



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ  
ΠΜΣ ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Η χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση»

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ

ΒΕΡΥΚΙΟΥ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ

A.M.: 202202202003

Επιβλέπων Καθηγητής: Βασιλάκης Κωνσταντίνος

Τρίπολη | Μάιος 2024

## Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά, όλους όσους με στήριξαν και με βοήθησαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου στο συγκεκριμένο πρόγραμμα σπουδών.

Πρώτα από όλους όμως, θα ήθελα να πω ένα τεράστιο ευχαριστώ στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Βασιλάκη Κωνσταντίνο, γιατί πίστεψε σε εμένα από την πρώτη στιγμή και με βοήθησε να ακολουθήσω το όνειρό μου.

Ποιο συγκεκριμένα, θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για την θέλησή του στο να πραγματοποιήσουμε αυτή την εργασία, την υπομονή που έδειξε όλο αυτό το διάστημα, την πολύτιμη και απαραίτητη καθοδήγησή του, όπου με τις γνώσεις του και την εμπειρία του συνέβαλε ουσιαστικά στην ολοκλήρωσή της.

Τέλος ευχαριστώ τον σύζυγό μου Γιώργο και τα παιδιά μου Πορφύριο, Στυλιανό και Μαρία, για την συμπαράσταση και την υπομονή τους σε όλο αυτό το διάστημα και πιο συγκεκριμένα, ένα μεγάλο ευχαριστώ στον σύζυγο μου, για την ψυχολογική του βοήθεια κάθε στιγμή, όλο αυτό το διάστημα.

## Πίνακας περιεχομένων

<b>Ευχαριστίες</b>	<b>2</b>
<b>Πίνακας περιεχομένων</b>	<b>3</b>
<b>Ευρετήριο Εικόνων</b>	<b>7</b>
<b>Ευρετήριο Πινάκων</b>	<b>10</b>
<b>Ευρετήριο Εξισώσεων</b>	<b>11</b>
<b>Αρκτικόλεξα &amp; Συντομογραφίες</b>	<b>12</b>
<b>Περίληψη</b>	<b>14</b>
<b>Abstract</b>	<b>15</b>
<b>1 Εισαγωγή</b>	<b>16</b>
1.1 Σκοπός και στόχος της εργασίας	17
1.2 Ερευνητικά Ερωτήματα	17
1.3 Δομή της εργασίας	18
<b>2 Επαυξημένη Πραγματικότητα</b>	<b>19</b>
2.1 Ορισμός Επαυξημένης Πραγματικότητας (ΕΠ)	19
2.2 Ιστορική Αναδρομή ΕΠ	20
2.3 Τομείς Εφαρμογής	24
2.3.1 Παιχνίδια και διασκέδαση	24
2.3.2 Τουρισμός και πολιτισμός	24
2.3.3 Ιατρική περίθαλψη	25
2.3.4 Διαφήμιση και marketing	26
2.3.5 Αρχιτεκτονική και διακόσμηση	28
2.3.6 Στρατιωτικές εφαρμογές και δημόσια ασφάλεια	29
2.3.7 Εκπαίδευση	31
2.4 Συνιστώσες εφαρμογών ΕΠ και διαθέσιμες τεχνολογίες	31
2.4.1 Ανίχνευση και εγγραφή (Tracking and registration)	31
2.4.2 Τεχνολογίες αναπαράστασης (Display Technologies)	31
2.4.3 Απόδοση σε πραγματικό χρόνο (Real time rendering)	33
2.5 Εργαλεία - Πλατφόρμες ανάπτυξης εφαρμογών ΕΠ	33
<b>3 Επαυξημένη Πραγματικότητα στην Εκπαίδευση</b>	<b>37</b>
3.1 Τύποι εφαρμογών ΕΠ σε Εκπαιδευτικά Περιβάλλοντα	37

**Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση**

3.1.1	Μάθηση με βάση την ανακάλυψη (Discovery-Based Learning -DBL)	37
3.1.2	Μοντέλα αντικειμένων (Object-Modeling - OM)	37
3.1.3	Βιβλία AR	37
3.1.4	Μάθηση βάσει παιχνιδιών (Game-Based Learning - GBL)	38
3.1.5	Κατάρτιση ανάπτυξης δεξιοτήτων	38
<b>3.2</b>	<b>Επαυξημένη Πραγματικότητα για την Εκπαίδευση</b>	<b>38</b>
3.2.1	Επαυξημένη πραγματικότητα για την εκπαίδευση των ΤΠΕ	38
3.2.2	Διαδραστικά βιβλία (AR Books) για πρώιμες τάξεις και ανώτερες τάξεις	38
3.2.3	Εκπαίδευση STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics Education)	39
3.2.4	MOOC (Massive Open Online Courses)	39
3.2.5	Επαυξημένη πραγματικότητα για την Ειδική Αγωγή - Μάθηση SPED (Special Education)	39
3.2.6	Επαυξημένη πραγματικότητα για την εκπαίδευση στην Αγγλική γλώσσα	40
3.2.7	Επαυξημένη Πραγματικότητα στην συνεργατική εκπαίδευση	40
3.2.8	Τεχνική κατάρτιση	40
<b>3.3</b>	<b>Θεωρίες μάθησης</b>	<b>41</b>
3.3.1	Συμπεριφορισμός	42
3.3.2	Εποικοδομητισμός ή Κονστρουκτιβισμός (constructivism)	43
3.3.3	Θεωρία Επεξεργασίας της Πληροφορίας	43
<b>3.4</b>	<b>Στρατηγικές μάθησης ΕΠ</b>	<b>44</b>
<b>3.5</b>	<b>Οφέλη – πλεονεκτήματα της τεχνολογίας της ΕΠ</b>	<b>45</b>
<b>3.6</b>	<b>Περιορισμοί – μειονεκτήματα της τεχνολογίας της ΕΠ</b>	<b>47</b>
<b>3.7</b>	<b>Χαρτογράφηση πεδίου</b>	<b>47</b>
<b>3.8</b>	<b>Εργαλεία-πλατφόρμες ανάπτυξης εκπαιδευτικών εφαρμογών Ε.Π.</b>	<b>48</b>
3.8.1	Βασικές κατηγορίες εκπαιδευτικών εφαρμογών ΕΠ	48
3.8.1.1	Παιχνίδια ΕΠ	49
3.8.1.2	Βιβλία ΕΠ	50
3.8.1.3	Καλλιέργεια δεξιοτήτων – Προσομοιώσεις	51
3.8.1.4	Μοντελοποίηση αντικειμένων	52
3.8.1.5	Εφαρμογές διερευνητικής μάθησης	53
3.8.2	Κατηγοριοποίηση εκπαιδευτικών εφαρμογών με βάση τη θεματολογία	53
3.8.2.1	Επαυξημένη Πληροφορική	53
3.8.2.2	Επαυξημένα Μαθηματικά και Γεωμετρία	54
3.8.2.3	Επαυξημένη Φυσική – Μηχανική	55
3.8.2.4	Επαυξημένη Φυσική - Ηλεκτρομαγνητισμός	56

**Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση**

3.8.2.5	Επαυξημένη Χημεία	57
3.8.2.6	Επαυξημένη Ιστορία	58
3.8.2.7	Επαυξημένη Περιβαλλοντική Εκπαίδευση	59
3.8.2.8	Επαυξημένη Βιολογία	61
3.8.2.9	Επαυξημένη Αστρονομία	62
3.8.2.10	Ζωγραφική	63
3.8.2.11	Μουσική	63
3.8.2.12	Επαυξημένη διαθεματική και επαγγελματική εκπαίδευση	64
3.8.3	Οφέλη από τη χρήση επαυξημένης πραγματικότητας στη μαθησιακή διαδικασία	64
<b>4</b>	<b>Μελέτες περίπτωσης της επίδρασης της επαυξημένης πραγματικότητας στις μαθησιακές επιδόσεις των μαθητών στην εκπαίδευση STEM</b>	<b>66</b>
<b>4.1</b>	<b>Πρώτη μελέτη περίπτωσης</b>	<b>67</b>
4.1.1	Γενική Περιγραφή	67
4.1.2	Επιδιωκόμενοι στόχοι και μετρικές	67
4.1.3	Εφαρμογή ΕΠ	68
4.1.4	Διεξαγωγή Πειράματος	69
4.1.5	Αποτελέσματα	71
4.1.6	Συζήτηση	74
<b>4.2</b>	<b>Δεύτερη μελέτη περίπτωσης</b>	<b>75</b>
4.2.1	Γενική περιγραφή	75
4.2.2	Επιδιωκόμενοι στόχοι και μετρικές	75
4.2.3	Εφαρμογή ΕΠ	75
4.2.4	Διεξαγωγή πειράματος	77
4.2.5	Αποτελέσματα	79
4.2.6	Συζήτηση	83
<b>4.3</b>	<b>Γενικά χαρακτηριστικά του συνδυασμού AR-STEM</b>	<b>83</b>
4.3.1	Πλεονεκτήματα του συνδυασμού AR-STEM	83
4.3.1.1	Συμβολή στον μαθητή- εκπαιδευόμενο	84
4.3.1.2	Εκπαιδευτικά αποτελέσματα	84
4.3.1.3	Αλληλεπίδραση	85
4.3.1.4	Άλλα πλεονεκτήματα	85
4.3.2	Μειονεκτήματα - προκλήσεις που εντοπίστηκαν σε μελέτες AR-STEM	86
4.3.3	Συμπεράσματα και μελλοντική έρευνα	87
<b>5</b>	<b>Συμπεράσματα – Θέματα για συζήτηση</b>	<b>88</b>



## Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1. Η συνέχεια πραγματικότητας- εικονικότητας (Milgram & Kishino, 1994).....	19
Εικόνα 2. Επεκταμένη Πραγματικότητα (XR) (U.S. Government Accountability Office, 2022).....	20
Εικόνα 3. Συσκευή ΕΠ MARS (Feiner, MacIntyre, Hollerer, & Webster, 1997) .....	21
Εικόνα 4. Σύστημα Tinmith (wearable-computer-system) (Thomas, Demczuk, Piekarski, Herpworth, & Gunther, 1998).....	21
Εικόνα 5. AR-Quake (Tinmith, 2009).....	22
Εικόνα 6.Εφαρμογή που έχει αναπτυχθεί με χρήση του Wikitude SDK (Wikitude, 2022) .....	22
Εικόνα 7. Μοντέλο εφαρμογής φορετών συσκευών στην εκπαίδευση (Labus, Milutinović, Stepanić, Stevanović, & Milinović, 2015) .....	23
Εικόνα 8. Εικονική παρουσίαση μέσω GPS (Hewitt, Wood, & Wilson, 2022).....	24
Εικόνα 9. Εφαρμογή Archeoguide (Vlahakis, Ioannidis, Karigiannis, & Tsotros, 2002).....	25
Εικόνα 10. Εφαρμογή AR City (blippAR, 2023) .....	25
Εικόνα 11. Η χρήση της ΕΠ στην προηγμένη ιατρική (Petersen-Khmelnitski, 2022) .....	26
Εικόνα 12.Η χρήση της ΕΠ στην εκπαίδευση του ιατρικού προσωπικού (Healthy Simulation, 2019) .....	26
Εικόνα 13. Εφαρμογή Lego Digital Box and Catalogue (Lego, 2023).....	27
Εικόνα 14. Εφαρμογή AR για online shopping (3DLook, 2020).....	28
Εικόνα 15. Εφαρμογή Campus Navigation (Höhl & Broschart, 2015) .....	28
Εικόνα 16. Εφαρμογή IGA 2017 Berlin Navigation (Höhl & Broschart, 2015) .....	29
Εικόνα 17. Εφαρμογή HUD 3.0 (Morozov, Augmented Reality in Military: AR Can Enhance Warfare and Training, 2017).....	29
Εικόνα 18. Χρήση της Τεχνολογίας STE – TIF Technology Integration Facility (Ενοποίηση Τεχνολογικών Παροχών) (Rozman, The Synthetic Training Environment, 2020) .....	30
Εικόνα 19. Αναπαράσταση με video See-Though (Shin, Kim, & Jo, 2019) .....	32
Εικόνα 20. Προβολή στο χώρο (Mobile app daily, 2024) .....	32
Εικόνα 21. Απεικόνιση στον αμφιβληστροειδή (Sahin, Keshav, Salisbury, & Vahabzadeh, 2018) .....	33
Εικόνα 22. Εφαρμογή ΕΠ «Φανταχτερά Φρούτα» για μάθηση SPED (Steinhaeusser, Riedmann, Haller, & Oberdörfer, 2019).....	40
Εικόνα 23. Θεωρίες Μάθησης.....	42
Εικόνα 24. Αναπαράσταση Συμπεριφοριστικής θεωρίας (Φύκαρης Ι. Μ., 2010).....	42

**Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση**

Εικόνα 25. Αναπαράσταση θεωρίας Επικοινωνητισμού ή Κονστρουκτιβισμού (Φύκαρης Ι. Μ., 2010) .....	43
Εικόνα 26.Αναπαράσταση Θεωρίας Επεξεργασίας Πληροφορίας (Αβούρης, 2000).....	44
Εικόνα 27. Παιχνίδι ΕΠ Pokémon Go (Niantic, Inc and Nintendo, 2024) .....	49
Εικόνα 28. Παιχνίδι ΕΠ Ingress (Ingres, 2023) .....	50
Εικόνα 29. Παιχνίδι ΕΠ Walla Me (Uptodown, 2022).....	50
Εικόνα 30. Βιβλίο ΕΠ Future is Wild: The Living Book (The Future is Wild, 2014).....	51
Εικόνα 31. Εφαρμογή Sketch AR (SketchAR.tech, 2023) .....	51
Εικόνα 32. Εφαρμογή Anatomy 4D (Navarro, 2015) .....	52
Εικόνα 33. Εφαρμογή Microsoft Hololens (Microsoft Corporation, 2023) .....	52
Εικόνα 34. Εφαρμογή iTacitus AR (Zoellner, Stricker, Bleser, & Pastarmov, 2007) .....	53
Εικόνα 35.Εφαρμογή SchoolAR (ΕΛ.Λ.Α.Κ., 2017) .....	54
Εικόνα 36. Εφαρμογή Πάζλ (Liarokapis & Anderson, 2010).....	54
Εικόνα 37.Εφαρμογή Construct3D (Chang, Morreale, & Medicherla, 2020). .....	55
Εικόνα 38. Εφαρμογή Cube (Alcañiz Raya, Contero, López, & Ortega, 2010).....	55
Εικόνα 39. Εφαρμογή CG-physics (cg-physics.org, 2018) .....	56
Εικόνα 40. Εφαρμογή Physics Lab AR (Physics Lab AR, 2018) .....	57
Εικόνα 41.Εφαρμογή Guided Construction (Cabero & Barroso, 2016) .....	58
Εικόνα 42. Εφαρμογή London History AR (Octagon Studio, 2023) .....	59
Εικόνα 43. Εφαρμογή Περιβαλλοντικοί Ντετέκτιβς (Environmental Detectives) (Klopfer & Squire, 2008) ...	60
Εικόνα 44. Εφαρμογή Μαγικός Κύβος (Alcañiz Raya, Contero, López, & Ortega, 2010). .....	60
Εικόνα 45. Εφαρμογή Animal AR (Yaksha Visual Technologies Pvt Ltd, 2023).....	61
Εικόνα 46. Project ARiSE για προβολή ανθρώπινου πεπτικού συστήματος (Žára, Havran, & Sýkora, 2024).62	
Εικόνα 47. Εφαρμογή Google Sky Map (Infobae, 2022).....	62
Εικόνα 48. Εφαρμογή Star Walk 2 (Vito Technology, 2017).....	63
Εικόνα 49. Εφαρμογή Quiver (Quiver Vision, 2022).....	63
Εικόνα 50. Εφαρμογή AR Music App (Lemos, Dionísio Corrêa, Nascimento, & Deus Lopes, 2017).....	64
Εικόνα 51.Στοιχεία μέτρησης του συστήματος της αποτελεσματικότητας .....	68
Εικόνα 52. Καρδιά και αιμοφόρα αγγεία όπως απεικονίζονται στην εφαρμογή ZSPACE® (zSpace, 2020)....	69
Εικόνα 53. zSpace® all-in-one solution (zSpace, 2020).....	69



**Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση**

Εικόνα 54. Ροή εργασίας πειράματος πρώτης μελέτης περίπτωσης.....	70
Εικόνα 55. Ιστόγραμμα των αποτελεσμάτων των μαθητών της Ομάδας1 .....	73
Εικόνα 56. Ιστόγραμμα αποτελεσμάτων των μαθητών της Ομάδας 2 .....	73
Εικόνα 57. Ιστόγραμμα των αποτελεσμάτων των μαθητών της Ομάδας3 .....	74
Εικόνα 58. Φύλλο εργασίας με χρήση περιεχομένου AR (Liao & Humphreys, 2015).....	76
Εικόνα 59. Σχεδιασμός ανεμογεννήτριας τριών διαστάσεων (3D) με χρήση AR (Liao & Humphreys, 2015).77	
Εικόνα 60. Διαχωρισμός εργαλείων συλλογής δεδομένων .....	78
Εικόνα 61. Αποτελέσματα γραπτών δοκιμασιών με και χωρίς χρήση ΕΠ.....	81
Εικόνα 62. Ενδιαφέρον μαθητών για μάθηση με χρήση ΕΠ .....	82
Εικόνα 63. Ευκολία των μαθητών να θυμούνται με τη χρήση ΕΠ .....	82

## Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1. Διαθέσιμες πλατφόρμες ανάπτυξης εφαρμογών ΕΠ.....	36
Πίνακας 2. Στοιχεία Ομάδων .....	70
Πίνακας 3. Σύνοψη αποτελεσμάτων ανά ομάδα .....	71
Πίνακας 4. Αποτελέσματα Ομάδας 1 – Μέση τιμή και τυπική απόκλιση .....	71
Πίνακας 5. Ομάδα 1 – Αποτελέσματα ζευγαρώματος του τεστ .....	72
Πίνακας 6. Αποτελέσματα Ομάδας 2 – Μέση τιμή και τυπική απόκλιση .....	73
Πίνακας 7. Αποτελέσματα Ομάδας 3 – Μέση τιμή και τυπική απόκλιση .....	74
Πίνακας 8. Συσχέτιση ατόμων για τις Ομάδες 1,2,3 μετά το ζευγάρι των t-tests .....	74
Πίνακας 9. Πεδίο διεξαγωγής Ομάδων .....	77
Πίνακας 10. Αποτελέσματα γραπτών δοκιμών t-tests των ομάδων 1 και 2 .....	79
Πίνακας 11. Αποτελέσματα t-test Lenene’s για την ποιότητα διακύμανσης.....	80

