human Activities on Natural Environments through a Multisensory AR Experience» των Gardoni και συν. (2020), επικεντρώθηκε στην ανάπτυξη και αξιολόγηση μιας εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας με στόχο την ευαισθητοποίηση σχετικά με τις περιβαλλοντικές ζημιές που προκαλούνται από ανθρώπινες δραστηριότητες. Οι ερευνητές έδωσαν έμφαση σε μια πολυαισθητηριακή προσέγγιση, που ενσωματώνει την όραση, τον ήχο και την όσφρηση, για να ενισχύσουν την κατανόηση και τη συναισθηματική δέσμευση των χρηστών. Η έρευνα στόχευσε δύο βασικά οικοσυστήματα - το τροπικό δάσος του Αμαζονίου και τον Μεγάλο Κοραλλιογενή Ύφαλο - που καταδεικνύουν το πώς οι ανθρώπινες δραστηριότητες όπως η αποψίλωση των δασών, η ρύπανση και η κλιματική αλλαγή έχουν επηρεάσει αυτά τα περιβάλλοντα κατά τη διάρκεια αρκετών δεκαετιών. Μέσω του AR, οι χρήστες αλληλοεπιδρούσαν με εικονικές αναπαραστάσεις αυτών των περιβαλλόντων, παρατηρώντας αλλαγές σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. Η χρήση οσφρητικών ερεθισμάτων, όπως το άρωμα του καπνού για την αποψίλωση των δασών ή η μυρωδιά των νεκρών ψαριών για την υποβάθμιση των κοραλλιογενών υφάλων, είχε ως στόχο να ενισχύσει τις συναισθηματικές αντιδράσεις και να δημιουργήσει μια πιο καθηλωτική εμπειρία (Gardoni et al., 2020).

Η μελέτη χρησιμοποίησε μια ερευνητική μεθοδολογία βασισμένη στον σχεδιασμό, η οποία περιελάμβανε την ανάπτυξη, την υλοποίηση και την αξιολόγηση μιας πολυαισθητηριακής εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας. Η εφαρμογή δημιουργήθηκε χρησιμοποιώντας το Unity3D για το εικονικό περιβάλλον και το

Vuforia για την οπτικοποίηση σε AR. Οι οσφρητικές οθόνες ενσωματώθηκαν για να παρέχουν μυρωδιές που αντιστοιχούν στα οπτικά και ακουστικά ερεθίσματα. Τα περιβάλλοντα AR ενεργοποιήθηκαν από δείκτες τυπωμένους σε στρογγυλά τραπέζια, όπου οι χρήστες μπορούσαν να εξερευνήσουν τα εικονικά περιβάλλοντα περπατώντας και αλληλεπιδρώντας με διαφορετικές χρονικές περιόδους των φυσικών τοπίων.

Η ερευνητική μεθοδολογία περιλάμβανε δοκιμές χρηστών με συμμετέχοντες που βίωσαν την έκθεση AR. Αυτές οι συνεδρίες δοκιμών σχεδιάστηκαν για να αξιολογήσουν την αφοσίωση των χρηστών, την κατανόηση και τον συναισθηματικό αντίκτυπο της πολυαισθητηριακής εμπειρίας AR. Η συλλογή δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω ερευνών και συνεντεύξεων, συλλέγοντας σχόλια σχετικά με τη χρηστικότητα της εφαρμογής AR, την αποτελεσματικότητα της πολυαισθητηριακής προσέγγισης και τη συνολική εμπειρία των χρηστών (Gardoni et al., 2020).

Τα ευρήματα αποκάλυψαν ότι η πολυαισθητηριακή εμπειρία AR βελτίωσε σημαντικά τη δέσμευση των χρηστών και την κατανόηση των περιβαλλοντικών ζητημάτων που παρουσιάζονταν. Η ενσωμάτωση των οσφρητικών ερεθισμάτων, ειδικότερα, βρέθηκε ότι ενισχύει τις συναισθηματικές αντιδράσεις και δημιουργεί ισχυρότερες, μακροχρόνιες αναμνήσεις των περιβαλλοντικών προβλημάτων που παρουσιάζονται. Οι χρήστες ανέφεραν ότι ο συνδυασμός οπτικών, ακουστικών και οσφρητικών εισροών έκανε την εμπειρία πιο καθηλωτική και εντυπωσιακή, βοηθώντας τους να κατανοήσουν την πολυπλοκότητα και τον επείγοντα χαρακτήρα των περιβαλλοντικών κρίσεων στο τροπικό δάσος του Αμαζονίου και στον Μεγάλο Κοραλλιογενή Ύφαλο (Gardoni et al., 2020).

Επιπλέον, η μελέτη διαπίστωσε ότι η χρήση του AR σε συνδυασμό με αισθητηριακά ερεθίσματα είχε τη δυνατότητα να επηρεάσει τις αντιλήψεις των χρηστών για

περιβαλλοντικά ζητήματα και να ενθαρρύνει αλλαγές συμπεριφοράς. Τα υποθετικά μελλοντικά σενάρια που παρουσιάστηκαν στο τέλος κάθε περιβάλλοντος, τα οποία καλούσαν τους χρήστες να επιλέξουν διαφορετικά αποτελέσματα με βάση πιθανές ενέργειες, συνέβαλαν επίσης σε αυξημένη αίσθηση ευθύνης και επίγνωση του ρόλου που διαδραματίζουν τα άτομα στην αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προκλήσεων (Gardoni et al., 2020).

Η μελέτη των Diegmann et al. (2015), ανασκόπησε συστηματικά την υπάρχουσα βιβλιογραφία σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο η επαυξημένη πραγματικότητα χρησιμοποιείται σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα. Οι συγγραφείς συνέθεσαν ευρήματα από 25 δημοσιεύσεις για να προσδιορίσουν 14 διαφορετικά οφέλη των εφαρμογών AR, τα οποία ομαδοποίησαν σε έξι ομάδες. Εξερεύνησαν το πώς οι εφαρμογές AR μπορούν να οδηγήσουν σε οφέλη όπως αυξημένο κίνητρο, βελτιωμένες καμπύλες μάθησης, βελτιωμένη διαδραστικότητα και καλύτερη μάθηση με επίκεντρο τον μαθητή (Diegman et al., 2015).

Η μελέτη προσδιόρισε πέντε βασικές κατευθύνσεις για την AR στην εκπαίδευση, συμπεριλαμβανομένης της μάθησης βάσει ανακάλυψης, της μοντελοποίησης αντικειμένων, των βιβλίων επαυξημένης πραγματικότητας, της εκπαίδευσης δεξιοτήτων και των παιχνιδιών AR. Κάθε μία από αυτές τις κατευθύνσεις παρείχε μοναδικά οφέλη που ευθυγραμμίζονται με συγκεκριμένους εκπαιδευτικούς στόχους. Για παράδειγμα, η μάθηση ανακάλυψης που βασίζεται σε AR σημειώθηκε για την αύξηση των κινήτρων και της δέσμευσης των μαθητών, επιτρέποντας στους μαθητές να εξερευνήσουν τοποθεσίες ή αντικείμενα του πραγματικού κόσμου μέσω επικαλύψεων AR.

Η μελέτη ευθυγραμμίζεται με την εκπαιδευτική πτυχή του πρώτου ερευνητικού ερωτήματος διερευνώντας πώς η AR εφαρμόζεται σε σχολεία και πανεπιστήμια για τη

διδασκαλία σύνθετων θεμάτων όπως η επιστήμη και η γεωγραφία, τα οποία μπορούν να σχετίζονται άμεσα με την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση. Για παράδειγμα, το AR αποδεικνύεται ότι βελτιώνει τα κίνητρα και τη δέσμευση κάνοντας τα αφηρημένα ή προκλητικά θέματα πιο διαδραστικά και καθηλωτικά, κάτι που είναι κρίσιμο στη διδασκαλία θεμάτων όπως η κλιματική αλλαγή ή η βιοποικιλότητα. Η μελέτη παρέχει παραδείγματα μάθησης που βασίζεται στην ανακάλυψη, όπου οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν το AR για να εξερευνήσουν σενάρια πραγματικού κόσμου, τα οποία θα μπορούσαν εύκολα να εφαρμοστούν στην περιβαλλοντική εκπαίδευση (Diegman et al., 2015).

4.2 Αποτελέσματα του δεύτερου ερευνητικού ερωτήματος

Η πρώτη μελέτη, η οποία διεξήχθη από τον Chen (2022), διερεύνησε πώς τα ψηφιακά εικονογραφημένα βιβλία επαυξημένης πραγματικότητας (AR) επηρεάζουν την περιβαλλοντική εκπαίδευση για παιδιά από διαφορετικό πολιτισμικό υπόβαθρο (συγκεκριμένα μαθητές δημοτικού σχολείου από την Ταϊβάν και την Ιαπωνία). Η μελέτη επικεντρώθηκε στο κατά πόσο η AR ενισχύει την αυτοαποτελεσματικότητα της μάθησης των φυσικών επιστημών και βελτιώνει τις περιβαλλοντικές στάσεις, κάτι που με τη σειρά του μπορεί να οδηγήσει σε περιβαλλοντικές συμπεριφορές. Η μελέτη έθεσε ως στόχο να κατανοήσει τον τρόπο με τον οποίο η τεχνολογία AR επηρεάζει τις στάσεις και τις συμπεριφορές των παιδιών για τη διατήρηση και τη βιωσιμότητα του περιβάλλοντος (Chen, 2022).

Τα κυριότερα ευρήματα της έρευνας, που έχουν άμεση συσχέτιση με το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα που τέθηκε στη διατριβή, είναι τα εξής:

- ❖ Το έγγραφο υπογραμμίζει ότι η τεχνολογία AR, όπως τα ψηφιακά εικονογραφημένα βιβλία, μπορεί να ενισχύσει τη συμμετοχή και τα κίνητρα των μαθητών. Επιτρέπει διαδραστικές μαθησιακές εμπειρίες που ενθαρρύνουν τους μαθητές να αλληλεπιδρούν με ψηφιακά και στοιχεία του πραγματικού κόσμου ταυτόχρονα, κάνοντας τη διαδικασία μάθησης πιο καθηλωτική και ευχάριστη.
- ❖ Τα ψηφιακά εικονογραφημένα βιβλία AR αντιμετωπίζουν προκλήσεις, όπως τεχνικά ζητήματα που σχετίζονται με το περιβάλλον (φωτισμός, συμβατότητα συσκευών) και την εμπειρία χρήστη. Ωστόσο, αναφέρει ότι οι μελλοντικές εφαρμογές AR θα μπορούσαν να σχεδιαστούν ώστε να είναι πιο περιεκτικές και προσβάσιμες ελαχιστοποιώντας τους τεχνολογικούς περιορισμούς, ενισχύοντας τη διαπολιτισμική επικοινωνία και κάνοντας τις διεπαφές πιο φιλικές προς το χρήστη για διαφορετικά κοινά (Chen, 2022).

Η μελέτη έδειξε σημαντικές βελτιώσεις στις περιβαλλοντικές στάσεις των μαθητών και στην αυτοαποτελεσματικότητα της εκμάθησης των φυσικών επιστημών μετά τη χρήση ψηφιακών εικονογραφημένων βιβλίων επαυξημένης πραγματικότητας. Οι περιβαλλοντικές συμπεριφορές έδειξαν υψηλές μέσες βαθμολογίες, όπως 5,73 για την πεποίθηση ότι «όλα τα ζωντανά όντα έχουν το δικαίωμα να υπάρχουν» και 5,71 για την επίγνωση της κλιματικής αλλαγής. Αυτοί οι αριθμοί δείχνουν ότι η τεχνολογία AR ενίσχυσε αποτελεσματικά την κατανόηση και τις αξίες των μαθητών σχετικά με περιβαλλοντικά ζητήματα. Επιπλέον, η αυτο-αποτελεσματικότητα στη μάθηση των Φυσικών Επιστημών βελτιώθηκε, με υψηλό μέσο όρο βαθμολογίας 5,92 για την εμπιστοσύνη των μαθητών να έχουν καλές επιδόσεις σε τεστ περιβαλλοντικής εκπαίδευσης χρησιμοποιώντας υλικά AR (Chen, 2022).

Ωστόσο, ενώ η μελέτη έδειξε θετικά αποτελέσματα στις στάσεις και την αυτο-αποτελεσματικότητα, ο άμεσος αντίκτυπος στις περιβαλλοντικές συμπεριφορές ήταν πιο μέτριος. Για παράδειγμα, η υψηλότερη μέση βαθμολογία για πραγματικές συμπεριφορές, όπως «μάζεμα σκουπιδιών στην παραλία», ήταν 5,67. Αυτό υποδηλώνει ότι ενώ η AR αύξησε τη γνώση και τα κίνητρα, δεν μεταφράστηκε αμέσως σε σημαντικές αλλαγές συμπεριφοράς. Τα ευρήματα υπογραμμίζουν την ανάγκη για περαιτέρω ανάπτυξη σε εφαρμογές AR για την αποτελεσματική ενθάρρυνση πιο άμεσων περιβαλλοντικών δράσεων (Chen, 2022).