## Ευρετήριο Εξιιώσεων

Εξίσωση 1. Υπολογισμός συσχέτισης προσώπου .....	72
Εξίσωση 2. Υπολογισμός ποσοστού βελτίωσης .....	79

## Αρκτικόλεξα & Συντομογραφίες

<b>ΕΠ</b>	Επαυξημένη Πραγματικότητα
<b>AR</b>	Augmented Reality - Επαυξημένη Πραγματικότητα
<b>XR</b>	Extended Reality - Διευρυμένη / Επεκταμένη Πραγματικότητα
<b>VR</b>	Virtual Reality – Εικονική Πραγματικότητα
<b>GPS</b>	Global Positioning System
<b>ICT</b>	Information & Communication Technology
<b>ΤΠΕ</b>	Τεχνολογία Πληροφορίας και Επικοινωνιών
<b>Η/Υ</b>	Ηλεκτρονικοί υπολογιστές
<b>STE</b>	Synthetic Training Environment
<b>IVAS</b>	Integrated Visual Augmentation System – Ολοκληρωμένο Σύστημα Οπτικής Επαύξεσης
<b>TIF</b>	Technology Integration Facility – Ενοποίηση Τεχνολογικών Παροχών
<b>HMDs</b>	Head Mounted Displays - Οθόνες τοποθετημένες στο κεφάλι
<b>SPED</b>	Special Education –Ειδική Αγωγή
<b>GBL</b>	Game Based Learning–Μάθηση βάσει παιχνιδιών
<b>STEM</b>	Science Technology Engineering and Mathematics Επιστήμη Τεχνολογίας Μηχανικής και Μαθηματικών
<b>MARIE</b>	Multimedia Augmented Reality Interface for E-learning
<b>VMC</b>	Virtual Multimedia Content
<b>Mibook Multimedia</b>	Interactive Book
<b>MOOC</b>	Massive Open Online Courses –Μαζικά Ανοιχτά Online Μαθήματα
<b>VFTs</b>	Virtual Fitting Rooms
<b>LARGE</b>	Learning Augmented Reality Global Environment
<b>DBL</b>	Discovery-Based Learning–Μάθηση με βάση την ανακάλυψη
<b>OM</b>	Object-Modeling –Μοντέλα αντικειμένων
<b>GBL</b>	Game - Based Learning –Μάθηση βάσει παιχνιδιών
<b>NMC</b>	New Media Consortium
<b>NGSS</b>	Next Generation Science Standards – Πρότυπα Επόμενης Γενιάς για τις Επιστήμες
<b>OER</b>	Open Educational Resources – Ανοικτών Εκπαιδευτικών Πόρων
<b>SPSS</b>	Statistical Package Social Sciences - Στατιστικό Πακέτο για τις Κοινωνικές Επιστήμες

**Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση**

<b>ESD</b>	Education for Sustainable Development – Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη
<b>NGSS</b>	Next Generation Science Standards - Πρότυπα των Φυσικών Επιστημών της Επόμενης Γενιάς

## Περίληψη

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας γίνεται μια παρουσίαση της τεχνολογίας της Επαυξημένης Πραγματικότητας (ΕΠ) και μελετώνται οι παράμετροι της εφαρμογής στην εκπαιδευτική διαδικασία. Η προσέγγιση ξεκινά με την παράθεση των πιο σημαντικών ορισμών αναφορικά με την ΕΠ, και τη διερεύνηση του οφέλους που προκύπτει από την εισαγωγή και χρήση της ΕΠ στην εκπαίδευση. Παράλληλα, εξετάζεται το τεχνολογικό σκέλος της ΕΠ, μέσω επισκόπησης των τεχνολογικών συνιστωσών που χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση συστημάτων ΕΠ. Η κύρια εστίαση της εργασίας εντοπίζεται στις εκπαιδευτικές εφαρμογές που εφαρμόζονται σε ένα πλήθος διδακτικών αντικειμένων, καθώς και στα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη εφαρμογών ΕΠ, εξειδικεύοντας την ανάλυση χρήσης εργαλείων ανά διδακτικό αντικείμενο. Διερευνάται τόσο η λειτουργικότητα που προσφέρουν, όσο και το αποτύπωμά τους στην εκπαιδευτική διαδικασία. Η παράθεση και ανάλυση των πληροφοριών ολοκληρώνεται με την εξαγωγή συμπερασμάτων αναφορικά με τα οφέλη από την ένταξη της ΕΠ στη μαθησιακή διαδικασία, καταγράφοντας παράλληλα και τις προκλήσεις και τους περιορισμούς που αφορούν τη χρήση της ΕΠ στην εκπαίδευση.

Η χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας είναι μία από τις πλέον πρόσφατες καινοτομίες στη διδασκαλία. Οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν αυτήν την τεχνολογία αναπτύχθηκαν με επιτυχία στην εκπαίδευση STEM (Επιστήμη Τεχνολογίας Μηχανικής και Μαθηματικών), υποστηρίζοντας πρακτικά και δημιουργικά μέρη της διδασκαλίας. Δεδομένου ότι αναφορικά με τη χρήση της συγκεκριμένης τεχνολογίας υπάρχει ήδη μεγάλος όγκος δημοσιευμένων μελετών σχετικά με την εκπαίδευση που αναλύει τα πλεονεκτήματα, τους περιορισμούς, την αποτελεσματικότητα και τις προκλήσεις στο αντικείμενο αυτό. Η ταξινόμηση αυτών των εργασιών και μελετών θα επιτρέψει την εκτίμηση του βαθμού επιτυχίας ανταπόκρισης στις τρέχουσες προκλήσεις των προσεγγίσεων, μεθόδων και εφαρμογών, και θα σκιαγραφήσει τους μελλοντικούς ερευνητικούς τομείς.

Η κύρια εστίαση της παρούσας διπλωματικής εργασίας περιλαμβάνει την ανασκόπηση της τρέχουσας βιβλιογραφίας, διερευνώντας τις προκλήσεις, και εντοπίζοντας τους μελλοντικούς ερευνητικούς τομείς ενώ τέλος, παρουσιάζονται δύο μελέτες περίπτωσης από τις οποίες μπορούν να επισημανθούν τα αρχικά ζητούμενα και η μετέπειτα πορεία στον τομέα της χρήσης επαυξημένης πραγματικότητας στην εκπαίδευση. Το αποτέλεσμα αυτής της έρευνας τελικά περιγράφει λεπτομερώς το ερευνητικό κενό που απαιτείται να καλυφθεί για τη διευκόλυνση της αλληλεπίδρασης σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα επαυξημένης πραγματικότητας, την κιναισθητική μάθηση και τους πράκτορες μηχανικής μάθησης με εφαρμογή στην απομακρυσμένη μάθηση.

**Θεματική Περιοχή:** Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

**Λέξεις – κλειδιά:** Επαυξημένη Πραγματικότητα, Τεχνολογία, Εκπαίδευση, Εφαρμογές, Mobile Learning, Blending Learning, Kinesthetic Learning, Collaborative Learning, Βιβλιογραφική Ανασκόπηση, STEM, HMDs.

## Abstract

In the context of this present dissertation researches, is made an attempt to present the technology of Augmented Reality (AR) and to investigate the ways to apply to the educational process. Initially, the basic definitions of the subject are given, the benefits of using augmented reality in education are presented and a brief overview of the technologies used to implement it. Most of the work explores the educational applications applied to a multitude of teaching subjects, as well as AR application development tools, analyzing them in different teaching areas. Described their function and examines the effect they have on the learning process. Finally, are drawn the conclusions from the use of the AR in the educational process and are marked the various restrictions and obstacles encountered during the use of this technology.

The use of augmented reality is one of the most recent innovations of teaching. Applications that use this technology have been successfully developed in STEM education (Science, Technology, Engineering and Mathematics), supporting practical and creative parts of teaching. As for the use of this technology, there is already a mass volume of published studies on education that analyzes the advantages, restrictions, efficiency and challenges in this subject. The Classification of these work and studies will allow the assessment of the degree of success in the current challenges of approaches, methods and applications, and will outline future research areas.

The main focus of this present dissertation researches involves the review of the current literature, exploring the challenges, and identifying future research areas, and finally, two case studies are presented from which the initials and subsequent course can be highlighted. in education. The result of this research ultimately describes in detail the research gap that required to be filled to facilitate the interaction of augmented reality educational environments, kinesthetic learning and mechanical learning agents by applying remote learning.

**Subject Area:** The Use of Augmented Reality in Education

**Keywords:** Augmented Reality, Technology, Education, Uses, Mobile Learning, Blending Learning, Kinesthetic Learning, Collaborative Learning, Literature Review, STEM, HMDs.

## 1 Εισαγωγή

Καθημερινά η τεχνολογία αναπτύσσεται ραγδαία, επηρεάζοντας όλες τις πτυχές της ζωής μας. Εργασίες που γίνονταν με τα χέρια, τώρα αυτοματοποιούνται, ενώ διεργασίες που χρειαζόντουσαν κόπο και αυξημένη προσπάθεια, γίνονται πλέον πολύ απλά και γρήγορα. Ένας από τους τομείς που εξαπλώνεται ραγδαία είναι αυτός της εκπαίδευσης. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας και τη χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας (ΕΠ), η Εκπαίδευση αναμένεται να μεταμορφωθεί ριζικά. Οι δυνατότητες της τεχνολογίας ΕΠ να παρέχει στον χρήστη πληροφορίες οι οποίες υπερτίθενται στα αντικείμενα του πραγματικού κόσμου και να τις παρουσιάζει στον χρήστη μέσω συσκευών οι οποίες έχουν τη δυνατότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο, όπως για παράδειγμα έξυπνα κινητά τηλέφωνα και ταμπλέτες, ενισχύει την ικανότητα για διάθεση στους εκπαιδευόμενους της κατάλληλης πληροφορίας για την εκάστοτε περίπτωση και όχι μόνο χωρίς χωρικούς περιορισμούς, αλλά και πιθανώς κατάλληλα προσαρμοσμένες στην τρέχουσα τοποθεσία. Παράλληλα, ο τρόπος παρουσίασης διακρίνεται από αυξημένη αποτελεσματικότητα, οδηγώντας σε ισχυρότερο μαθησιακό αποτύπωμα. Η χρήση των εφαρμογών που είναι προσαρμοσμένες σε κινητές συσκευές διαδίδεται όλο και ευρύτερα κατά την τελευταία δεκαετία, τάση που σχετίζεται με την αυξημένη διείσδυση των έξυπνων κινητών συσκευών στο κοινό, ενώ παράλληλα η ανάπτυξη εφαρμογών ΕΠ έχει διευκολυνθεί σημαντικά λόγω της ύπαρξης πλατφορμών για την κατασκευή τέτοιων εφαρμογών, οι οποίες παρέχουν εργαλεία και περιεχόμενο για την επιτάχυνση της ανάπτυξης των εφαρμογών αλλά και για τη μείωση του επιπέδου των τεχνολογικών γνώσεων που απαιτούνται προκειμένου να αναπτυχθεί μία εφαρμογή ΕΠ. Οι εφαρμογές αυτές χρησιμοποιούνται σε διάφορους τομείς της ζωής μας, όπως: στην εκπαίδευση, σε ιστορικούς χώρους, σε μουσεία, στην αρχιτεκτονική (εσωτερικού και εξωτερικού χώρου, στη διασκέδαση, στον στρατό, σε γεωγραφικές εφαρμογές, στη βιομηχανία και στις κατασκευές, κ.ά.

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας γίνεται μια παρουσίαση της τεχνολογίας της Επαυξημένης Πραγματικότητας (ΕΠ) και μελετώνται οι παράμετροι της εφαρμογής στην εκπαιδευτική διαδικασία. Καθώς η ανάπτυξη και χρήση της ΕΠ είναι πολυπαραμετρικό ζήτημα, στην παρούσα εργασία πέραν της διερεύνησης του εκπαιδευτικού αποτυπώματος εξετάζονται και λοιπά ζητήματα, με έμφαση τόσο στο κόστος ανάπτυξης και εισαγωγής των εφαρμογών ΕΠ στην εκπαιδευτική διαδικασία, όσο και με τις προϋποθέσεις που είναι απαραίτητο να διασφαλιστούν προκειμένου για την αποτελεσματική χρήση τους, όπως αυτά αποτυπώνονται στην υπάρχουσα βιβλιογραφία ώστε στο άμεσο μέλλον να είναι εφικτή μια ομαλή προσαρμογή τέτοιων εφαρμογών στο εθνικό εκπαιδευτικό σύστημα. Η χρήση της ΕΠ και η μελέτη της εφαρμογής της στην εκπαιδευτική πραγματικότητα, καθώς και του μαθησιακού αποτυπώματος, έχουν μελετηθεί εκτενώς από επιστήμονες, ερευνητές και εκπαιδευτικούς, και τα έως τώρα ευρήματα τεκμηριώνουν τη δυναμική της χρήσης της ΕΠ στην εκπαίδευση.

Με αφετηρία αυτά τα συμπεράσματα, στην παρούσα εργασία πραγματοποιείται μια μελέτη του πεδίου με ορίζοντα τη δυνατότητα ένταξης της ΕΠ και στο Ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα. Όπως προαναφέρθηκε, από τα ευρήματα της μελέτης της επιστημονικής βιβλιογραφίας τεκμηριώνεται η ύπαρξη πολλαπλών ωφελειών για την εκπαιδευτική διαδικασία, ενώ και για το (σημαντικό) θέμα του κόστους υφίστανται λύσεις που περιορίζουν το κόστος και καθιστούν την εισαγωγή της ΕΠ οικονομικά εφικτή, ενώ κατά περίπτωση μπορεί να είναι και οικονομικά επωφελής.

Σε γενικότερο πλαίσιο, με τη χρήση της τεχνολογίας στην καθημερινή ζωή της κοινωνίας δημιουργήσε ευκαιρίες, αλλά και τη δυνατότητα χρήσης της τεχνολογίας στον τομέα της εκπαίδευσης. Μολαταύτα, ο ρόλος της τεχνολογίας στο πλαίσιο της εκπαίδευσης μας έφερε αντιμέτωπους με μία σειρά ζητημάτων και ερωτημάτων για το ευρύτερο μεθοδολογικό πλαίσιο της χρήσης των υπολογιστικών συσκευών στο εκπαιδευτικό γίγνεσθαι. Οι πλέον διαδεδομένες τάσεις που κυριάρχησαν από την έναρξη της εφαρμογής της τεχνολογίας της ΕΠ έως και τη σημερινή ημέρα, έχουν αποτύπωμα στην προσέγγιση χρήσης της ΕΠ στην



## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

εκπαίδευση, ιδίως προσανατολίζοντας τη χρήση της ΕΠ με τη μορφή εργαλείων, βοηθημάτων διδασκαλίας (π.χ. εξομοιώσεις) ή πλατφορμών προγραμματισμού. Οι προσεγγίσεις του τρόπου ένταξης της τεχνολογίας στην εκπαιδευτική διαδικασία εξαρτώνται από τη συνδυαστική θεώρησή της κατ' αρχήν σε σχέση με τους στόχους της εκπαίδευσης και εν συνεχεία με τις μεθόδους που υιοθετούνται προκειμένου να υπηρετήσουν τους στόχους αυτούς (Styliaras, Dimou, Στυλιαράς, & Δημου, 2015).

Οι νεοεισαγόμενες δυνατότητες για τη μαθησιακή διαδικασία που προσφέρουν οι εφαρμογές ΕΠ έχουν τύχει της αναγνώρισης της επιστημονικής κοινότητας του εκπαιδευτικού τομέα. Μέσω της σύνθεσης πλασιών που συμπεριλαμβάνουν αφ' ενός φυσικά και αφ' ετέρου ψηφιακά αντικείμενα, παρέχουν στους εκπαιδευόμενους τη δυνατότητα να οπτικοποιήσουν πολύπλοκες σχέσεις στον χώρο αλλά και αφηρημένες έννοιες, καθιστώντας την εκπαίδευση ακόμη και σε αυτά τα αντικείμενα πιο βιωματική (Arvanitis, Petrou, Knight, & Savvas, 2009). Μέσω του μετασχηματισμού της εκπαιδευτικής διαδικασίας έτσι ώστε να αυξηθεί ο βαθμός βιωματικότητας, δρέπονται τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Υποστηρίζεται η ανάλυση φαινομένων για τα οποία δεν είναι εφικτή η παρατήρησή τους στο φυσικό τους περιβάλλον,
- Υποστηρίζεται η αλληλεπίδραση των εκπαιδευομένων με ψηφιακά αντικείμενα, για τα οποία έχουν δημιουργηθεί τρισδιάστατα μοντέλα,
- Δημιουργείται το πλαίσιο για την ανάπτυξη τεχνικών και πρακτικών να αναπτύσσουν τεχνικές και πρακτικές που δεν είναι εφικτό ή ευχερές να αναπτυχθούν σε άλλα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα πλην της ΕΠ, ακόμη και άλλων περιβαλλόντων που βασίζονται στις τεχνολογίες πληροφορίας και επικοινωνίας.

Έτσι λοιπόν μπορούμε να ισχυριστούμε ότι στη σύγχρονη εποχή οι εφαρμογές ΕΠ στην εκπαίδευση συγκροτούν ένα νεοπαγές και μεγάλης σημασίας εργαλείο για τη μάθηση και την εκπαίδευση πολλών ανθρώπων.

### 1.1 Σκοπός και στόχος της εργασίας

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να οριστεί τι είναι Επαυξημένη Πραγματικότητα, να γίνει μια σύντομη ιστορική αναδρομή της τεχνολογίας αυτής, να αναφερθούν οι τομείς εφαρμογής της και οι διαθέσιμες τεχνολογίες. Πιο συγκεκριμένα, θα αναλυθεί πώς η τεχνολογία αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην Εκπαίδευση, θα αναφερθούν οι τύποι των εφαρμογών σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα και οι πλατφόρμες, θα διευκρινιστεί πώς η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιείται σε κάθε τομέα της εκπαίδευσης ξεχωριστά, και με ποια εργαλεία. Θα αναφερθούν οι θεωρίες και οι στρατηγικές μάθησης, καθώς και τα οφέλη και οι περιορισμοί της. Τέλος, θα γίνει ανάπτυξη δύο ξεχωριστών μελετών περίπτωσης, που θα απεικονίσουν πώς επιδρά η επαυξημένη πραγματικότητα στις μαθησιακές επιδόσεις των μαθητών στην εκπαίδευση STEM, και θα αναφερθούν τα γενικά χαρακτηριστικά του συνδυασμού AR-STEM, αναλύοντας τα πλεονεκτήματα, τις προκλήσεις και τα συμπεράσματα για μελλοντική έρευνα.