Οι Ieiri και συν., στη μελέτη τους το 2023, εξέτασαν τον αντίκτυπο της επαυξημένης πραγματικότητας στην ενίσχυση των παραδοσιακών πολιτιστικών εμπειριών και τις επιπτώσεις της σε διαφορετικά πολιτιστικά ακροατήρια, εστιάζοντας ειδικά σε συμμετέχοντες από την Ιαπωνία και την Κίνα. Η μελέτη είχε ως στόχο να κατανοήσει πώς η τεχνολογία θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της περιβαλλοντικής παρουσίας σε πολιτιστικές εμπειρίες συγκρίνοντας διαφορετικά στοιχεία σχεδίασης AR. Οι ερευνητές διερεύνησαν πώς διάφοροι βαθμοί περιβαλλοντικής εμβάπτισης, όπως η μη παρουσία, η παρουσία AR και η πραγματική παρουσία, επηρέασαν τη δέσμευση και το ενδιαφέρον των συμμετεχόντων στο παραδοσιακό ιαπωνικό παιχνίδι Tosenkyo (Ieiri et al., 2023).

Τα αποτελέσματα αποκάλυψαν σημαντικές πολιτισμικές διαφορές στον τρόπο με τον οποίο αντιλήφθηκε και βιώθηκε η επαυξημένη πραγματικότητα. Για τους Ιάπωνες συμμετέχοντες, τα σχέδια AR που ενσωματώνουν περιβαλλοντικά στοιχεία του πραγματικού κόσμου, όπως φυσικές ρυθμίσεις, οδήγησαν σε μεγαλύτερη αύξηση του ενδιαφέροντος και της ενασχόλησης με την πολιτιστική δραστηριότητα. Συγκεκριμένα, οι Ιάπωνες συμμετέχοντες που βίωσαν το AR με πραγματική παρουσία εμφάνισαν

στατιστικά σημαντική βελτίωση στο ενδιαφέρον τους, με τις βαθμολογίες να αυξάνονται από το 4,00 στο 5,50 σε μια κλίμακα επτά βαθμών ($p = 0,004$). Αντίθετα, οι Κινέζοι συμμετέχοντες απάντησαν πιο θετικά στη ρύθμιση AR χωρίς στοιχεία πραγματικού κόσμου, καθώς οι βαθμολογίες ενδιαφέροντός τους βελτιώθηκαν σημαντικά στο σενάριο μη παρουσίας, με τις βαθμολογίες να αυξάνονται από 5,60 σε 6,60 ($p = 0,002$) (Ieiri et al., 2023).

Τα παραπάνω ευρήματα υποδηλώνουν ότι η επαυξημένη πραγματικότητα μπορεί να προσαρμοστεί σε διαφορετικά πολιτισμικά πλαίσια για να μεγιστοποιήσει την αποτελεσματικότητά της, καθιστώντας την ένα πολλά υποσχόμενο εργαλείο για την ενίσχυση της περιβαλλοντικής συνείδησης μέσω πολιτιστικά σχετικών εμπειριών. Η μελέτη υπογραμμίζει τη σημασία της κατανόησης των πολιτισμικών διαφορών κατά το σχεδιασμό εφαρμογών AR για περιβαλλοντική εκπαίδευση, καθώς μπορούν να αποφέρουν διαφορετικά αποτελέσματα σε διαφορετικά είδη κοινού. Μία τέτοια εικόνα είναι κρίσιμη για την ανάπτυξη εφαρμογών AR που στοχεύουν στην αύξηση της περιβαλλοντικής δέσμευσης και της ευαισθητοποίησης σε διάφορα πολιτιστικά περιβάλλοντα.

Σε άλλη έρευνα, αυτή των Σκαρλάτου και συν. (2016), οι συγγραφείς εξέτασαν το πώς η επαυξημένη πραγματικότητα και η εικονική πραγματικότητα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εργαλεία για την αύξηση της περιβαλλοντικής συνείδησης και της πολιτιστικής κατανόησης, εστιάζοντας συγκεκριμένα στην υποθαλάσσια πολιτιστική κληρονομιά στην Ευρώπη. Το έργο τους, με τίτλο iMARECULTURE, είχε ως στόχο να φέρει στο ευρύ κοινό απρόσιτους υποθαλάσσιους πολιτιστικούς χώρους μέσω καθηλωτικών τεχνολογιών, όπως το AR και το VR, επιτρέποντας εικονικές επισκέψεις

σε ναυάγια και βυθισμένους αρχαιολογικούς χώρους στη Μεσόγειο (Skarlatos et al., 2016).

Η μελέτη διερεύνησε πώς οι εμπειρίες AR και VR θα μπορούσαν να κάνουν την περιβαλλοντική και πολιτιστική κληρονομιά πιο προσιτή και ελκυστική για διαφορετικά κοινά σε όλη την Ευρώπη. Ένα από τα βασικά αποτελέσματα ήταν η επιτυχημένη εφαρμογή εργαλείων AR που επέτρεψαν σε δύτες και επισκέπτες μουσείων να ασχοληθούν με την υποβρύχια κληρονομιά, συμβάλλοντας στη γεφύρωση του χάσματος μεταξύ απομακρυσμένων, απρόσιτων πολιτιστικών τοποθεσιών και ευαισθητοποίησης του κοινού. Για παράδειγμα, οι καθηλωτικές εμπειρίες που παρέχονται από τις δύο τεχνολογίες διευκόλυναν το αυξημένο ενδιαφέρον και την κατανόηση των υποβρύχιων οικοσυστημάτων και τη διατήρησή τους, ιδιαίτερα για χρήστες που διαφορετικά δεν θα είχαν πρόσβαση σε τέτοια περιβάλλοντα. Αν και δεν αναφέρθηκαν συγκεκριμένες αριθμητικές βελτιώσεις, το έργο τόνισε τη δυνατότητα των AR και VR να ενισχύσουν σημαντικά την ευαισθητοποίηση για περιβαλλοντικά ζητήματα δημιουργώντας ελκυστικές και πολιτιστικά σχετικές εκπαιδευτικές εμπειρίες (Skarlatos et al., 2016).

4.3 Αποτελέσματα του τρίτου ερευνητικού ερωτήματος

Η διατριβή των Qiao και συν. (2018), διερεύνησε την τρέχουσα κατάσταση, τις προκλήσεις και τις πιθανές μελλοντικές κατευθύνσεις για την επαυξημένη πραγματικότητα που βασίζεται στο Web (Web AR). Οι συγγραφείς παρείχαν μια ολοκληρωμένη επισκόπηση των τεχνικών εμποδίων, όπως οι υπολογιστικοί περιορισμοί, οι προκλήσεις δικτύωσης και η αποδοτικότητα της μπαταρίας, που

αντιμετώπισαν οι προγραμματιστές κατά τη δημιουργία και την κλιμάκωση εφαρμογών Web AR. Συζήτησαν επίσης τις δυνατότητες του Web AR στη βελτίωση των εμπειριών των χρηστών, ιδιαίτερα μέσω των αναμενόμενων βελτιώσεων που θα προκύψουν με τα δίκτυα 5G και τον υπολογισμό αιχμής πολλαπλής πρόσβασης (Qiao et al., 2018).