### 1.2 Ερευνητικά Ερωτήματα

Η παρούσα εργασία έρχεται να απαντήσει σε μερικά ερευνητικά ερωτήματα, όπως:

- Τι είναι η ΕΠ, από ποιες τεχνολογίες συναποτελείται και με ποιον τρόπο μπορεί η εκπαιδευτική διαδικασία να ωφεληθεί από τις τεχνολογίες αυτές,

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

- Ποιες εκπαιδευτικές ωφέλειες είναι δυνατόν να επέλθουν εντάσσοντας την ΕΠ στην εκπαιδευτική διαδικασία και σε ποια μαθησιακά πλαίσια και θεωρίες μάθησης είναι εφικτό να ενταχθεί η ΕΠ;
- Ποια είναι τα τεχνολογικά προαπαιτούμενα προκειμένου να καταστεί εφικτή η ένταξη της ΕΠ στην εκπαιδευτική διαδικασία;
- Με ποιον τρόπο η ΕΠ επηρεάζει το μαθησιακό αποτύπωμα της εκπαίδευσης γενικότερα και της εκπαίδευσης STEM ειδικότερα;
- Ποιες είναι οι ιδιαίτερες συνθήκες και τα αποτελέσματα της συνδυαστικής χρήσης της τεχνολογίας ΕΠ και της εκπαίδευσης STEM;

### 1.3 Δομή της εργασίας

Η εργασία αναπτύσσεται σε 6 κεφάλαια.

- Στο πρώτο κεφάλαιο (που είναι και το παρόν κεφάλαιο) παρουσιάζεται η εισαγωγή στη χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση, οι στόχοι και σκοποί της εργασίας, τα ερευνητικά ερωτήματα, καθώς και το περιεχόμενό της.
- Στο δεύτερο κεφάλαιο παρατίθεται ο ορισμός της έννοιας ΕΠ, μια σύντομη ιστορική αναδρομή στο πέρασμα των χρόνων, αναφέρονται οι τομείς εφαρμογής της, οι συνιστώσες των εφαρμογών και οι διαθέσιμες τεχνολογίες, καθώς επίσης και τα εργαλεία και οι πλατφόρμες ανάπτυξης εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας.
- Το τρίτο κεφάλαιο εστιάζει στην ΕΠ στην Εκπαίδευση, αναλύονται οι τύποι εφαρμογών ΕΠ σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα και οι τρόποι εφαρμογής της στην εκπαιδευτική διαδικασία. Έπειτα, αναφέρονται οι θεωρίες και οι στρατηγικές μάθησης, απεικονίζονται τα οφέλη και οι περιορισμοί της τεχνολογίας αυτής, γίνεται χαρτογράφηση πεδίου και παράλληλα αναλύονται τα εργαλεία και οι πλατφόρμες ανάπτυξης εφαρμογών ΕΠ.
- Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύονται δύο μελέτες περίπτωσης της επίδρασης της επαυξημένης πραγματικότητας στις μαθησιακές επιδόσεις των μαθητών στην εκπαίδευση STEM, και απεικονίζονται τα γενικά χαρακτηριστικά του συνδυασμού AR-STEM, αναφέροντας τα πλεονεκτήματα, τα μειονεκτήματα και τα συμπεράσματα για μελλοντική έρευνα.
- Στο πέμπτο κεφάλαιο συνοψίζονται τα συμπεράσματα για τη χρήση της ΕΠ στην εκπαίδευση και καταγράφονται τα ανοικτά ζητήματα και θέματα προς συζήτηση.
- Στο έκτο κεφάλαιο παρατίθεται η βιβλιογραφία της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

## 2 Επαυξημένη Πραγματικότητα

Στην ενότητα αυτή παρατίθεται ο ορισμός της Επαυξημένης Πραγματικότητας, και αποτυπώνεται μια σύντομη ιστορική αναδρομή στην εξέλιξή της. Στη συνέχεια, γίνεται μία πιο αναλυτική παρουσίαση της ΕΠ και διερευνώνται οι τομείς στους οποίους τυγχάνει εφαρμογής.

### 2.1 Ορισμός Επαυξημένης Πραγματικότητας (ΕΠ)

Με τον όρο Επαυξημένη Πραγματικότητα – Augmented Reality (AR), αναφερόμαστε στην τεχνολογία που επαυξάνει τον πραγματικό κόσμο με συνθετικές/ψηφιακές πληροφορίες οι οποίες έχουν δημιουργηθεί με τη χρήση υπολογιστή (Chen, Wang, Chen, & Song, 2019). Είναι μια νέα τεχνολογία, που περιλαμβάνει την επικάλυψη των γραφικών των υπολογιστών στον πραγματικό κόσμο. Ο βασικός ορισμός της ΕΠ, είναι ο τρόπος εμφάνισης των ψηφιακών σημάτων ή του ψηφιακού περιεχομένου σε συνδυασμό με εικόνες πραγματικού κόσμου και η πιθανή αλληλεπίδραση με το περιβάλλον και τους χρήστες, καθώς και η απρόσκοπτη ενσωμάτωση (seamless blending) μεταξύ του πραγματικού κόσμου και των γραφικών υπολογιστή (Computer Graphics) και ήχου (Freina & Ott, 2015).

Μέσω της τεχνολογίας αυτής μπορούν να προβληθούν εικόνες, βίντεο, ηχητικά στιγμιότυπα και κείμενο σε υπάρχουσες εικόνες ή στον χώρο που βρίσκονται (πραγματικό χώρο) (Antonioni, Blake, & Sparks, 2014). Πρόκειται για ένα νέο τρόπο αλληλεπίδρασης με τον πραγματικό κόσμο, χωρίς αυτός να αντικαθίσταται εν συνόλω από κάποιον εικονικό, ωστόσο, οι ψηφιακές πληροφορίες τον «επαυξάνουν» σχετικά με την εμφάνιση του, την αλληλεπίδραση και τον έμμεσο έλεγχο από το χρήστη. Η ΕΠ επιτρέπει στον χρήστη να βιώσει τον πραγματικό κόσμο, εμπλουτίζοντάς τον με πληροφορίες, χωρίς να καθίσταται απαραίτητη η πλήρης εμπύθιση του χρήστη σε ένα πλήρως συνθετικό περιβάλλον (Kesim & Ozarslan, 2012).

Οι (Milgram & Kishino, 1994), όρισαν την ΕΠ ως τμήμα μιας ευρύτερης περιοχής μέσα στον πραγματικό κόσμο, η οποία καλείται *Μικτή Πραγματικότητα* (πρβλ. Εικόνα 1).

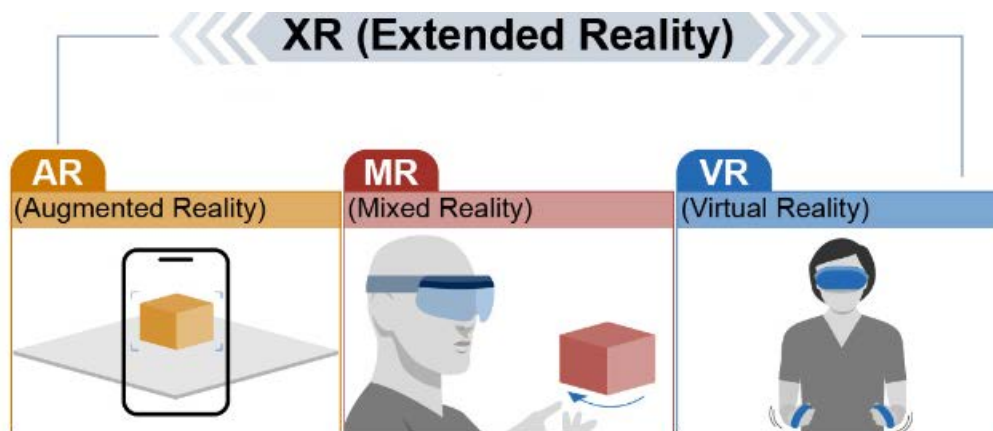


Εικόνα 1. Το συνεχές εικονικότητας-πραγματικότητας (Milgram & Kishino, 1994).

Μέσα σε αυτό το *συνχές* μεταξύ πραγματικότητας και εικονικότητας τοποθετείται η Επεκταμένη - Διευρυμένη Πραγματικότητα (Extended Reality -XR), που κατ' ουσίαν περιλαμβάνει όλες τις καινοτόμες τεχνολογίες και αφορά κυρίως την αλληλεπίδραση του χρήστη με φυσικά και εικονικά αντικείμενα, εντός του χώρου στον οποίο κινείται ο χρήστης. Η Διευρυμένη -Επεκταμένη Πραγματικότητα (XR), είναι ένας όρος

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

που περιλαμβάνει την Επαυξημένη Πραγματικότητα, την Εικονική Πραγματικότητα και τη Μεικτή Πραγματικότητα, αλλά και κάθε επαφή ανθρώπου-υπολογιστή που βασίζεται στην τεχνολογία γραφικών με συσκευές που μπορούν να φορεθούν (wearable devices). Ωστόσο, ενώ στην Επαυξημένη Πραγματικότητα γίνεται μείξη ψηφιακών και πραγματικών αντικειμένων, στην Εικονική Πραγματικότητα οι χρήστες εμβυθίζονται σε ένα πλήρως ψηφιακό περιβάλλον το οποίο είτε προσομοιώνει τον πραγματικό κόσμο είτε αφορά έναν απόλυτα φανταστικό κόσμο, και διατηρούν τον έλεγχο των κινήσεών τους εντός του περιβάλλοντος αυτού. Οι τεχνολογίες της Επαυξημένης και της Εικονικής πραγματικότητας είναι τα μέσα για την υλοποίηση πλούσιων εμπειριών, και οι συσκευές Διευρυμένης Πραγματικότητας δημιουργούν την ψευδαίσθηση στους ανθρώπους ότι βρίσκονται σε έναν εντελώς διαφορετικό κόσμο, εμπλουτίζοντας με ρεαλιστικό τρόπο την εικονική εμπειρία τους (Chuah, 2020). Μια απεικόνιση την τεχνολογίας αυτής, φαίνεται στην Εικόνα 2 που ακολουθεί.



Εικόνα 2. Επεκταμένη Πραγματικότητα (XR) (U.S. Government Accountability Office, 2022)

Με βάση τα παραπάνω, η ΕΠ περιλαμβάνει την άμεση ή έμμεση προβολή φυσικών αντικειμένων του πραγματικού χώρου, στα οποία γίνονται τροποποιήσεις/επαυξήσεις σε πραγματικό χρόνο με τη βοήθεια ενός υπολογιστικού συστήματος. Αποτελεί επίσης μια συνολική εμπειρία, που αλλάζει τον τρόπο με τον οποίο κάποιος χρήστης της τεχνολογίας μαθαίνει, εργάζεται, επικοινωνεί και παίζει με τον κόσμο γύρω του (Specht, Ternier, & Greller, 2011).

## 2.2 Ιστορική Αναδρομή ΕΠ

Η χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας έχει ξεκινήσει δεκαετίες πριν, ωστόσο τα τελευταία χρόνια έχει γνωρίσει σημαντική εξέλιξη και εξάπλωση.

Ξεκινώντας από το 1992, οι Tom Caudell και David Mizell εισήγαγαν τον όρο ΕΠ για να αναφερθούν στην επικάλυψη υλικού που παρουσιάζεται από υπολογιστή σε περιβάλλον πραγματικού κόσμου και ανέφεραν τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας αυτής, έναντι της εικονικής πραγματικότητας, όσον αφορά την χαμηλότερη υπολογιστική ισχύ που απαιτείται για την απόδοση των εικονοστοιχείων (pixels). Στη συνέχεια το 1995, ο Benjamin Bederson πρότεινε τον όρο Ηχητική Επαυξημένη Πραγματικότητα –Audio Augmented Reality, με έναν πρωτότυπο αυτόματο τουριστικό οδηγό που εμπλουτίζει με ήχο τον πραγματικό κόσμο, ανάλογα με τη θέση στην οποία βρίσκεται ο χρήστης (Bederson, 1995).

Το 1997 οι (Feiner, MacIntyre, Hollerer, & Webster, 1997) παρουσίασαν την πρώτη κινητή συσκευή επαυξημένης πραγματικότητας MARS (όπως φαίνεται στην Εικόνα 3), που αποτελείτο από μία συσκευή την

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

οποία ο χρήστης φοράει στο κεφάλι και μπορεί να δει μέσα από αυτή, ενώ διαθέτει εσωτερικό μηχανισμό εντοπισμού προσανατολισμού από έναν υπολογιστή που ο χρήστης φέρει στην πλάτη του με GPS και κατάλληλα στοιχεία για ασύρματη πρόσβαση στο διαδίκτυο και από έναν υπολογιστή χεριού (hand computer) με ακίδα και οθόνη αφής. Σκοπός τους ήταν να εξετάσουν αν είναι δυνατή η ύπαρξη υπολογιστικών συστημάτων που μπορούν να φορευθούν από τον χρήστη και ταυτόχρονα να μπορούν να αντεπεξέλθουν στις καθημερινές αλληλεπιδράσεις του χρήστη με τον κόσμο (Feiner, MacIntyre, Hollerer, & Webster, 1997).



Εικόνα 3. Συσκευή ΕΠ MARS (Feiner, MacIntyre, Hollerer, & Webster, 1997)

Το 1998, οι Thomas et al. (Thomas, Demczuk, Piekarski, Hepworth, & Gunther, 1998) παρουσίασαν ένα φορητό υπολογιστή (wearable computer system) σε μορφή σακιδίου πλάτης με GPS, HMD και ηλεκτρονική πυξίδα, ο οποίος αρχικά χρησιμοποιήθηκε ως οδηγός πλοήγησης και στη συνέχεια εξελίχθηκε σε μια πλατφόρμα επαυξημένης πραγματικότητας που χρησιμοποιήθηκε αργότερα για πλήθος εφαρμογών (Alkhamisi & Monowar, 2013).



Εικόνα 4. Σύστημα Tinmith (wearable-computer-system) (Thomas, Demczuk, Piekarski, Hepworth, & Gunther, 1998)

Το 1999 παρουσιάζεται το AR Toolkit, μια βιβλιοθήκη ανίχνευσης θέσης, με 6 βαθμούς ελευθερίας που αναγνωρίζει εικόνες (φυσικές και μη), με ασπρόμαυρα μοτίβα. Είναι ένα λογισμικό ανοιχτού κώδικα που ακόμα και σήμερα χρησιμοποιείται ευρέως στο περιβάλλον της τεχνολογίας αυτής. Το 2000 παρουσιάζεται το AR-Quake (Εικόνα 5), μια επέκταση του παιχνιδιού Quake. Το παιχνίδι αυτό χρησιμοποιεί προοπτική πρώτου προσώπου, μπορεί να παιχτεί σε εσωτερικό ή εξωτερικό περιβάλλον, ενώ οι συνήθεις εντολές που



## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

δίνουν κίνηση και δράση λαμβάνονται από τις κινήσεις του παίχτη στο πραγματικό περιβάλλον (Arth, Grasset, Gruber, & Langlotz, 2015).



Εικόνα 5. AR-Quake (Tinmith, 2009)

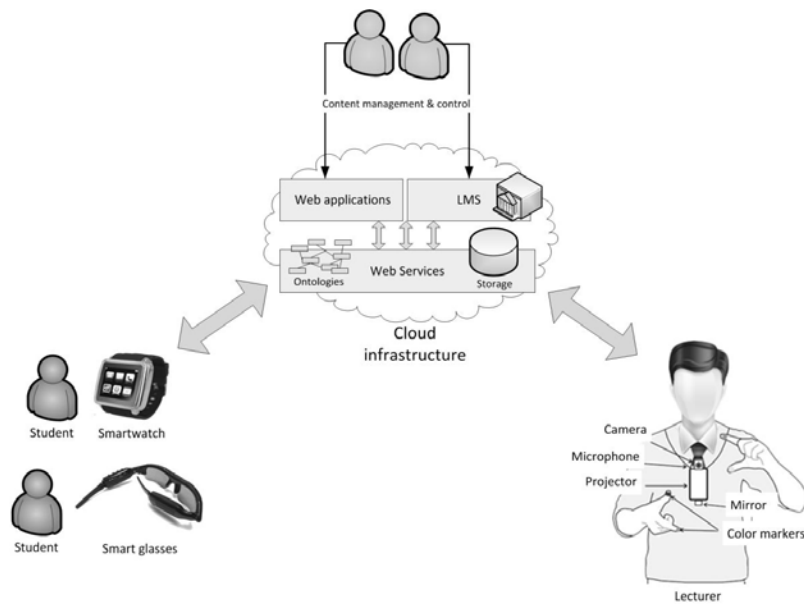
Το 2007 δημιουργούνται εφαρμογές ΕΠ για τον ιατρικό τομέα, ενώ στη συνέχεια οι περισσότερες εφαρμογές σχεδιάζονται συγκεκριμένα για κινητές εφαρμογές. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι το Wikitude (Εικόνα 6), που αναπτύχθηκε το 2008 και προσέφερε εμπειρία βασισμένη στην τοποθεσία. Επίσης, η ίδια εταιρεία ανέπτυξε το Wikitude SDK, μια συνιστώσα (component) ανάπτυξης λογισμικού με αναγνώριση και ανίχνευση εικόνων, αλλά και με τεχνολογίες προσδιορισμού θέσης (Alkhamisi & Monowar, 2013).



Εικόνα 6. Εφαρμογή που έχει αναπτυχθεί με χρήση του Wikitude SDK (Wikitude, 2022)

Το 2015, οι (Labus, Milutinović, Stepanić, Stevanović, & Milinović, 2015) παρουσίασαν ένα μοντέλο μάθησης που βασίζεται στην τεχνολογία και στη χρήση φορητών συσκευών και εξέτασαν την αλληλεπίδραση και τη συνεργατική εργασία. Έτσι, με τη χρήση των έξυπνων ρολογιών, των έξυπνων γυαλιών, των φορητών συσκευών και ενός συστήματος που εκτελείται στο υπολογιστικό νέφος μπορούσαν να κάνουν τη μάθηση πιο ενδιαφέρουσα και πιο αποδοτική (Εικόνα 7).