Το έγγραφο είχε ως στόχο να βοηθήσει τους προγραμματιστές και τους ερευνητές να κατανοήσουν καλύτερα τους τρέχοντες περιορισμούς και τις μελλοντικές τάσεις στην επαυξημένη πραγματικότητα, ιδιαίτερα για εφαρμογές που έχουν σχεδιαστεί για να είναι πολλαπλές πλατφόρμες και να κλιμακώνονται. Εξέτασε επίσης τις προκλήσεις της απόδοσης, της ενεργειακής απόδοσης και του απορρήτου σε εφαρμογές AR, προσφέροντας συνεργατική υπολογιστική και υπολογιστική εξωτερική ανάθεση ως πιθανές λύσεις για το μέλλον.

Ορισμένα από τα αποτελέσματα και τα ευρήματα των συγγραφέων, ήταν τα εξής (Qiao et al., 2018):

- Το έγγραφο εξέτασε διάφορα τεχνικά εμπόδια στην ανάπτυξη εφαρμογών AR. Μια σημαντική πρόκληση είναι η υπολογιστική αποτελεσματικότητα των εφαρμογών AR σε κινητές συσκευές, ιδιαίτερα όταν γίνεται προσπάθεια να εξισορροπηθεί η υπολογιστική ισχύς και η κατανάλωση της μπαταρίας. Η τεχνολογία του AR που βασίζεται στον ιστό αντιμετωπίζει πρόσθετα ζητήματα, όπως περιορισμένες δυνατότητες απόδοσης, που μπορεί να υποβαθμίσουν σημαντικά την εμπειρία του χρήστη σε σύγκριση με συστήματα AR που βασίζονται σε εφαρμογές.
- Η μελέτη υπογράμμισε ότι το Web AR έχει δυνατότητες κλιμάκωσης λόγω της διαπλατορμικής φύσης του, καθιστώντας το πιο προσιτό. Ωστόσο, οι προκλήσεις δικτύωσης, όπως οι υψηλές καθυστερήσεις επικοινωνίας και οι

περιορισμοί εύρους ζώνης, ειδικά στα τρέχοντα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας, παρουσιάζουν σημαντικά εμπόδια στην ανάπτυξη εφαρμογών AR σε κλίμακα. Η μελλοντική ανάπτυξη των δικτύων 5G θεωρείται ως λύση σε αυτές τις προκλήσεις, προσφέροντας υψηλότερο εύρος ζώνης και χαμηλότερο λανθάνον χρόνο, γεγονός που θα μπορούσε να βελτιώσει σημαντικά την επεκτασιμότητα και την απόδοση του AR.

- Οι παράγοντες που επηρεάζουν την υιοθέτηση των εφαρμογών AR περιλαμβάνουν τη συμβατότητα πλατφόρμας και την ικανότητα παροχής απρόσκοπτων, καθηλωτικών εμπειριών. Το Web AR, ειδικότερα, πάσχει από προβλήματα συμβατότητας σε διαφορετικά προγράμματα περιήγησης και πλατφόρμες, γεγονός που περιπλέκει την ευρεία υιοθέτηση. Επιπλέον, η εμπειρία χρήστη μπορεί να παρεμποδιστεί από καθυστερήσεις και εξάντληση της μπαταρίας, επηρεάζοντας τη συνολική αποδοχή.
- Η εργασία αγγίζει τα ζητήματα απορρήτου και ασφάλειας των εφαρμογών AR, ιδιαίτερα όσον αφορά τη συλλογή δεδομένων και την παρακολούθηση της τοποθεσίας των χρηστών. Αυτές οι ανησυχίες πρέπει να αντιμετωπιστούν για ευρύτερη αποδοχή του AR σε ευαίσθητα πλαίσια, όπως η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση, όπου η εμπιστοσύνη των χρηστών είναι κρίσιμη (Qiao et al., 2018).

Η μελέτη του Alzahrani (2020), εξέτασε αποτελεσματικά πολλές προκλήσεις, περιορισμούς και μελλοντικές κατευθύνσεις για εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας στο πλαίσιο της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης. Οι προκλήσεις ήταν κυρίως τεχνικής φύσης. Ένα σημαντικό ζήτημα ήταν η γνωστική υπερφόρτωση, όπου οι χρήστες παρουσιάζονταν με υπερβολικό όγκο πληροφοριών ή υπερβολικά

περίπλοκες εργασίες, με αποτέλεσμα μειωμένη εμπειρία χρήστη. Επιπλέον, η μελέτη εντόπισε προβλήματα με τη συνδεσιμότητα και την ακρίβεια του GPS, τα οποία εμπόδισαν την απρόσκοπτη λειτουργικότητα του AR σε εφαρμογές πραγματικού κόσμου. Τέτοιοι τεχνικοί περιορισμοί θέτουν ουσιαστικά εμπόδια στην αποτελεσματική κλιμάκωση και ανάπτυξη λύσεων AR σε εκστρατείες περιβαλλοντικής εκπαίδευσης και ευαισθητοποίησης του μαθησιακού κοινού, όπου η αλληλεπίδραση και η ακρίβεια σε πραγματικό χρόνο ήταν ζωτικής σημασίας (Alzahrani, 2020).

Εκτός από τις τεχνικές προκλήσεις, η μελέτη σημείωσε το απαγορευτικό κόστος των συσκευών AR και την ταλαιπωρία που σχετίζεται με την εκτεταμένη χρήση (Elmqaddem, 2019). Τα προηγμένα συστήματα AR παραμένουν ακριβά, περιορίζοντας την προσβασιμότητα και την ευρύτερη υιοθέτησή τους από τους μαθητές, ιδιαίτερα σε εκπαιδευτικά προγράμματα με περιορισμένους προϋπολογισμούς (Wu et al., 2013). Επιπλέον, ο όγκος ορισμένων συσκευών AR οδήγησε σε σωματική δυσφορία, όπως πόνο στον αυχένα, ειδικά όταν χρησιμοποιούνται για παρατεταμένες περιόδους, περιορίζοντας περαιτέρω την πρακτική χρήση τους τόσο σε εκπαιδευτικά όσο και σε περιβάλλοντα περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης.

Η μελέτη εντόπισε επίσης παιδαγωγικές προκλήσεις. Το AR απαιτούσε συγκεκριμένες τεχνολογικές δεξιότητες, οι οποίες αποτελούσαν εμπόδιο για πολλούς χρήστες, ιδιαίτερα για εκπαιδευτικούς που μπορεί να μην έχουν κατάρτιση ή εξοικείωση με την τεχνολογία (Dunleavy et al., 2009). Αυτήν η έλλειψη τεχνικής επάρκειας τόσο μεταξύ των δασκάλων όσο και των μαθητών εμπόδισε την αποτελεσματική ενσωμάτωση του AR στα εκπαιδευτικά προγράμματα σπουδών. Η αντίσταση από τους εκπαιδευτικούς να υιοθετήσουν την AR στις μεθόδους διδασκαλίας

τους ενίσχυσε περαιτέρω αυτήν την πρόκληση, καθώς η AR δεν ήταν ακόμη πλήρως ενσωματωμένη στα παραδοσιακά παιδαγωγικά πλαίσια (Alzahrani, 2020).

Επιπλέον, αν και δεν συζητήθηκε εκτενώς, η μελέτη έθιξε τη δυνατότητα για ιδιωτικότητα και ηθικούς προβληματισμούς με τις εφαρμογές AR. Καθώς η τεχνολογία έγινε πιο διαδεδομένη σε δημόσιους χώρους, υπήρχε ο κίνδυνος ακούσιας συλλογής προσωπικών δεδομένων, ειδικά σε πλαίσια περιβαλλοντικής παρακολούθησης. Αυτά τα ηθικά ζητήματα, αν και δεν διερευνήθηκαν πλήρως, πρότειναν την ανάγκη για προσεκτική εξέταση καθώς επεκτάθηκαν οι εφαρμογές.

Προσβλέποντας στο μέλλον, η μελέτη πρότεινε διάφορες μελλοντικές κατευθύνσεις για την ανάπτυξη AR. Μια κύρια εστίαση ήταν η βελτίωση της προσβασιμότητας και της χρηστικότητας. Ζήτησε την ανάπτυξη πιο προσιτών και ελαφρών συσκευών AR, διασφαλίζοντας ότι η τεχνολογία θα μπορούσε να είναι προσβάσιμη σε ένα ευρύτερο κοινό, συμπεριλαμβανομένων ατόμων με αναπηρία ή περιορισμένης πρόσβασης σε προηγμένη τεχνολογική υποδομή. Μια άλλη βασική μελλοντική κατεύθυνση ήταν η ανάγκη για βελτιωμένη σταθερότητα της συσκευής και βελτιώσεις στην ακρίβεια των αισθητήρων (όπως το GPS), που θα επέτρεπε στις εφαρμογές AR να λειτουργούν πιο απρόσκοπτα σε πραγματικές περιβαλλοντικές συνθήκες (Alzahrani, 2020).

Τέλος, η μελέτη πρότεινε ότι οι μελλοντικές εφαρμογές θα πρέπει να δίνουν προτεραιότητα στη διαδραστικότητα και τη δέσμευση. Με την ενσωμάτωση πολυαισθητηριακών στοιχείων όπως ηχητική και απτική ανάδραση, το AR θα μπορούσε να προωθήσει μια πιο καθηλωτική και συναρπαστική εμπειρία, ενισχύοντας έτσι την αποτελεσματικότητά του στην προώθηση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης. Αυτές οι εξελίξεις θεωρήθηκαν κρίσιμες για την επαυξημένη πραγματικότητα, ώστε να

αξιοποιήσει πλήρως τις δυνατότητές της τόσο σε εκπαιδευτικά όσο και σε περιβάλλοντα ευαισθητοποίησης του κοινού (Alzahrani, 2020).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η σύνθεση των ευρημάτων από τις έρευνες που μελετήθηκαν υπογραμμίζει τον προοδευτικό ρόλο της επαυξημένης πραγματικότητας στην προώθηση της περιβαλλοντικής συνείδησης, η οποία όχι μόνο ευθυγραμμίζεται αλλά και επεκτείνει την τρέχουσα συζήτηση στο πεδίο, όπως αναφέρεται στη βιβλιογραφία. Μέσω των καινοτόμων εφαρμογών AR, υπάρχει αποδεδειγμένη δυνατότητα ενίσχυσης της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης δημιουργώντας καθηλωτικές και διαδραστικές εμπειρίες μάθησης. Αυτές οι εφαρμογές, που κυμαίνονται από εικονικές προσομοιώσεις οικολογικών επιπτώσεων έως διαδραστικά παιχνίδια που διδάσκουν πρακτικές διατήρησης, έχει αποδειχθεί ότι προσελκύουν αποτελεσματικά διαφορετικά ακροατήρια, ενισχύοντας έτσι την κατανόηση και τη σημασία της περιβαλλοντικής συνείδησης.

Η αποτελεσματικότητα του AR στην περιβαλλοντική εκπαίδευση είναι ιδιαίτερα αξιοσημείωτη όταν εξετάζονται τα ποσοστά αφοσίωσης και διατήρησης μεταξύ των χρηστών. Οι μελέτες σε αυτήν τη διατριβή έχουν επισημάνει σημαντικές βελτιώσεις τόσο στα γνωστικά όσο και στα συναισθηματικά μαθησιακά αποτελέσματα όταν η επαυξημένη πραγματικότητα ενσωματώνεται σε εκπαιδευτικά πλαίσια. Όλο αυτό υποδηλώνει ότι το AR μπορεί να ξεπεράσει τα παραδοσιακά εκπαιδευτικά όρια, προσφέροντας μια δυναμική πλατφόρμα για περιβαλλοντική υπεράσπιση και εκπαίδευση που έχει απήχηση σε ένα κοινό με γνώσεις τεχνολογίας.

Ωστόσο, η ενσωμάτωσή του σε ευρεία εκπαιδευτική χρήση δεν υφίσταται χωρίς προκλήσεις. Τεχνικοί περιορισμοί, όπως η ανάγκη για εξελιγμένο υλικό και λογισμικό, καθώς και ζητήματα προσβασιμότητας και επεκτασιμότητας, εξακολουθούν να υπάρχουν. Αυτές οι προκλήσεις επιδεινώνονται από οικονομικούς λόγους, όπου το

κόστος εφαρμογής των λύσεων μπορεί να είναι απαγορευτικό για εκπαιδευτικά ιδρύματα που δε διαθέτουν τους απαραίτητους πόρους.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από αυτήν την έρευνα αποσαφηνίζουν τον πολύπλευρο ρόλο της επαυξημένης πραγματικότητας στην ενίσχυση της περιβαλλοντικής συνείδησης. Οι τρέχουσες εφαρμογές και καινοτομίες παρέχουν τα απαραίτητα στοιχεία για την ικανότητα της συγκεκριμένης τεχνολογίας να μεταμορφώνει τις παραδοσιακές μεθοδολογίες περιβαλλοντικής εκπαίδευσης. Όλος ο μετασχηματισμός χαρακτηρίζεται όχι μόνο από αυξημένη δέσμευση και μαθησιακά αποτελέσματα, αλλά και από τη δυνατότητα να καλλιεργηθεί μια βαθύτερη σύνδεση και ενσυναίσθηση απέναντι στα περιβαλλοντικά ζητήματα.