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

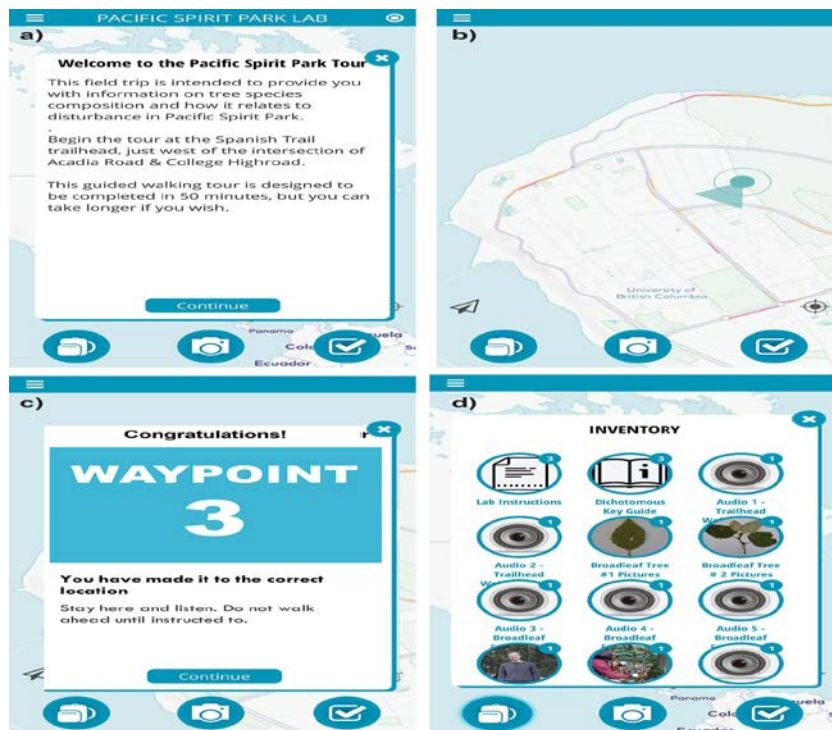


Εικόνα 7. Μοντέλο εφαρμογής φορετών συσκευών στην εκπαίδευση (Labus, Milutinović, Stepanić, Stevanović, & Milinović, 2015)

Το 2022 οι (Hewitt, Wood, & Wilson, 2022)(Εικόνα 8), παρουσίασαν μια εφαρμογή ΕΠ για εικονική περιήγηση σε ένα μέρος που επιλέγει ο χρήστης. Η εφαρμογή δημιουργήθηκε με χρήση της πλατφόρμας ανάπτυξης λογισμικού Motive.io. Οι χρήστες σαρώνουν έναν κωδικό QR προκειμένου να κατεβάσουν τη διαδρομή τους ταξιδιού που επιθυμούν στην φορητή συσκευή τους. Μόλις μεταφορτωθεί και απεικονιστεί η διαδρομή, η εφαρμογή δεν απαιτεί σύνδεση στο διαδίκτυο, αλλά μπορεί να χρησιμοποιήσει κίνηση και ανίχνευση προσανατολισμού για τον υπολογισμό της θέσης σχετικά με ακρίβεια από την τελευταία γνωστή θέση της συσκευής (GPS).

Η εφαρμογή ξεκινάει με μια οθόνη καλωσορίσματος (Εικόνα 8a). Έπειτα εμφανίζεται μια διασύνδεση με τους χάρτες της Google σχετικά με την τοποθεσία του χρήστη (Εικόνα 8b). Στην συνέχεια εμφανίζονται πληροφορίες εντοπισμού της θέσης και ψηφιακό περιεχόμενο, όπως: αφηγήσεις ήχου, βίντεο, εικόνες, κ.ά. (Εικόνα 8c). Τα μέσα αποθηκεύονται στην εφαρμογή, και ενδέχεται στη συνέχεια να τα χρησιμοποιήσουν και άλλοι (Εικόνα 8d). Οι χρήστες μπορούν επίσης να χρησιμοποιήσουν "Mode Warp" για να «διασχίσουν» τη διαδρομή χωρίς να είναι φυσικώς παρόντες στα σημεία, διευκολύνοντας την επανεξέταση και την ενοποίηση της γνώσης.

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση



Εικόνα 8. Εικονική παρουσίαση μέσω GPS (Hewitt, Wood, & Wilson, 2022)

### 2.3 Τομείς Εφαρμογής

Η τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας εφαρμόζεται σε πολλούς τομείς της καθημερινής μας ζωής. Ενδεικτικά, κάποιιοι από αυτούς αναφέρονται παρακάτω:

#### 2.3.1 Παιχνίδια και διασκέδαση

Τα παιχνίδια αποτελούν τον καλύτερο τρόπο προώθησης νέων τεχνολογιών, διότι προσελκύουν έναν μεγάλο αριθμό καταναλωτών. Με τη χρήση της ΕΠ, τα παιχνίδια γίνονται πιο διασκεδαστικά και διαδραστικά, αφού η επαύξηση αναμειγνύει το φυσικό περιβάλλον με το ψηφιακό. Σε αυτό, συμβάλλει επίσης και η εξάπλωση της χρήσης των κινητών τηλεφώνων, που ενσωματώνουν πλούσιο εξοπλισμό, ο οποίος μπορεί να υποστηρίξει τη χρήση της συγκεκριμένης τεχνολογίας. Έτσι οι χρήστες μπορούν να αλληλεπιδρούν με ανθρώπους καθώς και με αντικείμενα, εμπλουτίζοντας την εμπειρία τους με ψηφιακές εικόνες και ήχους (Tan & Soh, 2011), (Das, Zhu, McLaughlin, & Bilgrami, 2017). Εκτενέστερη μελέτη της χρήσης της ΕΠ στον τομέα των παιχνιδιών παρατίθεται στο κεφάλαιο 3.

#### 2.3.2 Τουρισμός και πολιτισμός

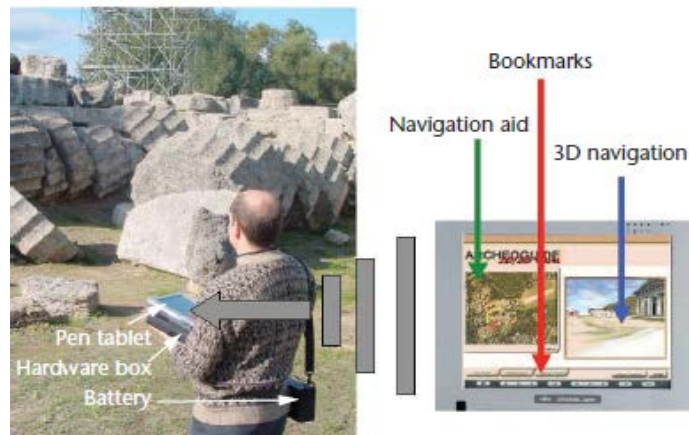
Στον τομέα αυτό του τουρισμού και του πολιτισμού υπάρχουν πολλές δυνατότητες αξιοποίησης της ΕΠ, ενώ πλήθος εφαρμογών έχουν ήδη δημιουργηθεί και αφορούν χρήση της ΕΠ σε αρχαιολογικούς χώρους, μουσεία και εκθέσεις. Κατά την περιήγησή του σε αυτούς τους χώρους ο χρήστης μπορεί να δει μέσω μιας φορητής συσκευής πληροφορίες για κάποιο αξιοθέατο ή έκθεμα που επιθυμεί, ενώ για συγκεκριμένα εκθέματα ή χώρους παρέχεται η δυνατότητα να τα δει ο χρήστης να «ζωντανεύουν», δηλαδή να λαμβάνουν έμβια μορφή ή να παρουσιάζονται στην καθημερινή λειτουργία τους με πιθανή συμμετοχή ενός ή περισσότερων ψηφιακών μοντέλων ανθρώπων ή/και ζώων. Η τεχνολογία αυτή παρέχει στους επισκέπτες



## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

μια διαφορετική εμπειρία, προσφέροντάς τους πληροφορίες και ψυχαγωγία μαζί, παρέχοντας πληροφορία με άμεσο και ευχάριστο τρόπο.

Ένα παράδειγμα εφαρμογής της ΕΠ στον πολιτισμό είναι η εφαρμογή Archeoguide (Εικόνα 9), που χρησιμοποιείται από επισκέπτες του αρχαιολογικού χώρου της Αρχαίας Ολυμπίας και μέσω της εφαρμογής αυτής οι χρήστες μπορούν να βλέπουν μοντέλα των κτισμάτων (Vlahakis, Ioannidis, Karigiannis, & Tsotros, 2002) αλλά και πληροφορίες για αυτά. Ο απαραίτητος γεωεντοπισμός υποστηρίζεται από την τεχνολογία GPS.



Εικόνα 9. Εφαρμογή Archeoguide (Vlahakis, Ioannidis, Karigiannis, & Tsotros, 2002)

Στον τομέα του τουρισμού, η εφαρμογή AR City (Εικόνα 10) βοηθάει τον επισκέπτη μιας πόλης να περιηγηθεί στους δρόμους, να εντοπίσει τα αξιοθέατα και να λάβει πληροφορίες για αυτά, ενώ ενσωματώνει και πλήθος συμπληρωματικών λειτουργικοτήτων.



Εικόνα 10. Εφαρμογή AR City (blippAR, 2023)

### 2.3.3 Ιατρική περίθαλψη

Στον τομέα της Ιατρικής επιστήμης, η ΕΠ δύναται να αναπαραστήσει την πληροφορία και τις έννοιες με έναν πιο απλό και κατανοητό τρόπο, καθώς επίσης και να βοηθήσει σε δύσκολες επεμβάσεις (Εικόνα 11). Οι γιατροί, με τη χρήση των φορητών συσκευών τους, της κάμερας και των αισθητήρων, μπορούν να

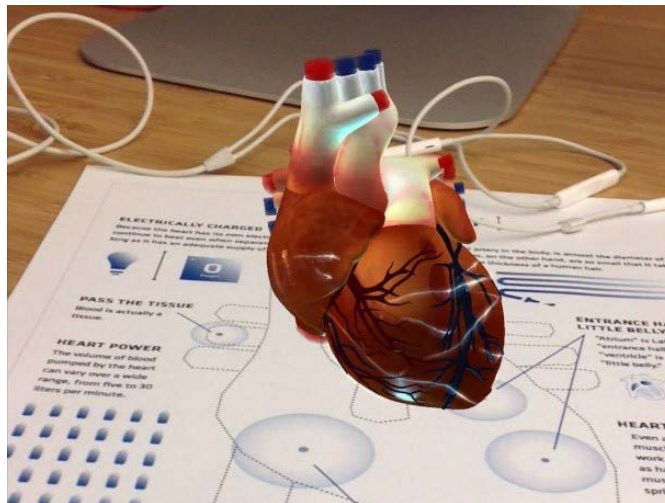
## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

συλλέγουν πληροφορίες, να αποτυπώνουν και να αναγνωρίζουν διαδικασίες και μετρήσεις (Alkhamisi & Monowar, 2013).



Εικόνα 11. Η χρήση της ΕΠ στην προηγμένη ιατρική (Petersen-Khmelnski, 2022)

Σε γενικές γραμμές, η ιατρική επιστήμη μπορεί να διευκολυνθεί σε μεγάλο βαθμό από την ΕΠ. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση ειδικών γυαλιών του ιατρικού προσωπικού για την προβολή ιατρικών δεδομένων των ασθενών ή με τον εμπλουτισμό τρισδιάστατων γραφικών και εικόνων, κατά την διαδικασία των επεμβάσεων. Χρειάζεται ωστόσο ακόμη αρκετή προσπάθεια ώστε οι εφαρμογές αυτές να φτάσουν στο απαιτούμενο επίπεδο ωριμότητας, αφού απαιτείται υψηλό επίπεδο ακρίβειας και τα περιθώρια σφάλματος είναι σχεδόν μηδενικά. Πιο άμεσος στόχος είναι η χρήση της ΕΠ για τη δημιουργία προσομοιώσεων, προκειμένου για την εκπαίδευση του ιατρικού προσωπικού (Alkhamisi & Monowar, 2013)(Εικόνα 12).



Εικόνα 12. Η χρήση της ΕΠ στην εκπαίδευση του ιατρικού προσωπικού (Healthy Simulation, 2019)

### 2.3.4 Διαφήμιση και marketing

Χρησιμοποιώντας την τεχνολογία της ΕΠ πολλές εταιρείες προσπαθούν να προωθήσουν τα προϊόντα τους και να τα διαφημίσουν. Η τεχνολογία αυτή κάνει τη διαφήμιση πιο «ελκυστική», επιτρέποντας στις εταιρείες να προσελκύσουν το κοινό με πιο ευχάριστο και συναισθηματικό τρόπο, αποτελώντας ένα

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

σημαντικό εργαλείο ώστε να φέρουν πιο κοντά τον καταναλωτή. Έτσι, κερδίζουν το ενδιαφέρον και την προσοχή του πελάτη, εμπλέκοντάς τον σε μια εμπειρία που συνδυάζει το παιχνίδι και τη διασκέδαση. Επίσης, μέσω του GPS που διαθέτει η συσκευή και μέσω ειδικών αλγορίθμων, οι χρήστες μπορούν να λαμβάνουν διαφημίσεις για καφέ, εστιατόρια, αξιοθέατα κ.ά. που βρίσκονται στην τρέχουσα τοποθεσία τους. Τέλος, η ΕΠ αποτελεί έναν ακόμη τρόπο για την προώθηση νέων προϊόντων στην αγορά με τρόπο που εντυπώνεται στη μνήμη των καταναλωτών (Alkhamisi & Monowar, 2013).

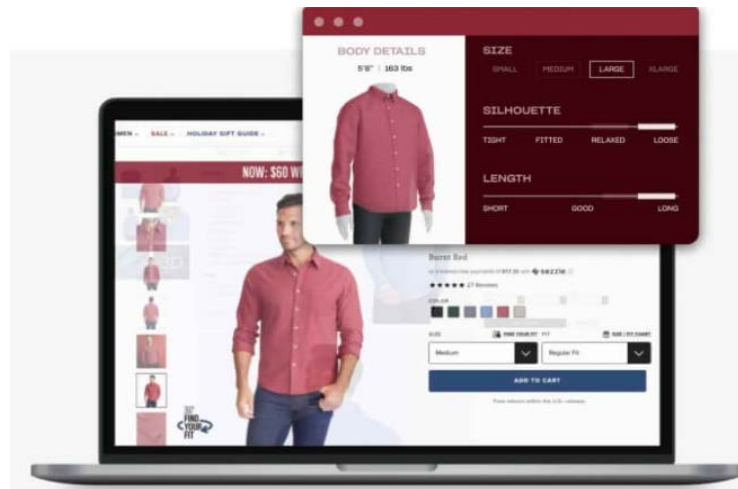
Υπάρχουν αρκετές εφαρμογές στο τομέα αυτό. Ενδεικτικά μια τέτοια εφαρμογή είναι η Lego Digital Box and Catalogue, όπου η εταιρεία Lego χρησιμοποίησε την τεχνολογία ΕΠ για να παρουσιάσει τα παιχνίδια που συμπεριλαμβάνονται στους καταλόγους με τρισδιάστατη μορφή, κίνηση και ήχο, ώστε να δελεάσουν τους πελάτες για να τα αγοράσουν (Εικόνα 13).



Εικόνα 13. Εφαρμογή Lego Digital Box and Catalogue (Lego, 2023)

Άλλη μία εφαρμογή ΕΠ που στοχεύει στη διαφήμιση και την προώθηση των προϊόντων είναι η Virtual Fitting Rooms (VFTs). Μέσω αυτής της εφαρμογής οι χρήστες μπορούν να δουν και να δοκιμάσουν τα προϊόντα που επιθυμούν (τυπικά, είδη ένδυσης), χωρίς να χρειάζεται να επισκεφθούν σε κάποιο φυσικό κατάστημα. Αυτή η ιδέα μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και σε κάποιο πολυκατάστημα, ώστε να προσελκύσει τους πελάτες με έναν εύκολο και διασκεδαστικό τρόπο, στοχεύοντας στη διαφήμιση και την αύξηση των πωλήσεων (Εικόνα 14).

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση



Εικόνα 14. Εφαρμογή AR για online shopping (3DLook, 2020)

### 2.3.5 Αρχιτεκτονική και διακόσμηση

Η ΕΠ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αρχιτεκτονική μελέτη, τη διακόσμηση και τη σχεδίαση αντικειμένων σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους. Μπορεί να γίνει συνδυασμός του πραγματικού κόσμου με έναν χώρο ή αντικείμενο προς μελέτη, ώστε ο χώρος αυτός να αξιολογηθεί από αισθητική και εργονομική πλευρά (Höhl & Broschart, 2015). Στον κλάδο αυτό υπάρχουν πολλές τέτοιες εφαρμογές. Μία από αυτές είναι η Campus Navigation, όπου με τη χρήση αυτής της τεχνολογίας, μπορεί να γίνει περιήγηση στο χώρο ενός πανεπιστημίου. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι στο πανεπιστήμιο του Καϊζερσλάουτερν στη Γερμανία (Εικόνα 15).



Εικόνα 15. Εφαρμογή Campus Navigation (Höhl & Broschart, 2015)

Αντίστοιχο παράδειγμα είναι η εφαρμογή IGA 2017 Berlin (Höhl & Broschart, 2015)(Εικόνα 16) όπου με τη χρήση της ΕΠ και με βάση τον γεωγραφικό εντοπισμό τοποθετούνται πληροφορίες, όπως μελλοντικά κτίρια σε κάποιο σημείο.



## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση



Εικόνα 16. Εφαρμογή IGA 2017 Berlin Navigation (Höhl & Broschart, 2015)

### 2.3.6 Στρατιωτικές εφαρμογές και δημόσια ασφάλεια

Η ΕΠ μπορεί να αξιοποιηθεί στην εκπαίδευση των στρατιωτών για τη δημιουργία σεναρίων μάχης καθώς και εύρεσης και εξουδετέρωσης του εχθρού, αφού προσομοιώνει την πραγματικότητα με ρεαλιστικές συνθήκες μάχης. Πολλές βιομηχανίες προσπαθούν να εντάξουν την τεχνολογία αυτή σε οπτικά συστήματα, καθώς επίσης και να προσθέσουν τις οθόνες HMD (Head Mounted Displays) στα κράνη τους, ώστε να διευκολύνουν την πλοήγησή τους στο πεδίο της μάχης (Morozov, *Augmented Reality in Military: AR Can Enhance Warfare and Training*, 2017). Κάποιες εφαρμογές αυτής της κατηγορίας παρουσιάζονται συνοπτικά στη συνέχεια.