Το πρώτο ερευνητικό ερώτημα είχε στόχο να εντοπίσει και να κατηγοριοποιήσει τους διάφορους τρόπους με τους οποίους χρησιμοποιείται η AR για την ενίσχυση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης. Τα ευρήματα από διάφορες μελέτες ευθυγραμμίζονται με τους στόχους αυτής της ερώτησης:

- Οι Bekaroo et al. (2018) κατέδειξαν τη δυνατότητα του AR να διδάσκει βιώσιμες πρακτικές μέσω εφαρμογών όπως το ARGY, το οποίο εκπαιδεύει τους χρήστες σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας. Η διαδραστική φύση αυτής της εφαρμογής σχετίζεται με σχολεία και πανεπιστήμια, όπου οι μαθητές μπορούν να μάθουν για την ενεργειακή απόδοση, την κλιματική αλλαγή και τη βιωσιμότητα με πρακτικό τρόπο. Τα ευρήματα της μελέτης έδειξαν επίσης πώς το AR θα μπορούσε να προσαρμοστεί για εκστρατείες ευαισθητοποίησης του κοινού, παρέχοντας στους χρήστες δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας για τη συμμετοχή του κοινού στις προσπάθειες διατήρησης. Η εφαρμογή θα μπορούσε να

επεκταθεί σε ευρύτερα περιβαλλοντικά ζητήματα, όπως η ρύπανση ή η απώλεια βιοποικιλότητας, καθιστώντας την άμεσα σχετική με το τρέχον τοπίο της AR που προάγει την περιβαλλοντική συνείδηση.

- Οι Kamarainen et al. (2013) διερεύνησαν το έργο EcoMOBILE, όπου το AR συνδυάστηκε με λογισμικό ανίχνευσης περιβάλλοντος για να βοηθήσει τους μαθητές γυμνασίου να κατανοήσουν την επιστήμη του οικοσυστήματος. Οι επικαλύψεις της Επαυξημένης Πραγματικότητας επέτρεψαν στους μαθητές να ασχοληθούν με περιβαλλοντικά δεδομένα σε πραγματικό χρόνο (όπως μετρήσεις ποιότητας νερού) κατά τη διάρκεια εκδρομών, γεγονός που βελτίωσε σημαντικά την κατανόησή τους για περιβαλλοντικές έννοιες όπως η ρύπανση και οι αλληλεπιδράσεις των οικοσυστημάτων. Η μελέτη απαντά άμεσα στην επιμέρους ερώτηση σχετικά με το πώς η AR χρησιμοποιείται σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα για τη διδασκαλία περιβαλλοντικών θεμάτων, παρέχοντας ένα παράδειγμα της αποτελεσματικότητάς της στην προώθηση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης μεταξύ των μαθητών.

Σε σύγκριση με άλλα έργα στη βιβλιογραφία, όπως οι Diegmann et al. (2015), που επικεντρώθηκαν στη χρήση του AR στην εκπαίδευση για σύνθετα θέματα όπως η επιστήμη και η γεωγραφία, αυτές οι μελέτες επεκτείνουν την εφαρμογή του AR στην περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση. Και οι δύο μελέτες δίνουν έμφαση στα οφέλη μάθησης που βασίζεται στην ανακάλυψη της AR, όπου οι μαθητές ασχολούνται με προβλήματα του πραγματικού κόσμου με διαδραστικό, οπτικό τρόπο, ενισχύοντας τα μαθησιακά τους αποτελέσματα και τις περιβαλλοντικές γνώσεις τους.

Το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα είχε στόχο να αξιολογήσει την αποτελεσματικότητα των εφαρμογών AR στην προώθηση της περιβαλλοντικής

ευαισθητοποίησης και στον επηρεασμό της συμπεριφοράς σε διάφορα ακροατήρια, συμπεριλαμβανομένων των μαθητών, των εκπαιδευτικών, του ευρύτερου κοινού και των υπευθύνων χάραξης πολιτικής. Η ερώτηση επιδίωξε επίσης να διερευνήσει πώς το AR επηρεάζει την αφοσίωση των χρηστών, τα μαθησιακά αποτελέσματα και τις αλλαγές συμπεριφοράς προς τη βιωσιμότητα, καθώς και πόσο περιεκτικές και προσβάσιμες είναι οι εφαρμογές AR για διαφορετικά κοινά.

Οι μελέτες που εξετάστηκαν παρέχουν σημαντικές πληροφορίες που ευθυγραμμίζονται με τις βασικές πτυχές αυτού του ερευνητικού ερωτήματος και τα της διπλωματικής συσχετίζονται με αυτά των ερευνών, με τους ακόλουθους τρόπους:

Η μελέτη του Chen (2022) έδειξε ότι τα ψηφιακά εικονογραφημένα βιβλία AR βελτίωσαν σημαντικά τη συμμετοχή και τα κίνητρα των μαθητών στην περιβαλλοντική εκπαίδευση. Παιδιά από διαφορετικό πολιτισμικό υπόβαθρο (Ταϊβάν και Ιαπωνία) εμφάνισαν αυξημένες περιβαλλοντικές συμπεριφορές και μαθησιακή αυτό-αποτελεσματικότητα των φυσικών επιστημών. Οι καθηλωτικές και διαδραστικές εμπειρίες μάθησης που παρέχονται από το AR βοήθησαν τους μαθητές να συνδεθούν με περιβαλλοντικά ζητήματα πιο βαθιά, κάτι που συνάδει με τα όσα εξετάστηκαν στο θεωρητικό μέρος της διπλωματικής. Ομοίως, η διπλωματική διαπίστωσε επίσης ότι οι εφαρμογές AR, ειδικά σε σχολικά περιβάλλοντα, ενισχύουν την αφοσίωση των χρηστών κάνοντας τα περιβαλλοντικά θέματα πιο διαδραστικά και απτά.

Σε συσχετισμό με τους Skarlatos et al. (2016), η μελέτη τους για την AR και την VR για την υποβρύχια πολιτιστική κληρονομιά υποστηρίζει επίσης το συμπέρασμα ότι η AR ενισχύει σημαντικά το δημόσιο ενδιαφέρον και τα μαθησιακά αποτελέσματα σε περιβαλλοντικά πλαίσια. Παρέχοντας καθηλωτικές, εικονικές εμπειρίες, όπως εικονικές επισκέψεις σε υποθαλάσσιους αρχαιολογικούς χώρους, η AR έκανε τα κατά τα άλλα

απρόσιτα οικοσυστήματα πιο ελκυστικά και βοήθησε το κοινό να κατανοήσει καλύτερα τις προσπάθειες διατήρησης του περιβάλλοντος. Τα ως τώρα ευρήματα της διπλωματικής υποδεικνύουν ομοίως ότι οι καθηλωτικές ιδιότητες του AR βελτιώνουν τη δέσμευση, ιδιαίτερα σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα που επικεντρώνονται σε πολύπλοκα θέματα όπως η βιοποικιλότητα και η κλιματική αλλαγή.

Οι Ieiri et al. (2023) παρείχαν πληροφορίες για το πώς το AR μπορεί να προσαρμοστεί ώστε να ταιριάζει σε διαφορετικά πολιτισμικά πλαίσια, βρίσκοντας σημαντικές διαφορές μεταξύ Ιαπώνων και Κινέζων συμμετεχόντων μαθητών στον τρόπο με τον οποίο το AR επηρέασε τη δέσμευσή τους με περιβαλλοντικές και πολιτιστικές εμπειρίες. Αυτό ευθυγραμμίζεται με την πτυχή της διπλωματικής, που διερευνά την προσβασιμότητα και τη συμμετοχή σε διαφορετικά είδη κοινού.

Η παρούσα διατριβή υπογραμμίζει τις μετασχηματιστικές δυνατότητες της επαυξημένης πραγματικότητας στην προώθηση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης και εκπαίδευσης. Τα ευρήματα της έρευνας έδειξαν ότι οι εφαρμογές AR προσέλκυσαν το κοινό με τρόπους ανέφικτους μέσω των παραδοσιακών εκπαιδευτικών μεθόδων, καθιστώντας σύνθετες οικολογικές έννοιες τόσο διαδραστικές όσο και προσβάσιμες. Προσφέροντας καθηλωτικές εμπειρίες σε πραγματικό χρόνο, η AR έδωσε τη δυνατότητα στα άτομα να οπτικοποιούν κρίσιμα περιβαλλοντικά ζητήματα —όπως τα επίπεδα ρύπανσης, τα ενδιαιτήματα της άγριας ζωής και τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής— με απτό και συναρπαστικό τρόπο. Αυτήν η καθηλωτική ποιότητα τοποθέτησε την επαυξημένη πραγματικότητα όχι απλώς ως βοηθητικό εργαλείο, αλλά ως ένα επαναστατικό μέσο με την ικανότητα να αλλάξει ριζικά την προσέγγιση της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, ενισχύοντας έτσι τη βαθύτερη κατανόηση και την προληπτική συμπεριφορά προς την αειφορία.

Επιπλέον, η διατριβή έκανε αρκετές μοναδικές συνεισφορές στον τομέα, εντοπίζοντας καινοτόμες εφαρμογές AR πέρα από τις συμβατικές χρήσεις. Οι μελέτες περίπτωσης που εξετάστηκαν, απέδειξαν την ικανότητα του AR να επεκτείνει τον αντίκτυπό του πέρα από την τάξη, προσεγγίζοντας διαφορετικά είδη κοινού σε διάφορα περιβάλλοντα. Διερευνώντας αυτές τις νέες εφαρμογές, η έρευνα προσέφερε πρακτικές στρατηγικές που θα μπορούσαν να εφαρμόσουν οι εκπαιδευτικοί, οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής και οι προγραμματιστές τεχνολογίας για να αξιοποιήσουν αποτελεσματικά το AR για την υπεράσπιση και τη διαχείριση του περιβάλλοντος.

Η διατριβή εξέτασε επίσης τις προκλήσεις που εμποδίζουν το πλήρες δυναμικό της AR, συμπεριλαμβανομένης της τεχνολογικής προσβασιμότητας, της ενοποίησης μεταξύ πλατφορμών και του ψηφιακού γραμματισμού. Τα ευρήματα της έρευνας παρείχαν ένα πλαίσιο για την αντιμετώπιση αυτών των εμποδίων, υποστηρίζοντας την ανάπτυξη εύχρηστων και περιεκτικών εφαρμογών AR, προσβάσιμων σε διάφορες πλατφόρμες και συσκευές. Τέτοιες εξελίξεις κρίθηκαν απαραίτητες για να διασφαλιστεί ότι τα οφέλη της AR έφτασαν σε ένα ευρύτερο δημογραφικό επίπεδο, συμβάλλοντας έτσι περισσότερο στις παγκόσμιες πρωτοβουλίες βιωσιμότητας.

Τέλος, η διατριβή εντόπισε τομείς για μελλοντική έρευνα, τονίζοντας την αναγκαιότητα διαχρονικών μελετών για την αξιολόγηση του μακροπρόθεσμου αντίκτυπου της AR στις αλλαγές συμπεριφοράς και την περιβαλλοντική δέσμευση. Πρότεινε επίσης την ανάπτυξη εφαρμογών AR που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για την αντιμετώπιση παγκόσμιων περιβαλλοντικών προκλήσεων, όπως η αποψίλωση των δασών και η λειψυδρία, επεκτείνοντας έτσι τον ρόλο της AR στην εκπαίδευση και την υπεράσπιση. Τοποθετώντας την AR ως θεμελιώδες στοιχείο της σύγχρονης περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, η έρευνα δημιούργησε μια βάση για συνεχή εξερεύνηση

και καινοτομία, αποδεικνύοντας την ουσιαστική υπόσχεση της AR στη διαμόρφωση ενός πιο βιώσιμου και ενημερωμένου μέλλοντος.