Η εφαρμογή HUD 3.0 (Εικόνα 17), περιλαμβάνει ένα κράνος το οποίο ενσωματώνει μία οθόνη στην οποία προβάλλονται λειτουργικότητες πλοήγησης, εικονικής εκπαίδευσης κ.ά., ώστε να είναι πιο αποτελεσματική η εκπαίδευση των στρατιωτών.



Εικόνα 17. Εφαρμογή HUD 3.0 (Morozov, *Augmented Reality in Military: AR Can Enhance Warfare and Training*, 2017)

Μια άλλη εφαρμογή που χρησιμοποιείται για την εκπαίδευση των στρατιωτών με πιο εμπιστικό τρόπο σε στρατιωτικές δυνάμεις ξηράς, θάλασσας και αέρα είναι η εφαρμογή Synthetic Training Environment (STE) (Εικόνα 18). Η STE αποτελεί μία από τις σημαντικότερες τεχνολογικές καινοτομίες του στρατού των Η.Π.Α.

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

(Bielling, 2019). Αντικαθιστά έναν συνδυασμό από παρωχημένους προσομοιωτές κατάρτισης που σταδιακά αποσύρονται. Είναι ένα σύστημα ΕΠ που χρησιμοποιεί τον πραγματικό εξοπλισμό των στρατιωτών και συγχωνεύει τα ζωντανά και εικονικά περιβάλλοντα εκπαίδευσης σε μια ενιαία πλατφόρμα με πολλαπλά συστήματα, παρέχοντας μία πληθώρα από διαφορετικά σενάρια, χωρίς να συνδέεται με μια συγκεκριμένη τοποθεσία.



Εικόνα 18. Χρήση της Τεχνολογίας STE – TIF Technology Integration Facility (Ενοποίηση Τεχνολογικών Παροχών) (Rozman, The Synthetic Training Environment, 2020)

Η προσομοιωμένη διαδικασία εκπαίδευσης των στρατιωτών ακολουθεί την εξής πορεία: ο εικονικός εχθρός έχει προετοιμασμένες ενέργειες και απαντήσεις. Οι αντίπαλοι του πραγματικού κόσμου είναι απρόβλεπτοι. Οι προσομοιωμένοι αντίπαλοι τεχνητής νοημοσύνης (AI) μπορούν να μάθουν, να προσαρμόσουν και να παρουσιάσουν μοναδικές προκλήσεις και σενάρια με κλιμακούμενη δυσκολία. Έτσι, οι στρατιώτες θα αναγκαστούν να προσαρμοστούν σε πραγματικό χρόνο και να μάθουν πώς να αναδειχθούν νικητές σε προγραμματισμένα σενάρια. Το STE προσομοιώνει με ακρίβεια τα σημεία εντοπισμού, τους στόχους και τα αποτελέσματα και μπορεί να εντοπίσει τα σημεία όπου κρίνεται πως απαιτείται βελτίωση, δίνοντας πρόσβαση στους στρατιώτες με ρεαλιστική εικονική κατάρτιση (Gen & Gervais, 2018). Η Τεχνητή νοημοσύνη (AI) ενσωματώνεται στην αρχιτεκτονική αυτή, ταξινομείται και παρουσιάζει δεδομένα - συμπεριλαμβανομένου του πεδίου της μάχης, του χρονοδιαγράμματος, της ακρίβειας, των απωλειών και της βιομετρίας - όπως για παράδειγμα, μια εφαρμογή χαρτογράφησης σε ένα κινητό. Αξιοποιεί τη μηχανική μάθηση, χρησιμοποιώντας μια προγνωστική ανάλυση των δεδομένων που συλλέγει (Rozman, THE SYNTHETIC TRAINING ENVIRONMENT, 2018). Οι εγκαταστάσεις του STE χρησιμοποιούν το cloud computing για να αποθηκεύουν τα δεδομένα τους, καθιστώντας τα έτσι διαθέσιμα χωρίς χωρικούς και χρονικούς περιορισμούς, ενώ καθίστανται έτσι διαθέσιμα στο σύνολο των επιχειρησιακών και τακτικών δικτύων του στρατού.

Το STE απέδειξε την επιχειρησιακή χρησιμότητά του σε ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα που υλοποιήθηκε το 2020, το πρώτο σε μια σειρά ασκήσεων για την προετοιμασία του στρατού για να λειτουργήσει με κοινές και συνεργατικές ενέργειες σε ένα πεδίο μάχης με πολλαπλά μέτωπα. Σε επόμενο εκπαιδευτικό πρόγραμμα που υλοποιήθηκε το 2021, το STE αποτέλεσε μέρος των "Threads Mission", συμπεριλαμβανομένης της σύνδεσης με τις πλατφόρμες C2 και της αξιοποίησης δεδομένων ISR (Intelligence, surveillance and reconnaissance) για την παροχή στρατιωτών και διοικητών με τρισδιάστατες παραστάσεις εδάφους σε πραγματικό χρόνο.

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

Το STEθα ενσωματωθεί στην επόμενη γενιά οπτικών και όπλων, επιτρέποντας στους στρατιώτες να εκπαιδευτούν, να προετοιμαστούν και να πολεμήσουν με τον ίδιο εξοπλισμό. Οι στρατιώτες κάνουν ελιγμούς σε πλήρη ταχύτητα, σε δύσκολο έδαφος, ενώ χρησιμοποιούν εικονικά είδωλα και την έλλειψη πλήρους διευθέτησης των μονάδων και του ελέγχου για να αναπαράγουν την πολυπλοκότητα του πραγματικού κόσμου (Rozman, THE SYNTHETIC TRAINING ENVIRONMENT, 2018). Οι αισθητήρες Google θα διαθέτουν Ολοκληρωμένο Σύστημα Οπτικής Επαύξεσης – Integrated Visual Augmentation System (IVAS), με οθόνη heads-up που χρησιμοποιούνται στην επαυξημένη πραγματικότητα για τον εντοπισμό δυνητικών στόχων, την εύρεση των φίλιων δυνάμεων και την ενεργοποίηση των προηγμένων χαρακτηριστικών. Το IVAS μπορεί να συνδεθεί με τα αεροσκάφη και να παρέχει απομακρυσμένη προβολή των όπλων από διάφορους σκοπευτές, συμπεριλαμβανομένων των καμερών θερμικής και νυχτερινής όρασης, συμβάλλοντας στη διατήρηση του κινδύνου σε χαμηλά επίπεδα και επιταχύνοντας τον εντοπισμό των στόχων.

### 2.3.7 Εκπαίδευση

Η ΕΠ χρησιμοποιείται και στον τομέα της εκπαίδευσης, τομέα που αποτελεί και το βασικό αντικείμενο μελέτης της παρούσας εργασίας. Εκτενής ανάλυση της χρήσης της ΕΠ στην εκπαίδευση και των παραμέτρων της χρήσης αυτής παρατίθεται στο Κεφάλαιο 3.

## 2.4 Συνιστώσες εφαρμογών ΕΠ και διαθέσιμες τεχνολογίες

Σύμφωνα με τους (Ntaoulas, Goudela, & Zois, 2020) και (Μουστάκας, Παλιόκας, Τσακίρης, & Τζοβάρας, 2015), η ανάπτυξη συστημάτων ΕΠ περιλαμβάνει τρεις κύριες διαστάσεις:

### 2.4.1 Παρακολούθηση και καταγραφή (Tracking and registration)

Η τεχνολογία παρακολούθησης και καταγραφής, στοχεύει στον (κατά το δυνατόν) ακριβή εντοπισμό της θέσης του χρήστη αλλά και των αντικειμένων που υπάρχουν εντός του περιβάλλοντος με το οποίο αλληλεπιδρά, καθώς και στην καταγραφή και τον ακριβή γεωγραφικό προσδιορισμό των πληροφοριών που δημιουργούνται από το σύστημα ΕΠ. Έτσι, σύμφωνα με τους (Ntaoulas, Goudela, & Zois, 2020) για να είναι πιο ρεαλιστικές οι εφαρμογές ΕΠ, θα πρέπει ο εντοπισμός του παρατηρητή και η ανίχνευση των θέσεων τόσο των πραγματικών όσο και των εικονικών αντικειμένων εντός του περιβάλλοντος, να είναι συνεχής, ακριβής, ταχεία και εύρωστη.

### 2.4.2 Τεχνολογίες αναπαράστασης (Display Technologies)

Στις τεχνολογίες αναπαράστασης (γνωστές και ως συστήματα απεικόνισης), συγκαταλέγονται όλα τα συστήματα που χρησιμοποιούνται για τον συνδυασμό του εικονικού με τον πραγματικό κόσμο, που είναι οι οπτικές, ηχητικές και απτικές συσκευές απεικόνισης (Shin, Kim, & Jo, 2019).

Μερικοί από τους ευρέως χρησιμοποιούμενους τρόπους αναπαράστασης σε συστήματα επαυξημένης πραγματικότητας καταγράφονται στη συνέχεια.

- Η αναπαράσταση μέσω «διαφανούς» βίντεο – *Video See-Through* (Εικόνα 19), όπου η εικονική πραγματικότητα αντικαθίσταται από μια καταγραφή της πραγματικότητας με κάμερα, στην οποία καταγραφή τοποθετούνται ψηφιακές εικόνες. Οι εικόνες αυτές αποκόπτονται από το περιβάλλον και η συνδυασμένη εικόνα παρουσιάζεται σε μια οθόνη που είναι εφαρμοσμένη στο κεφάλι του χρήστη (Shin, Kim, & Jo, 2019).

Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση



Εικόνα 19. Αναπαράσταση με video See-Though (Shin, Kim, & Jo, 2019)

- Αναπαράσταση οπτικής διαφάνειας – Optical See-Through, όπου η ΕΠ παρουσιάζεται σε πραγματικό περιβάλλον με χρήση ειδικών διάφανων οθονών, φακών, καθρεπτών κ.ά., στις οποίες προβάλλονται οι πρόσθετες πληροφορίες, ενώ από τα διαφανή τμήματα ο χρήστης βλέπει το πραγματικό περιβάλλον.
- Προβολή στο χώρο – Spatial Projection (Εικόνα 20), όπου η τεχνολογία της επαύξεσης προβάλλει στοιχεία/πληροφορίες πάνω σε πραγματικά αντικείμενα στο χώρο.

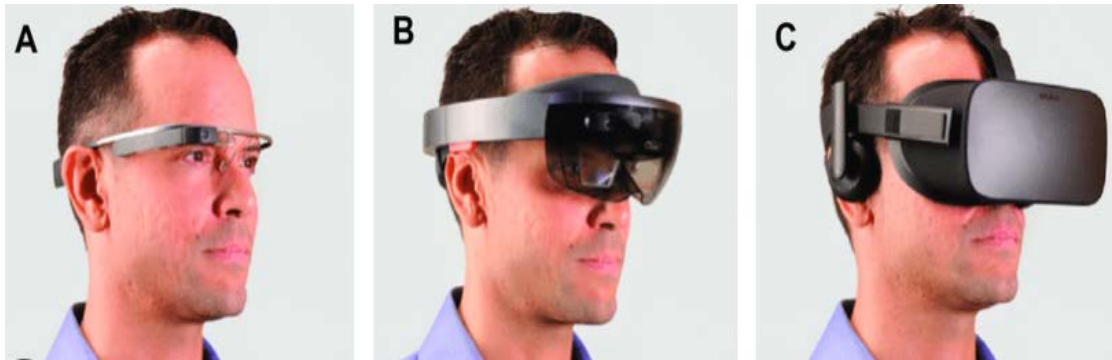


Εικόνα 20. Προβολή στο χώρο (Mobile app daily, 2024)



## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

- *Απεικόνιση στον αμφιβληστροειδή – Virtual Retinal Displays (Εικόνα 21), όπου σχηματίζονται εικόνες κατευθείαν πάνω το μάτι του χρήστη.*



Εικόνα 21. Απεικόνιση στον αμφιβληστροειδή (Sahin, Keshav, Salisbury, & Vahabzadeh, 2018)

Για την υλοποίηση των γενικών μεθόδων που περιγράφηκαν πιο πάνω, οι σχετικές συσκευές εξόδου που χρησιμοποιούνται περιλαμβάνουν τις ακόλουθες:

- *Φορετές οθόνες κεφαλής (Head Mounted Displays - HDM):* πρόκειται για συσκευές που εφαρμόζονται στο κεφάλι του χρήστη σαν κράνος και διαθέτουν οθόνες που τοποθετούνται μπροστά στα μάτια του. Αυτές μπορεί να είναι οπτικές συσκευές και συσκευές βίντεο.
- *Οθόνες που κρατούνται στο χέρι (Handheld Displays):* πρόκειται για συσκευές τις οποίες ο χρήστης μπορεί να κρατήσει στο χέρι του και οι οποίες διαθέτουν οθόνη και κάμερα. Μέσω της κάμερας αυτής, προβάλλεται ο πραγματικός κόσμος στην οθόνη, ενώ στην οθόνη υπερτίθενται και τα εικονικά αντικείμενα που επαυξάνουν την πραγματικότητα.
- *Φακοί επαφής ΕΠ:* αρχικά σχεδιάστηκαν για ανθρώπους με προβλήματα όρασης, αλλά αργότερα διατέθηκαν και πιο μαζικά στο ευρύ κοινό, παρέχοντας εικόνες και πληροφορίες για το περιβάλλον γύρω από τον χρήστη, σε πραγματικό χρόνο.
- *Προβολικές συσκευές (Projection Devices):* πρόκειται για συσκευές που προβάλλουν απ' ευθείας τα εικονικά αντικείμενα πάνω στα πραγματικά (Μουστάκας, Παλιόκας, Τσακίρης, & Τζοβάρας, 2015).

### 2.4.3 Απόδοση σε πραγματικό χρόνο (Real time rendering)

Για να θεωρηθεί επιτυχημένο και αξιόπιστο ένα σύστημα ΕΠ πρέπει να μπορεί να αποδώσει σε πραγματικό χρόνο. Αυτό σημαίνει ότι το σύστημα θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να συνθέσει με μεγάλη ταχύτητα την ακριβή αναπαράσταση μιας πραγματικής εικόνας, με την παραγόμενη εικόνα και τα εικονικά αντικείμενα που δημιουργούνται από τον υπολογιστή. Στο παρελθόν, όταν εφαρμοζόταν η απόδοση μέσω χρήσης βίντεο, παρατηρούνταν αυξημένες καθυστερήσεις αναφορικά με την τον κύκλο σύλληψης της πραγματικότητας – επεξεργασίας/υπέρθωσης αντικειμένων – παρουσίασης του (μερικώς) συνθετικού περιβάλλοντος στον χρήστη. Μολαταύτα, τα τεχνολογικά επιτεύγματα των τελευταίων δεκαετιών έχουν επιτρέψει τη χρήση πιο αποτελεσματικών διαδικασιών με αποτέλεσμα την άμβλυνση των ανωτέρω ζητημάτων (Ntaoulas, Goudela, & Zois, 2020).

## 2.5 Εργαλεία - Πλατφόρμες ανάπτυξης εφαρμογών ΕΠ

Υπάρχουν πολλαπλά εργαλεία και πλατφόρμες ανάπτυξης εφαρμογών ΕΠ με διαφορετικούς βαθμούς εξέλιξης και λειτουργικότητας αλλά και διαφορετικές εστιασείς. Ως εργαλεία ανάπτυξης εφαρμογών ΕΠ, οι

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

(Thornton, Ernst, & Clark, 2012) προτείνουν τη χρήση του λογισμικού hyperspaces (<http://hyperspaces.inglobetechnologies.com>) [παλαιότερα το λογισμικό αυτό ονομαζόταν AR Sights] και τη συνδυαστική χρήση του με λογισμικό τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Επιπρόσθετα, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει χρηματοδοτήσει έργα τα οποία κατασκεύασαν και διαθέτουν πλατφόρμες οι οποίες επιτρέπουν την ανάπτυξη εφαρμογών ΕΠ. Παραδείγματα τέτοιων πλατφορμών είναι το LARGE (Learning Augmented Reality Global Environment - <http://platform.largeproject.eu>)<sup>1</sup> καθώς και το ARAVET (<http://www.aravet-project.eu>) το οποίο υποστηρίζει την ανάπτυξη εφαρμογών σε τρεις τομείς: ηλεκτρονικά, πληροφορική και υφαντουργία. Στο ερευνητικό έργο ARAVET υφίσταται και συμμετοχή από την Ελλάδα, με αντικείμενο την εκπαίδευση στις λογικές πύλες.

Για αρκετά από τα εργαλεία και τις πλατφόρμες, δεν χρειάζονται ειδικές γνώσεις και είναι εύκολα στη χρήση τους. Ο Πίνακας 1 καταγράφει περιγραφές και χαρακτηριστικά των διαθέσιμων εργαλείων, παραθέτοντας για κάθε εργαλείο και τις πλατφόρμες που υποστηρίζονται από αυτό.

Εργαλείο	Περιγραφή	Πλατφόρμες στις οποίες μπορεί να χρησιμοποιηθεί
Vuforia ( <a href="https://developer.vuforia.com/">https://developer.vuforia.com/</a> )	Είναι μια από τις πιο γνωστές πλατφόρμες ανάπτυξης εφαρμογών ΕΠ. Για δείκτες χρησιμοποιεί εικόνες, αντικείμενα και VuMarks (που είναι συνδυασμός εικόνων με QRCode), καθώς επίσης και αναγνώριση εικόνων σε cloud. Επιτρέπει την τοποθέτηση συνθετικών αντικειμένων σε σχέση με τα αντικείμενα του πραγματικού κόσμου και την προβολή τους διά μέσω κάμερας. Τέλος, επιτρέπει την φυσική διάδραση με εικονικά κουμπιά.	-Unity -Smart Glasses -Android -Ios -Universal Windows Platform (UWP)
AR Toolkit ( <a href="http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/">http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/</a> )	Αναγνωρίζει εικόνες φυσικές ή μη φυσικές με ασπρόμαυρα μοτίβα και είναι λογισμικό ανοιχτού κώδικα.	-Android -Ios -Linux -Smart Glasses -MacOS -Windows

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

Εργαλείο	Περιγραφή	Πλατφόρμες στις οποίες μπορεί να χρησιμοποιηθεί
Wikitude ( <a href="https://wikitude.com/">https://wikitude.com/</a> )	Είναι ένα διαδεδομένο εργαλείο/περιβάλλον επαυξημένης πραγματικότητας. Σαρώνει τον περιβάλλοντα χώρο μέσω της κάμερας και των λοιπών αισθητήρων που διαθέτει η συσκευή, υλοποιώντας έτσι την ΕΠ. Οι πληροφορίες εντοπισμού παρουσιάζονται υπερτεθημένες επί του φυσικού αντικείμενου. Έχει τη δυνατότητα να αναγνωρίσει εικόνων-δεικτών, και να αποστείλει εικόνες και τρισδιάστατα αντικείμενα στο υπολογιστικό νέφος προκειμένου να εκτελεστεί εκεί η αναγνώριση. Παρέχεται τόσο ως ξεχωριστή εφαρμογή, όσο και ως πρόσθετο (plugin) για εφαρμογές πλοήγησης.	-Android -Unity -Smart Glasses -Ios -Xamarin -Cordova -Flutter
Blipp AR ( <a href="https://blippar.com/">https://blippar.com/</a> )	Επιτρέπει στον χρήστη να δει τα απλά αντικείμενα εμπλουτισμένα με μουσική, κειμενικές πληροφορίες, παιγνιώδη αλληλεπίδραση και ψηφιακά γραφικά με χρήση της κάμερας που διαθέτει η συσκευή πρόσβασης του χρήστη. Δημιουργήθηκε για εταιρεία που ασχολείται με το marketing και τη μηχανική όραση.	-Android -Ios
Google AR Core ( <a href="https://developers.google.com/ar/">https://developers.google.com/ar/</a> )	Επιτρέπει στον χρήστη να κινείται εντός του εικονικού περιβάλλοντος και να αλληλεπιδρά με αυτό, αποδίδοντας το σε τρισδιάστατη απεικόνιση. Έχει επιμελημένη ενσωμάτωση εικονικών αντικειμένων, ρυθμίζοντας κατάλληλα τον φωτισμό τους.	-Android -Ios -Unity -Open GL -Unreal Engine
Apple AR Kit ( <a href="https://developer.apple.com/augmented-reality/">https://developer.apple.com/augmented-reality/</a> )	Παρέχει τη δυνατότητα να ανιχνεύονται οριζόντιες επιφάνειες, καθώς και να τοποθετούνται ψηφιακά αντικείμενα σε μικρά σημεία. Επίσης, μπορεί να παρακολουθεί αντικείμενα και πρόσωπα. Είναι δημιούργημα της Apple και χρησιμοποιείται στα περιβάλλοντα iPhone και iPad.	-Ios -Unity -Unreal Engine
Blipp AR ( <a href="https://www.blippar.com/">https://www.blippar.com/</a> )	Υποστηρίζει τη δημιουργία εμπειριών επαυξημένης πραγματικότητας για το διαδίκτυο με μία φιλική προς τον χρήστη πλατφόρμα η οποία δεν απαιτεί τη συγγραφή κώδικα. Οι εμπειρίες μπορούν να προβληθούν σε οποιαδήποτε συσκευή, συμπεριλαμβάνοντας κινητές συσκευές αλλά και φορετά κράνη ΕΠ, και μπορούν να ενσωματώνουν ισχυρά χαρακτηριστικά όπως ο εντοπισμός επιφανειών, δεικτών ΕΠ και προσώπων.	-Android -Ios

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

Εργαλείο	Περιγραφή	Πλατφόρμες στις οποίες μπορεί να χρησιμοποιηθεί
Kudan ( <a href="https://www.kudan.io/">https://www.kudan.io/</a> )	Μπορεί να παρέχει δισδιάστατη και τρισδιάστατη αναγνώριση ταυτόχρονα στην ίδια εφαρμογή. Μπορεί να παρέχει λειτουργία με δείκτες και χωρίς δείκτες. Χρησιμοποιεί αλγορίθμους τεχνητής νοημοσύνης για ταυτόχρονο εντοπισμό και χαρτογράφηση.	-Android -IOS -Unity
MaxST ( <a href="http://maxst.com/#/">http://maxst.com/#/</a> )	Παρέχει δύο διαφορετικά εργαλεία για την ανίχνευση εικόνων και αντικειμένων. Επιτρέπει ανίχνευση QR Code /Barcode και διαθέτει πολλά οπτικά εφέ.	-Android -ios -Unity -Windows MacOS
Easy AR ( <a href="https://easyar.com/">https://easyar.com/</a> )	Προσφέρει ανίχνευση 3D αντικειμένων (simultaneous localization and mapping – SLAM), καταγραφή οθόνης και επιτρέπει την αναγνώριση εικόνων τοπικά αλλά και σε cloud.	-Android -ios -Smart Glasses -Unity -UWP
ARmedia ( <a href="https://www.inglobetechnologies.com/">https://www.inglobetechnologies.com/</a> )	Επιτρέπει αναγνώριση τρισδιάστατων αντικειμένων, δισδιάστατων εικόνων, ανίχνευση κίνησης και γεωεντοπισμό.	-Android -Unity -ios -Windows

Πίνακας 1. Διαθέσιμες πλατφόρμες ανάπτυξης εφαρμογών ΕΠ

### 3 Επαυξημένη Πραγματικότητα στην Εκπαίδευση

Η χρήση της ΕΠ στην εκπαίδευση, έχει μελετηθεί εκτενώς κατά τις τελευταίες δεκαετίες και ήδη η βιβλιογραφία περιλαμβάνει πολυάριθμα σχετικά άρθρα. Οι καινοτόμες εφαρμογές ΕΠ δημιουργούν νέες προοπτικές για την περιοχή της εκπαίδευσης, και το γεγονός αυτό είναι πλέον αποδεκτό από τη διεθνή εκπαιδευτική κοινότητα (Bacca-Acosta, Baldiris, Fabregat, & Graf, 2014). Σύμφωνα με τους (Παπαδάκης & Χατζηπερής, 2001), η ενσωμάτωση των ΤΠΕ στη διαδικασία της εκπαίδευσης διευκολύνει και υποστηρίζει την επικοινωνία, τη διοίκηση και τη διοικητική διαχείριση, καθώς και τη διαχείριση πληροφοριών, τη μελέτη του εκπαιδευομένου, την προετοιμασία του εκπαιδευτικού και την προσέγγιση στη μάθηση και γνώση.

Η έννοια ΤΠΕ – Τεχνολογία Πληροφοριών και Επικοινωνιών (ICT – Information and Communications Technology) συμπεριλαμβάνει τις ψηφιακές εκείνες τεχνολογίες, τόσο σε επίπεδο υλικού όσο και σε επίπεδο λογισμικού, οι οποίες υποστηρίζουν την δημιουργία, τη διαχείριση και τη μετάδοση της ψηφιακής πληροφορίας. Η εφαρμογή των ΤΠΕ στον τομέα της εκπαίδευσης έχει ως στόχο την αποδοτικότερη, αποτελεσματικότερη και ευχερέστερη μετάδοση και αφομοίωση της γνώσης (Δημητριάδης Σ. , 2015).

#### 3.1 Τύποι εφαρμογών ΕΠ σε Εκπαιδευτικά Περιβάλλοντα

Στην ενότητα αυτή περιγράφονται οι τύποι των εφαρμογών ΕΠ σύμφωνα με τους (Yuen, Yaouneyong, & Johnson, 2011).

##### 3.1.1 Μάθηση με βάση την ανακάλυψη (Discovery-Based Learning -DBL)

Οι εφαρμογές που βασίζονται στη μάθηση με βάση την ανακάλυψη, παρέχουν στους χρήστες επιπρόσθετες πληροφορίες αναφορικά με μία πραγματική τοποθεσία, ενώ λαμβάνουν υπόψη τους το αντικείμενο ενδιαφέροντος. Τέτοιες εφαρμογές ΕΠ χρησιμοποιούνται συνήθως σε μουσεία, στην εκπαίδευση στην αστρονομία και στους ιστορικούς χώρους, καθώς σε αυτά τα συμφραζόμενα υπάρχει ευρύτερο περιθώριο για δημιουργία ενθουσιασμού. Στις εφαρμογές αυτές, χρησιμοποιούνται διαφορετικές τεχνικές, όπως η αναγνώριση του προσώπου για την εμφάνιση πληροφοριών οι οποίες έχουν προ-εγκριθεί και προ-διαμορφωθεί σχετικά το εν λόγω άτομο ή η αναγνώριση αντικειμένων για την παρουσίαση πληροφοριών σχετικά με τα στοιχεία του πραγματικού κόσμου, για παράδειγμα για τις τιμές των προϊόντων στην αγορά.

##### 3.1.2 Μοντέλα αντικειμένων (Object-Modeling - OM)

Αυτές οι εφαρμογές ΕΠ χρησιμοποιούν τα μοντέλα αντικειμένων για να επιτρέψουν στους εκπαιδευόμενους να απεικονίσουν τον τρόπο με τον οποίο ένα δεδομένο αντικείμενο θα φανεί από διαφορετικές προοπτικές. Επιπρόσθετα, αυτές οι εφαρμογές, παρέχουν στους εκπαιδευόμενους τη δυνατότητα να εξερευνήσουν τις φυσικές ιδιότητες των αντικειμένων και να εκτελέσουν αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους. Επί παραδείγματι, όταν ο χρήστης καταγράφει με την κάμερα της συσκευής του ένα απλό σκίτσο που έχει σκιτσαριστεί σε χαρτί, μπορεί να κατασκευαστεί ένα μοντέλο 3D. Εν συνεχεία, το στο μοντέλο μπορεί να εφαρμοστεί περιστροφή, αλλαγή χρώματος, εφαρμογή στυλ ή διαφάνειας, προκειμένου για να παρουσιάσει στον εκπαιδευόμενο μια σειρά απόψεις και να διερευνήσει τις ιδέες του σε μεγαλύτερο βάθος. Επιπλέον, μπορούν δομικά στοιχεία να συνδυαστούν σε μία αρχιτεκτονική κατασκευή η οποία υπακούει στους νόμους της φυσικής. Εφαρμογές αυτού του είδους έχουν ευρεία χρήση σε κλάδους όπως η εκπαίδευση αρχιτεκτόνων και η ανατομία.

##### 3.1.3 Βιβλία AR

Τα βιβλία AR, είναι βιβλία που προσφέρουν 3D εικονικές παρουσιάσεις και μια διαδραστική εμπειρία για τους μαθητές, γεφυρώνοντας το χάσμα μεταξύ της ψηφιακής και της φυσικής εκπαίδευσης (Yuen,

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

Yaouneyong, & Johnson, 2011). Τα βιβλία αυτά συμπληρώνονται με ειδικές συσκευές, όπως ειδικά γυαλιά που χρησιμοποιούνται από τους χρήστες για να μπορούν εκείνοι να δουν 3D χαρακτήρες όπου φαίνεται να ξεπηδούν από κάθε σελίδα του βιβλίου.

### 3.1.4 Μάθηση βάσει παιχνιδιών (Game-Based Learning - GBL)

Οι (Diegmann, Schmidt-Kraepelin, Eynden, & Basten, 2015) υποστηρίζουν ότι τα βιντεοπαιχνίδια έχουν γίνει ισχυρά εργαλεία στο εκπαιδευτικό περιβάλλον τα τελευταία χρόνια. Για τον λόγο αυτό, οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν συχνά παιχνίδια για να παρουσιάσουν με απλοποιημένο τρόπο πολύπλοκες έννοιες, έτσι ώστε αυτές να γίνουν κατανοητές από τους μαθητές. Με την τεχνολογία αυτή, οι πληροφορίες που ενισχύονται με παιχνίδια θα μπορούσαν να παρέχουν νέους και ισχυρούς τρόπους μάθησης στον πραγματικό κόσμο.

Σύμφωνα με τους (Yuen, Yaouneyong, & Johnson, 2011) υπάρχουν πολλοί τρόποι που εκπροσωπείται η τεχνολογία ΕΠ, για παράδειγμα:

- Χρησιμοποιώντας την τεχνολογία δείκτη (markers), όπου εμφανίζεται μια επίπεδη πλακέτα παιχνιδιού ή ένας χάρτης σε σχήμα 3D. Αυτά τα είδη παιχνιδιών AR χρησιμοποιούνται συνήθως σε κλάδους όπως η αρχαιολογία, η ιστορία, η ανθρωπολογία και η γεωγραφία.
- Ένας άλλος τύπος παιχνιδιού AR επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν εικονικά αντικείμενα ή άτομα και στη συνέχεια να τα εφαρμόζουν σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία στον πραγματικό κόσμο.

### 3.1.5 Κατάρτιση ανάπτυξης δεξιοτήτων

Πρόκειται για μια περιοχή όπου οι εφαρμογές AR έχουν ισχυρές δυνατότητες λόγω του εικονικού πλαισίου που παρέχουν. Χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση ατόμων σε συγκεκριμένα καθήκοντα, όπως η συντήρηση στρατιωτικού μηχανολογικού υλικού ή η συντήρηση του αεροπλάνου. Για παράδειγμα, στη συντήρηση του αεροπλάνου, εμφανίζουν κάθε βήμα σε μια επισκευή, εντοπίζουν τα απαραίτητα εργαλεία και εμφανίζουν το κείμενο των οδηγιών.

## 3.2 Επαυξημένη Πραγματικότητα για την Εκπαίδευση

Σύμφωνα με τον (Marín, 2017), η επαυξημένη πραγματικότητα ενσωματώνεται σταδιακά στο χώρο της εκπαίδευσης ως αναδυόμενη τεχνολογία και εμπλουτίζει τη μάθηση, παρέχοντας εξερεύνηση και εμπλουτισμένη εμπειρία σε όλους. Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες για την ευρεία χρήση της τεχνολογίας αυτής, είναι ότι δεν απαιτείται πλέον δαπανηρό υλικό και προηγμένα μηχανήματα, όπως οθόνες που τοποθετούνται επί της κεφαλής (HMDs) (Akçayir & Akçayir, 2017). Παρακάτω αναλύονται περιπτώσεις χρήσης της τεχνολογίας αυτής στην εκπαίδευση.

### 3.2.1 Επαυξημένη πραγματικότητα για την εκπαίδευση των ΤΠΕ

Σύμφωνα με τη μελέτη (Wang, 2017) στον τομέα της εκπαίδευσης των ΤΠΕ διαπιστώθηκε ότι προκειμένου η χρήση της ΕΠ να αποφέρει μια κατάλληλη κατάσταση μάθησης, θα πρέπει οι δημιουργοί των εφαρμογών να εξετάσουν προσεκτικά την εκπαιδευτική διαδικασία, το μέγεθος των δεδομένων που εμφανίζεται στο οθόνη του κινητού τηλεφώνου, τα μηχανήματα που είναι διαθέσιμα στο σχολείο για τη διδασκαλία και τη ρύθμιση εγκαταστάσεων.

### 3.2.2 Διαδραστικά βιβλία (AR Books) για πρώιμες τάξεις και ανώτερες τάξεις

Τα βιβλία ΕΠ είναι η πιο ευρέως υιοθετημένη παιδαγωγική μάθησης στον τομέα της μάθησης ΕΠ. Αυτή η έννοια περιλαμβάνει τη μετατροπή των παραδοσιακών βιβλίων σε διαδραστικά βιβλία με την επικάλυψη



## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

3D περιεχομένου. Οι (Nguyen & Bednarz, 2020) ανέφεραν ότι η χρήση της ΕΠ, ανεξάρτητα από το βαθμό ή το θέμα της, επιτρέπει στους μαθητές να ασχολούνται ενεργά με τη διαδικασία της μάθησης.

Ομοίως, τα ευρήματα της μελέτης των (Iqbal, Campbell, & Mangina, 2022) σχετικά με τη χρήση της ΕΠ για τη διδασκαλία των βασικών εννοιών, καταγράφουν ότι τα πειράματα που έγιναν με αξιοποίηση του Toys++, ενός μαγικού playbook AR για την ψηφιοποίηση της παραδοσιακής αφήγησης, ανέδειξαν τον ρόλο της ΕΠ ως συναρπαστικό παράγοντα στη διαδικασία της μάθησης.

Για το γυμνάσιο, οι (Liagokaris & Anderson, 2010) ανέπτυξαν την επαυξημένη πραγματικότητα με διεπαφή πολυμέσων για την ηλεκτρονική μάθηση (MARIE-Multimedia Augmented Reality Interface for E-learning), για να αξιοποιήσουν την ΕΠ σε συνδυασμό με την πληροφορία εικονικού πολυμεσικού περιεχομένου (Virtual Multimedia Content - VMC), επιτρέποντας στον χρήστη να αλληλεπιδρά με την εικονική πολυμεσική πληροφορία, που αποτελείται από τρισδιάστατα αντικείμενα και κινούμενα σχέδια. Για να μετατραπούν τα παραδοσιακά βιβλία σε διαδραστικά βιβλία (AR) και Mibook (Multimedia Interactive Book), αντικατοπτρίζει την ανάπτυξη μιας νέας έννοιας της εικονικής ερμηνείας των συμβατικών εγχειριδίων και οπτικοακουστικό περιεχόμενο. Αυτή η ιδέα της εικονικής ερμηνείας, είχε ως αντίκτυπο στα μαθησιακά αποτελέσματα, προσθέτοντας την ισχυρή οπτική εντύπωση σε ένα κανονικό εγχειρίδιο (Iqbal, Campbell, & Mangina, 2022).

### 3.2.3 Εκπαίδευση STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics Education)

Η Εκπαίδευση σε αντικείμενα STEM (Επιστήμη, Τεχνολογία, Μηχανική και Μαθηματικά), είναι μία από τις πρώτες περιπτώσεις χρήσης της μάθησης ΕΠ στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, αφού επιτρέπει στους εκπαιδευτικούς να ενσωματώνουν τις νέες τεχνολογίες και τεχνικές στην τάξη. Η τεχνολογία αυτή, έχει γίνει ένας από τους πρωταρχικούς τομείς όπου υποστηρίζεται η μάθηση με ΕΠ. Μερικά παραδείγματα αυτής της εφαρμογής είναι για την εκμάθηση της χημείας, της βιολογίας, της αστρονομίας, κ.ά. (Iqbal, Campbell, & Mangina, 2022).

### 3.2.4 MOOC (Massive Open Online Courses)

Τα MOOC είναι μαζικά ανοιχτά online μαθήματα, τα οποία διευκολύνουν τη μάθηση έξω από τις αίθουσες διδασκαλίας. Η πρόσβαση στα MOOC είναι ανοιχτή μέσω web. Η χρήση της ΕΠ στο MOOC, έχει ληφθεί υπόψη για τη δημιουργία διαδραστικού και online περιεχομένου, το οποίο συνεισφέρει στην αύξηση του ενδιαφέροντος και της παραγωγικότητας των μαθητών και στη βελτίωση της απεικόνισης του περιεχομένου (Iqbal, Campbell, & Mangina, 2022).