Τα ευρήματα συνεισφέρουν πολύτιμες γνώσεις σχετικά με την αποτελεσματικότητα των εφαρμογών AR στην περιβαλλοντική εκπαίδευση, τονίζοντας τόσο τα δυνατά σημεία όσο και τους τομείς προς βελτίωση. Ως εκ τούτου, αποτελούν τη θεμελιώδη βάση για μελλοντική έρευνα και ανάπτυξη στον τομέα. Συνιστάται οι μελλοντικές μελέτες να επικεντρωθούν στην υπέρβαση των φραγμών προσβασιμότητας και να διερευνήσουν την ενοποίηση του AR με άλλες τεχνολογικές εξελίξεις για να ενισχύσουν τον εκπαιδευτικό του αντίκτυπο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Afshar, J. (2023). *Hands-On Augmented Reality Development with Meta Spark Studio: A Beginner's Guide*. Apress; 1st ed. Edition, 190 – 193.
- Aliabadi, K., Joneidi, F., Pourroostaei, S., (2021). *The effect of augmented reality-based environmental literacy education program on the environmental knowledge, attitude, and behavior of high school students*. Environmental Education and Sustainable Development, 9(2), 9-22.
- Alzahrani, N. M. (2020). *Augmented reality: A systematic review of its benefits and challenges in e-learning contexts*. Applied Sciences, 10(16), 5660.
- Ardoin, N. M., Bowers, A. W., Roth, N. W., & Holthuis, N. (2018). *Environmental education and K-12 student outcomes: A review and analysis of research*. The Journal of Environmental Education, 49(1), 1-17.
- Aukstakalnis, S., (2016). *Practical Augmented Reality: A Guide to the Technologies, Applications, and Human Factors for AR and VR*. Addison-Wesley Professional; 1st edition, 234 – 235.
- Bekaroo, G., Sungkur, R., Ramsamy, P., Okolo, A., Moedeen, W. (2018). *Enhancing awareness on green consumption of electronic devices: The application of Augmented Reality*. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 30, 279-291.
- Chen, S. Y., (2022). *To explore the impact of augmented reality digital picture books in environmental education courses on environmental attitudes and environmental behaviors of children from different cultures*. Frontiers in psychology, 13, 1063659.
- Diegmann, P., Schmidt-Kraepelin, M., Eynden, S., & Basten, D. (2015). *Benefits of augmented reality in educational environments-a systematic literature review*.
- Dunleavy, M., Dede, C., & Mitchell, R. (2009). *Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning*. Journal of science Education and Technology, 18, 7-22.

- Dutta, S., (2024). *Immersive Realm of Extended Reality: Navigating the future of virtual and augmented reality*. BPB Publications; 1st edition, 193 – 194.
- Elmqaddem, N. (2019). *Augmented reality and virtual reality in education. Myth or reality?*. International journal of emerging technologies in learning, 14(3).
- Gardoni, F., Mojetta, F., Sorrentino, C., Etzi, R., Gallace, A., Bordegoni, M., Carulli, M., (2020). *Raising awareness about the consequences of human activities on natural environments through multisensory augmented reality: Amazon rainforest and coral reef interactive experiences*. Computer-Aided Design and Applications, 18(4), 815-830.
- Garzón, J., Baldiris, S., Acevedo, J., & Pavón, J. (2020, July). *Augmented Reality-based application to foster sustainable agriculture in the context of aquaponics*. In 2020 IEEE 20th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT) (pp. 316-318). IEEE.
- Glover, J., Linowes, J., (2019). *Complete Virtual Reality and Augmented Reality Development with Unity: Leverage the power of Unity and become a pro at creating mixed reality applications*. Packt Publishing, 495 – 496.
- Ieiri, Y., Tsai, H. Y., Mizobuchi, K., Tengfei, S., & Hishiyama, R., (2023). *Design of traditional cultural experiences using augmented reality based on environmental presence*. IEEE Transactions on Human-Machine Systems, 53(2), 390-400.
- Jardin, E., (2023). *Exploring the Use of Technology in Environmental Education: Teachers' and Students' Perspectives*.
- Kamarainen, A. M., Metcalf, S., Grotzer, T., Browne, A., Mazzuca, D., Tutwiler, M. S., Dede, C., (2013). *EcoMOBILE: Integrating augmented reality and probeware with environmental education field trips*. Computers & Education, 68, 545-556.
- Kamil, P. A., Putri, E., Ridha, S., Utaya, S., & Utomo, D. H. (2020, May). *Promoting environmental literacy through a green project: a case study at adiwiyata school in Banda Aceh City*. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 485, No. 1, p. 012035). IOP Publishing.

- Katika, T., Karaseitanidis, I., Tsiakou, D., Makropoulos, C., Amditis, A., (2022). *Augmented reality (AR) supporting citizen engagement in circular economy*. Circular Economy and Sustainability, 2(3), 1077-1104.
- Kilag, T., Taboada, G., Zamora, B., Rabi, A., Calzada, D., Manire, A., (2023). *Exploring Effective Environmental Education Practices to Enhance Environmental Awareness and Education: A Navigational Study*. International Journal of Formal Education, 2(6), 14–27.
- Kumar, R., Jain, V., Han, G., Touzene, A., (2023). *Immersive Virtual and Augmented Reality in Healthcare: An IoT and Blockchain Perspective (Artificial Intelligence in Smart Healthcare Systems)*. CRC Press; 1st edition, 112 – 114.
- Martin-Gutierrez, J., Guinters, E. & Perez-Lopez, D. (2012). *Improving Strategy of Self-Learning in Engineering: Laboratories with Augmented Reality*. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 51, 832-839. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.08.249>.
- Mealy, P., (2018). *Virtual & Augmented Reality For Dummies (For Dummies (Computer/Tech))*. For Dummies; 1st edition.
- Parker, P., (2022). *The 2023 Report on Augmented Reality in Retail: World Market Segmentation by City*. ICON Group International, Inc., 380 – 381.
- Qiao, X., Ren, P., Dustdar, S., Liu, L., Ma, H., Chen, J., (2019). *Web AR: A promising future for mobile augmented reality—State of the art, challenges, and insights*. Proceedings of the IEEE, 107(4), 651-666.
- Richardson, J., (2024). *Augmented Reality (AR): Innovative Applications, Techniques, and Future Trends*.
- Schmalstieg, D., Hollerer, T., (2016). *Augmented Reality: Principles and Practice*. Addison-Wesley Professional; 1st edition, 443 – 445.
- Skarlatos, D., Agraftotis, P., Balogh, T., Bruno, F., Castro, F., Petriaggi, B. D., ... & Rizvic, S., (2016). *Project iMARECULTURE: advanced VR, Immersive serious games and augmented Reality as tools to raise awareness and access to European underwater CULTURAl heritage*. In Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection: 6th International Conference, EuroMed 2016, Nicosia, Cyprus,

October 31–November 5, 2016, Proceedings, Part I 6 (pp. 805-813). Springer International Publishing.

- Theodorou, P., Kydonakis, P., Botzori, M., Skanavis, C., (2018). *AUGMENTED REALITY PROVES TO BE A BREAKTHROUGH IN ENVIRONMENTAL EDUCATION*. Research Center of Environmental Communication and Education, Greece.
- Wu, H. K., Lee, S. W. Y., Chang, H. Y., & Liang, J. C. (2013). *Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education*. Computers & education, 62, 41-49.