### 3.2.5 Επαυξημένη πραγματικότητα για την Ειδική Αγωγή - Μάθηση SPED (Special Education)

Οι μαθητές με ειδικές ανάγκες αυξάνονται ουσιαστικά και δημογραφικά παγκοσμίως, αλλά η σχολική εκπαίδευση έχει αποτύχει να αντιμετωπίσει τις ιδιαίτερες απαιτήσεις για τη δημιουργία μιας συμπεριληπτικής εκπαιδευτικής εμπειρίας. Οι (Tesolin & Tsinakos, 2018), τονίζουν ότι η ΕΠ και τα ξεχωριστά χαρακτηριστικά της, προσφέρουν την ευκαιρία να αντιμετωπιστεί αυτή η κατάσταση. Μια έρευνα που διενεργήθηκε, διερεύνησε την αποτελεσματικότητα μιας νέας προσέγγιση για παιδιά με αναπηρίες, η οποία περιελάμβανε την ενσωμάτωση της εξελιγμένης τεχνολογίας ΕΠ σε εκπαιδευτικές πράξεις. Στο πλαίσιο αυτό, δημιουργήθηκε μια δωρεάν διαδραστική φορητή εφαρμογή ΕΠ για την υποστήριξη της διδασκαλίας του μαθήματος της γεωμετρίας. Είκοσι ένα παιδιά από το δημοτικό σχολείο πήραν μέρος στην έρευνα αυτή. Χρησιμοποιώντας τη συγκεκριμένη τεχνολογία, οι μαθητές έδειξαν ενδιαφέρον στην ολοκλήρωση των σχετικών πάζλ που τους ανατέθηκαν, σε αντίθεση με τα παραδοσιακά έντυπα εγχειρίδια και βοηθήματα. Το συμπέρασμα που προκύπτει από τη διαδικασία αυτή είναι ότι, με χρήση της εφαρμογής της επαυξημένης πραγματικότητας θα μπορούσαν να αυξηθούν τα κίνητρα μάθησης των παιδιών με ειδικές ανάγκες, καθώς και τα όρια ανοχής τους για την απογοήτευση (Lin, et al., 2016).

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

Μια άλλη εφαρμογή βασισμένη σε παιδιά με ειδικές ανάγκες που έχει δημιουργηθεί ονομάζεται "φανταχτερά φρούτα" ("Fancy Fruits"). Η εφαρμογή αυτή χρησιμοποιείται για να διδάξει σε παιδιά με αναπηρία τα συστατικά των λαχανικών και των φρούτων (Εικόνα 22). Η εφαρμογή περιέχει ΕΠ που βασίζεται σε δείκτες ΕΠ, οι οποίοι συνδέονται με εικονικά δεδομένα με βάση πραγματικά σενάρια. Η έρευνα διεξήχθη με έντεκα παιδιά τα οποία έπασχαν από ψυχολογικά ζητήματα και που παρακολούθησαν το μάθημα, και σκοπός της έρευνας ήταν να αξιολογηθεί η εφαρμογή αυτή. Τα ευρήματα έδειξαν ότι οι ερωτηθέντες έχουν υψηλό επίπεδο ευχαρίστησης κατά τη χρήση της συγκεκριμένης μεθόδου (Steinhaeusser, Riedmann, Haller, & Oberdörfer, 2019).



Εικόνα 22. Εφαρμογή ΕΠ «Φανταχτερά Φρούτα» για μάθηση SPED (Steinhaeusser, Riedmann, Haller, & Oberdörfer, 2019).

### 3.2.6 Επαυξημένη πραγματικότητα για την εκπαίδευση στην Αγγλική γλώσσα

Με τη χρήση της τεχνολογίας της ΕΠ στην εκπαίδευση στην Αγγλική γλώσσα, η μάθηση γίνεται πιο συναρπαστική, αφού χρησιμοποιεί κινούμενα σχέδια, ήχους, βίντεο και εικόνες για τις μαθησιακές δραστηριότητες όπως, ανάγνωση, γραφή, κατανόηση και εκφορά προφορικού λόγου, και ωθεί τους εκπαιδευόμενους να την παρακολουθήσουν (Solak & Cakir, 2015). Μια τέτοια εφαρμογή είναι η AR Flash Cards που χρησιμοποιείται για τη μάθηση του αγγλικού αλφάβητου και των ζώων. Επίσης, η Teach AR είναι μια άλλη εφαρμογή που χρησιμοποιείται για τη διδασκαλία των βασικών αγγλικών λέξεων όπως: χρώματα, σχήματα και προθέσεις, βασισμένη σε παιχνίδια (Iqbal, Mangina, & Campbell, 2022).

### 3.2.7 Επαυξημένη Πραγματικότητα στην συνεργατική εκπαίδευση

Η συνεργατική μάθηση προάγει και αξιοποιεί τις ευκαιρίες συνεργασίας ανάμεσα σε διδάσκοντες και διδασκόμενους. Μία περίπτωση κατά την οποία η τεχνολογία ΕΠ προσεγγίστηκε ως μέθοδος συνεργατικής προσέγγισης για τη μάθηση είναι αυτή της εφαρμογής AR Classnote, μιας εφαρμογής ΕΠ που επιτρέπει στους χρήστες να αποθηκεύουν και να μοιράζονται χειρόγραφες σημειώσεις διευκολύνοντας την επικοινωνία μεταξύ εκπαιδευτών και μαθητών. Επίσης, μια ιδέα παιχνιδιού ΕΠ που λέγεται «Εργαστήριο», εισήχθη συνδυάζοντας μια λογική παιχνιδιού με συνεργατικό game play και εξατομικευμένη απεικόνιση σε κινητά τηλέφωνα, η οποία παρέχει διαφορετικές προοπτικές της διαδραστικής απεικόνισης 3D για την προώθηση της εκμάθησης μέσω του περιεχομένου ΕΠ, ενώ σχετικές έρευνες διερεύνησαν τα θετικά αποτελέσματα που επιφέρει αυτή η προσέγγιση (Iqbal, Mangina, & Campbell, 2022).

### 3.2.8 Τεχνική κατάρτιση

Η χρήση της ΕΠ στην εκπαίδευση διαθέτει χαρακτηριστικά εκπαιδευτικού εργαλείου που βασίζεται σε δεξιότητες. Γενικά, η τεχνική κατάρτιση και η έννοια της μάθησης που βασίζεται στην κίνηση, είναι σημαντικές για την μάθηση πρακτικών δεξιοτήτων και γνώσεων. Για παράδειγμα, η ενσωμάτωση των έξυπνων συστημάτων διδασκαλίας (ITS) περιλαμβάνει την κατάρτιση των χρηστών για το πώς θα γίνει η



## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

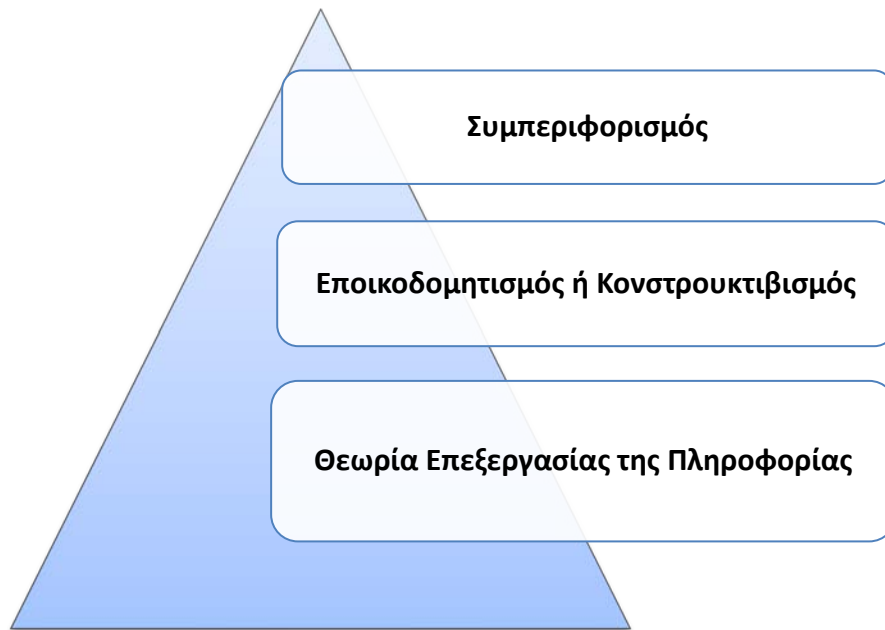
συναρμολόγηση εξαρτημάτων σε μια μητρική πλακέτα υπολογιστών, συμπεριλαμβανομένου του εντοπισμού του κάθε στοιχείου, της αναγνώρισης της θέσης και της λειτουργίας των εξαρτημάτων και την εγκατάσταση τους στη μητρική πλακέτα. Αυτή η προσέγγιση εμπεριέχει προσαρμογή στο μαθησιακό προφίλ και τις ικανότητες του κάθε εκπαιδευόμενου, και η καθοδήγηση μέσω ενός έξυπνου συστήματος ΕΠ καταγράφηκε ότι έχει καλύτερη απόδοση από ένα σύστημα εκπαίδευσης χωρίς ευφυή υποστήριξη των εκπαιδευομένων (Iqbal, Mangina, & Campbell, 2022).

### 3.3 Θεωρίες μάθησης

Με τον όρο «θεωρίες μάθησης» αναφερόμαστε σε συνεπή εννοιολογικά πλαίσια, σκοπός των οποίων είναι να περιγράψουν και να εξηγήσουν το πώς οι άνθρωποι μαθαίνουν. Οι σύγχρονες θεωρίες μάθησης αποτελούν σημαντικά ρεύματα επιστημονικής σκέψης, που αρχικά αποτελούνται από κάποιες θεμελιώδεις θέσεις, ενώ στη συνέχεια γύρω από αυτές τις θέσεις αναπτύσσεται ένα σύστημα θεωρητικών μοντέλων, καθένα από τα οποία αναλύει το φαινόμενο της μάθησης και συνεισφέρει στη διαμόρφωση του ευρύτερου ρεύματος στο οποίο ανήκουν (Δημητριάδης Σ. , 2015).

Ο αναλογισμός και η οικοδόμηση νέων νοημάτων από υπάρχουσες ή από αναδυόμενες καταστάσεις, αποτελούν κρίσιμους παράγοντες που επηρεάζουν τον αποτελεσματικότητα της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Ωστόσο, κάθε εκπαιδευτική διαδικασία έχει μοναδικά χαρακτηριστικά, και συνακόλουθα απαιτεί ιδιαίτερη και μοναδική προσέγγιση στον σχεδιασμό της και την εκτέλεσή της. Στο πλαίσιο αυτό, έχουν αναπτυχθεί πολλαπλές θεωρίες μάθησης, εκάστη των οποίων συγκροτεί μία πλήρη και συστηματική άποψη για τη βαθύτερη φύση της διεργασίας μέσω της οποίας οι εκπαιδευόμενοι προσλαμβάνουν γνώση και εμπλουτίζουν τη δυνατότητά τους για αυτό-διαχείριση, αλλά και διαχείριση του κοινωνικοπολιτισμικού περιβάλλοντος εντός των οποίων εντάσσονται. Έχοντας αυτά υπ' όψιν, οι εκπαιδευτικοί οφείλουν να συνεκτιμούν τις θεωρίες μάθησης, να επιλέγουν τις πλέον κατάλληλες εξ αυτών για την εκάστοτε περίπτωση, και να εκμεταλλεύονται τα ισχυρά τους στοιχεία προσαρμόζοντας κατάλληλα τις πτυχές της εκάστοτε εκπαιδευτικής δραστηριότητας (Φύκαρης Ι. Μ., 2016).

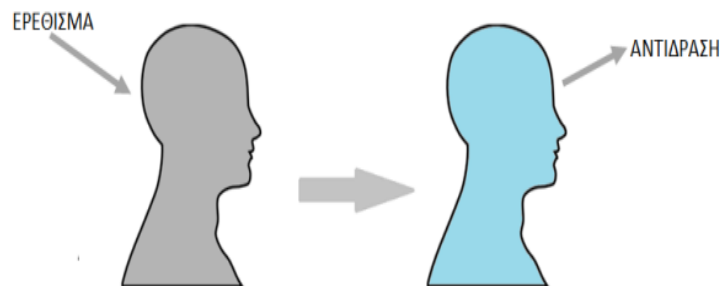
Στο πλαίσιο της χρήσης των ηλεκτρονικών υπολογιστών και των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία, τόσο η διαδικασία υποστήριξης των ανωτέρω μοντέλων όσο και πολλές εκπαιδευτικές εφαρμογές, έχουν κατά βάση διαμορφωθεί κατά κύριο λόγο από την τεχνολογική πρόοδο, και δευτερευόντως από τις εξελίξεις της διδακτικής επιστήμης ή των θεωριών μάθησης. Εντούτοις, για τη θεμελίωση της ένταξης των νέων τεχνολογικών δυνατοτήτων στο πλαίσιο της εκπαιδευτικής διαδικασίας, έχουν διεθνώς αξιοποιηθεί τρεις κύριες ψυχολογικές θεωρίες, οι οποίες λειτουργούν ως θεωρίες μάθησης, αλλά εκφράζουν και επηρεάζουν την ανάπτυξη υπολογιστικών περιβαλλόντων μάθησης, καθορίζοντας τις μεθόδους και τις στρατηγικές διδασκαλίας στο σχολικό περιβάλλον (Φύκαρης Ι. Μ., 2016)(Εικόνα 23). Οι θεωρίες αυτές συνοψίζονται στις ακόλουθες παραγράφους.



Εικόνα 23. Θεωρίες Μάθησης

### 3.3.1 Συμπεριφορισμός

Ο συμπεριφορισμός τοποθετεί το επίκεντρο της μαθησιακής διαδικασίας στη μετάδοση της πληροφορίας και την μεταβολή της συμπεριφοράς, υιοθετώντας μία πιο «τεχνική» προσέγγιση στη λειτουργικότητα και το αποτύπωμα των εκπαιδευτικών εφαρμογών. Με τον τρόπο αυτό παρέχεται ένα βασικό πλαίσιο επί του οποίου εδράζεται η μαθησιακή διαδικασία, έχοντας στο επίκεντρο της προσοχής ιδίως τους μηχανισμούς που σχετίζονται με τη βελτίωση της μεταβίβασης της γνώσης, ήτοι στις ενέργειες από την πλευρά του εκπαιδευτή και στον τρόπο και τις μεθόδους με τους οποίους μεταβιβάζεται η γνώση. Στο πλαίσιο της εκπαίδευσης με χρήση ΤΠΕ, ο Συμπεριφορισμός επικεντρώνεται στην καταγραφή και την ανάλυση της μαθησιακής διαδρομής του εκπαιδευομένου και στη συναισθηματική του ενδυνάμωση και ενίσχυση μέσω ανταμοιβών και επιβραβεύσεων για τις επιτυχίες του. Είναι σημαντικό να έχουν οι μαθητές επίγνωση της επιτυχίας και της προόδου τους, έτσι ώστε βαθμηδόν να προσεγγίζουν το ζητούμενο μαθησιακό αποτέλεσμα. Επιπλέον, άμεσα αξιολογούνται και οι αντιδράσεις και ανατροφοδοτήσεις από τους εκπαιδευόμενους, στοιχείο που επίσης συνεισφέρει στην καθοδήγηση προς την επίτευξη του μαθησιακού στόχου (Φύκαρης Ι. Μ., 2010)(Εικόνα 24).



Εικόνα 24. Αναπαράσταση Συμπεριφοριστικής θεωρίας (Φύκαρης Ι. Μ., 2010)

### 3.3.2 Εποικοδομητισμός ή Κονστρουκτιβισμός (constructivism)

Ο Κονστρουκτιβισμός ή Εποικοδομητισμός, αναγνωρίζει ότι οι μαθητές πριν δεχθούν τις επιδράσεις του σχολικού μαθησιακού περιβάλλοντος, έχουν προηγούμενες γνώσεις σχετικές με αυτές που πραγματεύονται οι μαθησιακές δραστηριότητες και αυτό που χρειάζονται είναι να βοηθηθούν, ώστε να επιτύχουν την οικοδόμηση νέων γνώσεων. Ωστόσο, για να το επιτύχουν αυτό, θα πρέπει να έχουν ενεργητική συμμετοχή στη μαθησιακή και εκπαιδευτική διαδικασία. Γενικότερα, υιοθετείται το σκεπτικό ότι η γνώση δεν θα πρέπει να προσεγγίζεται ως μια πιστή αναπαράσταση της πραγματικότητας, αλλά να λαμβάνεται υπ' όψιν το γεγονός ότι η διαμόρφωσή της διαμεσολαβείται από επιμέρους παράγοντες. Επ' αυτής της βάσεως, υιοθετείται η άποψη ότι η γνώση δεν είναι απόλυτα αντικειμενική, υπερβαίνοντας την εμπειρία του μεμονωμένου ατόμου, αλλά το άτομο αξιοποιεί τα προσλαμβανόμενα γνωσιακά ερεθίσματα προκειμένου να δημιουργήσει νοητικές και συναισθηματικές δομές που καθορίζουν το συνολικό πλαίσιο κατανόησης και αφομοίωσης γνώσης από πλευράς του ατόμου. Επιπλέον, η Κονστρουκτιβιστική θεώρηση προσεγγίζει τη νόηση ως μία λειτουργία κατασκευής νοημάτων, η οποία διαμεσολαβείται από το σύνολο των εμπειριών και παραστάσεων του ατόμου. Με άλλα λόγια, η πρόσληψη γνώσης εδράζεται ήδη υπάρχουσες νοητικές του κατασκευές, πεποιθήσεις και απόψεις που το εν λόγω άτομο διαθέτει, και σε αυτό το πλαίσιο πραγματοποιείται η ερμηνεία αντικειμένων και γεγονότων (Φύκαρης Ι. Μ., 2010)(Εικόνα 25).

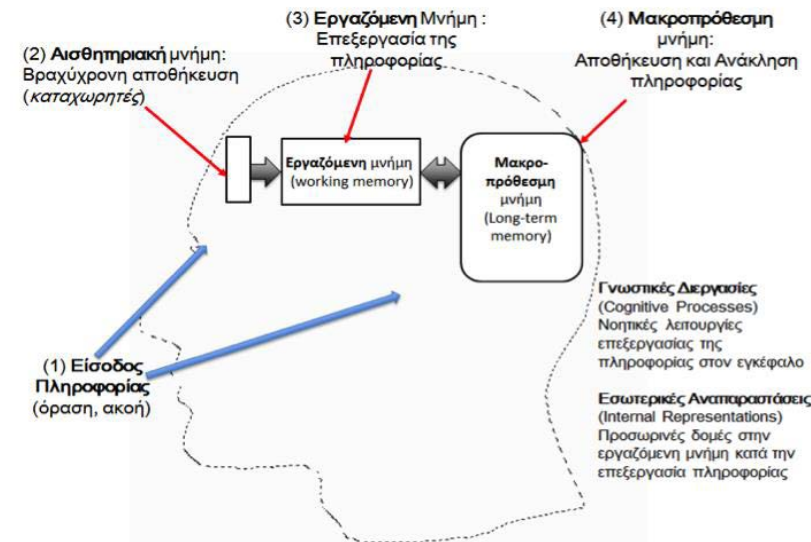


Εικόνα 25. Αναπαράσταση θεωρίας Εποικοδομητισμού ή Κονστρουκτιβισμού (Φύκαρης Ι. Μ., 2010)

### 3.3.3 Θεωρία Επεξεργασίας της Πληροφορίας

Σύμφωνα με τη Θεωρία Επεξεργασίας της Πληροφορίας, το περιβάλλον αποτελείται από πληροφορίες και όχι από ερεθίσματα τα οποία οδηγούν σε αναδράσεις από πλευράς του προσλαμβάνοντος υποκειμένου. Με τον όρο «πληροφορία» αναφερόμαστε σε μία νοητική ενότητα που τοποθετείται γνωστικά μεταξύ (α) του επιπέδου των πλήρως αδόμητων και μη συσχετισμένων αναπαραστάσεων γεγονότων και παρατηρήσεων (data/δεδομένα) και (β) του επιπέδου των γνώσεων (knowledge). Τα δεδομένα μετασηματίζονται σε πληροφορίες με τις διεργασίες της ανάλυσης, της επιλογής, της ταξινόμησης, της οργάνωσης κ.τλ. Όταν οι πληροφορίες οργανώνονται με τη σειρά τους σε ένα σώμα το οποίο μπορεί να εμπεριέχει προβλέψιμη συμπεριφορά ή δυνατότητα εκτέλεσης πράξεων (actionability) τότε συγκροτείται η γνώση. Επισημαίνεται ότι, οι θεωρίες που περιγράφουν τη μάθηση με τη συμβολή των ΤΠΕ, προτείνουν ένα πλαίσιο κατανόησης της δραστηριοποίησης των μαθητών, συμβάλλοντας ουσιαστικά στη σχεδίαση και την υλοποίηση των περιβαλλόντων μάθησης που βασίζονται στις ΤΠΕ (Εικόνα 26).

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση



Εικόνα 26. Αναπαράσταση Θεωρίας Επεξεργασίας Πληροφορίας (Αβούρης, 2000)

Συνοψίζοντας, οι σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδακτική και την εκπαίδευση, εστιάζουν στο ότι τα υπολογιστικά μαθησιακά περιβάλλοντα οφείλουν να σχεδιάζονται με τρόπο ώστε να καθιστούν ευχερέστερες τις ενεργητικές, εποικοδομητικές και συνεργατικές μαθησιακές διαδικασίες. Γενικότερα, τα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα που χρησιμοποιούν τις τεχνολογίες πληροφορίας και επικοινωνίας, θα πρέπει να προσανατολίζονται στην υποστήριξη των μαθητών αναφορικά με την κατανόηση, σε αντιδιαστολή με την απομνημόνευση και να προάγουν την ικανότητα προσαρμογής, αυτοκριτικής, αναστοχασμού και αναπροσαρμογής. Η υποστήριξη και ενίσχυση της διδασκαλίας και της μάθησης με υπολογιστικές μεθόδους διαμεσολαβείται από κατάλληλες εφαρμογές λογισμικού και υλικού (Αβούρης, 2000).

### 3.4 Στρατηγικές μάθησης ΕΠ

Η ΕΠ σχετίζεται επίσης με ποικίλες στρατηγικές μάθησης, όπως:

- *Η κινητή μάθηση ή πανταχού παρούσα μάθηση (Mobile Learning)*, η οποία περιλαμβάνει τη χρήση φορητών συσκευών είτε αυτόνομα, είτε σε συνδυασμό με άλλες ΤΠΕ, ώστε η μάθηση να είναι πάντα και πανταχού παρούσα. Οι εκπαιδευόμενοι και οι εκπαιδευτές μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις κινητές συσκευές, όπως κινητά τηλέφωνα και ταμπλέτες για πρόσβαση σε εκπαιδευτικές πηγές, για επικοινωνία με άλλους (τυπικά, εκπαιδευόμενους ή εκπαιδευτές αλλά και άλλους εμπλεκόμενους, π.χ. οικογένειες), καθώς και για τη δημιουργία περιεχομένου εντός και εκτός τάξης. Η κινητή μάθηση περιλαμβάνει τις προσπάθειες για την υποστήριξη των επιπλέον εκπαιδευτικών στόχων, όπως είναι η αποτελεσματική διαχείριση των σχολικών συστημάτων και η βελτίωση της επικοινωνίας μεταξύ σχολείων και οικογενειών. Επίσης, ένας μεγάλος αριθμός ερευνών έχουν δείξει ότι οι κινητές τεχνολογίες που διαθέτουν οι κινητές συσκευές, παρέχουν ένα εξαιρετικό μέσο με πολλές εκπαιδευτικές ευκαιρίες για τους μαθητές, που μπορεί να μην έχουν πρόσβαση σε υψηλή ποιότητα εκπαίδευσης. Τέλος, η ποσότητα και ο τύπος των πληροφοριών που μπορούν οι κινητές συσκευές να συλλέξουν σχετικά με τους χρήστες διαρκώς αυξάνονται, επιτρέποντας τη βελτίωση της απόδοσης της κινητής τεχνολογίας στη μάθηση και την εξατομίκευσή της. Για παράδειγμα, εάν ένας μαθητής μαθαίνει καλύτερα μέσω οπτικών ερεθισμάτων και έχει αυξημένο ενδιαφέρον για

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

τους χάρτες, θα μπορούσαν να του παρουσιαστούν ιστορικές πληροφορίες και ένας διαδραστικός άτλας, τον οποίο να μπορεί να χειριστεί σε μια συσκευή αφής (UNESCO, 2013).

- *Θεωρία βασισμένη στα παιχνίδια (Game-Based Learning Theory)*. Οι (Koutromanos, Sofos, & Angraamidou, 2016) συμπεραίνουν ότι με βάση τη θεωρία αυτή, οι παίκτες ενθαρρύνονται να προσποιηθούν ρόλους με συγκεκριμένες προοπτικές που προκαλούνται με διάφορα επίπεδα εργασιών και αφηγήσεων, ενώ διευκολύνεται η μάθηση μέσω ποικίλων αναπαραστάσεων. Έτσι δημιουργούνται κοινωνικές αλληλεπιδράσεις που στοχεύουν στη συνεργασία και στο συναγωνισμό.
- *Ανακαλυπτική ή Διερευνητική μάθηση*, όπου στόχος της είναι ο μαθητευόμενος να μάθει πώς να μαθαίνει μόνος του και να εμπλακεί προσωπικά στη γνωστική διαδικασία. Πρόκειται για μία διδακτική στρατηγική που ανήκει στον εποικοδομητισμό και ενθαρρύνει τον μαθητή να πειραματιστεί και να ανακαλύψει σχέσεις ανάμεσα σε γεγονότα και έννοιες. Η ΕΠ δίνει τη δυνατότητα στους εκπαιδευτικούς να οργανώσουν τέτοιου είδους δραστηριότητες και στους μαθητές να αναλάβουν το ρόλο του ερευνητή, να διατυπώσουν ένα ερώτημα για το θέμα που τους απασχολεί και να ανακαλύψουν πληροφορίες για ένα αντικείμενο ή τόπο, συνδυάζοντας τις εμπειρίες τους αυτές, ώστε να παραχθεί η γνώση (Δημητριάδης Σ. Ν., 2015).
- *«Έγκαιρη» μάθηση (Just in time Learning - JIT)*, όπου οι μαθητές είναι ενεργοί και μπορούν να εντοπίζουν και να καταναλώνουν εκπαιδευτικό υλικό σχετικά με οτιδήποτε χρειάζονται και όποτε το χρειάζονται, από οπουδήποτε στον κόσμο. Επικεντρώνονται στα project που επιθυμούν, κάνοντας αυθεντικές διεργασίες και διαθέτουν εύκολη πρόσβαση στα πληροφοριακά εργαλεία και εφαρμογές. Οι εκπαιδευτές γίνονται όλο και λιγότερο σημαντικοί, ενώ η ΕΠ τους επιτρέπει να βλέπουν τον πραγματικό κόσμο με διαφορετικό τρόπο (Antonioli, Blake, & Sparks, 2014) (Riel, 2000).
- *Θεωρία αυτοπροσδιορισμού (Self Determination Theory – SDT)*, όπου σημαίνει ότι η γνώση προκύπτει μέσω κινήτρων. Η βασική ιδέα πίσω από τη θεωρία αυτή είναι ότι οι άνθρωποι είναι πιο πιθανό να εμπλακούν σε μια δραστηριότητα που έχει αυξημένο ενδιαφέρον γι' αυτούς, είναι ευχάριστη και τους παρέχει την αίσθηση του αυτοπροσδιορισμού, παρά μέσω κάποιας δραστηριότητας που πιθανόν να μην τους ενδιαφέρει και να μην τους απασχολεί (Challenor & Ma, 2019).
- *Θεωρία Ροής (Flow Theory)*, η οποία βασίζεται στην ιδέα ότι οι άνθρωποι που εμπλέκονται σε δραστηριότητες που έχουν νόημα γι' αυτούς, είναι πιο πιθανό να μείνουν εστιασμένοι σε αυτό που κάνουν (Antonioli, Blake, & Sparks, 2014).

### 3.5 Οφέλη – πλεονεκτήματα της τεχνολογίας της ΕΠ

Τα τελευταία χρόνια πολλές έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί με στόχο να εξετάσουν τα οφέλη από τη χρήση των εφαρμογών ΕΠ στην εκπαίδευση. Οι συγγραφείς - ερευνητές πιστεύουν η ΕΠ μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην εκπαιδευτική διαδικασία. Το πιο σημαντικό όμως είναι ότι μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές στην καλύτερη κατανόηση του περιεχομένου που τους διδάσκεται, αυξάνοντας την απόδοσή τους και το ενδιαφέρον τους. Παρακινεί τους μαθητευόμενους να εξερευνήσουν το υλικό από διαφορετικές πλευρές, ενώ βοηθάει στη διδασκαλία θεμάτων που είναι δύσκολο να γίνουν κατανοητά, εάν η μάθηση δεν γίνεται βιωματικά, όπως το μάθημα της φυσικής, της ιστορίας, της γεωγραφίας κ.ά. Ενισχύει τη συνεργασία μεταξύ των μαθητών και μεταξύ των καθηγητών με τους μαθητές, ενώ κινητοποιεί τη δημιουργικότητα και τη φαντασία των μαθητών (Ntaoulas, Goudela, & Zois, 2020).

Οι (Diegmann, Schmidt-Kraepelin, Eynden, & Basten, 2015), κάνοντας μια συστηματική διαδικτυακή βιβλιογραφική αναζήτηση σε βάσεις δεδομένων με δημοσιεύσεις που αφορούν τα πλεονεκτήματα της ΕΠ

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

στην εκπαίδευση, ομαδοποίησαν τους τομείς της εκπαιδευτικής διαδικασίας που επηρεάζονται θετικά από τη χρήση της ΕΠ σε πέντε κατηγορίες:

- *Νοητική κατάσταση των μαθητών- εκπαιδευτικών* (State of Mind), όπου αυξάνει τα κίνητρα συμμετοχής, ιδίως με το να δείχνουν οι συμμετέχοντες μεγαλύτερο ενδιαφέρον σε σχέση με τις τεχνικές μάθησης που δεν την περιλαμβάνουν, καθώς επιθυμούν να χρησιμοποιήσουν αυτή την τεχνολογία. Προκαλεί την προσοχή των μαθητών και αυξάνει τη συγκέντρωσή τους, ενώ αυξάνει επίσης και την ικανοποίησή τους από όλη την εμπειρία που βιώνουν.
- *Διδασκαλία – Είδη μάθησης*, όπου ενισχύεται η μαθητοκεντρική μάθηση, στο πλαίσιο της οποίας οι μαθητές είναι πλέον υπεύθυνοι για την πρόοδό τους στην εκπαιδευτική διαδικασία, ενώ παράλληλα οι εκπαιδευτές διευκολύνουν τους εκπαιδευόμενους ώστε να μαθαίνουν ανεξάρτητα και με ατομική πρωτοβουλία. Επιπλέον, ενισχύει τη συνεργατική μάθηση, προσφέροντας νέους τρόπους επικοινωνίας και συνεργασίας. Βελτιώνει την καμπύλη μάθησης (learning curve), αφού οι μαθητές μαθαίνουν πιο γρήγορα και πιο εύκολα με τη χρήση των εφαρμογών ΕΠ, σε σχέση με άλλες εφαρμογές, ενώ ενισχύει τη δημιουργικότητα τους και την ικανότητα να εξερευνούν τη νέα γνώση και να λύνουν προβλήματα. Η ΕΠ είναι επίσης ιδιαίτερα κατάλληλη για να χρησιμοποιηθεί και σε εξ αποστάσεως διδασκαλία.
- *Παρουσίαση*. Η ΕΠ αυξάνει τον βαθμό λεπτομέρειας της παρουσίασης του εκάστοτε θέματος συγκριτικά με παραδοσιακές τρόπους παρουσίασης, ενισχύει την ικανότητα πρόσβασης σε πληροφορίες και αυξάνει τη διαδραστικότητα αναφορικά με το εργαλείο μάθησης.
- *Κατανόηση περιεχομένου*: οι μαθητές αποκτούν χωρικές ικανότητες και κατανοούν ευκολότερα τρισδιάστατες έννοιες, ενώ βελτιώνεται η μνήμη τους και διευκολύνεται η ανάκτηση πληροφοριών όπου και όταν απαιτείται.
- *Μείωση κόστους*. Σε βάθος χρόνου, το κόστος εφαρμογής της ΕΠ είναι μικρότερο από την παραδοσιακή διδασκαλία. Στο κόστος θα πρέπει να συμπεριληφθεί η δαπάνη που απαιτείται για τον εκσυγχρονισμό μαθημάτων, για την αγορά υλικών ή το κόστος σε χρόνο για την προετοιμασία των μαθητών. Αν και η τεχνολογία αυτή έχει απαιτήσεις σε αγορά υλικού όπως συσκευές κ.ά., η επένδυση αυτή αποδίδει αργότερα. Αν μάλιστα πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε πολλές τάξεις ή πολλά μαθήματα, καταλήγει να είναι η πιο οικονομική μέθοδος διδασκαλίας.

Εν συνεχεία, οι (Giasiranis & Sofos, 2016), σε ανασκόπηση ερευνών που πραγματοποίησαν, συμπεραίνουν ότι οι εκπαιδευόμενοι στο τέλος της διδασκαλίας και με τη χρήση της τεχνολογίας αυτής, έχουν θετική στάση απέναντι της, δηλώνουν πρόθυμοι να τη χρησιμοποιήσουν, τη θεωρούν εύκολη στο χειρισμό, αποτελεσματική στο να τους βοηθήσει να μάθουν, δηλώνοντας ικανοποιημένοι από αυτό που πέτυχαν, ενώ συνήθως σημειώνουν και υψηλότερη επίδοση σε σχέση με πριν.

Σύμφωνα με τους (Hewitt, Wood, & Wilson, 2022), μέσω της εφαρμογής περιήγησης με χρήση της τεχνολογίας ΕΠ, αναφέρουν ότι η εφαρμογή αυτή έχει πολλά οφέλη στην πλειοψηφία των χρηστών – μαθητών. Μερικά από αυτά είναι:

- Οι σαφείς αφηγήσεις ήχου με εύκολη καθοδήγηση,
- Οι σχετικές ενημερωτικές φωτογραφίες και βίντεο στην οθόνη,
- Η παροχή ευελιξίας,
- Η επίτευξη αυξημένης δέσμευσης,
- Η παροχή βιωματικής μάθησης,
- Η ανεξαρτησία και προσβασιμότητα.

Επιπροσθέτως, σύμφωνα με τους (Alkhatabi, 2017), (Antonioli, Blake, & Sparks, 2014), η τεχνολογία αυτή προσφέρει έναν αποτελεσματικό τρόπο για την οπτικοποίηση ασαφή εννοιών, ενώ επιτρέπει τη μάθηση



## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

και εκτός τάξης ή εκτός σχολικών ορίων, δημιουργώντας εμπειρίες που συνδέονται με την παραδοσιακή τάξη.

Τέλος, σύμφωνα με την έρευνα (Iqbal, Mangina, & Campbell, 2022), η κατάρτιση με βάση την ΕΠ έχει πλεονεκτήματα έναντι των προσεγγίσεων της εικονικής πραγματικότητας (VR). Η εκπαίδευση λαμβάνει χώρα στον πραγματικό κόσμο και μπορεί να έχει πρόσβαση σε πραγματική απτική ανατροφοδότηση κατά την εκτέλεση ενός εκπαιδευτικού έργου, σε αντίθεση με την εικονική πραγματικότητα που όλα είναι εικονικά.

### 3.6 Περιορισμοί – μειονεκτήματα της τεχνολογίας της ΕΠ

Μετά από μελέτη ερευνών σχετικά με τη χρήση της τεχνολογίας ΕΠ, αναδεικνύεται ότι εκτός των πλεονεκτημάτων, προκύπτουν επίσης αρκετά μειονεκτήματα από τη χρήση της στην εκπαίδευση.

Σύμφωνα με τους (Raja & Nagasubramani, 2018), στα μειονεκτήματα της χρήσης της τεχνολογίας αυτής περιλαμβάνουν την έλλειψη συγκέντρωσης των μαθητών, την επιρροή της τεχνολογίας στη φαντασία τους, τη πτωτική πορεία της ικανότητάς τους στη γραφή, καθώς επίσης και το υψηλό κόστος απόκτησής των μέσων αυτών.

Επίσης, οι (Hewitt, Wood, & Wilson, 2022), αναφέρουν ότι με τη χρήση της τεχνολογίας ΕΠ, εμφιλοχωρούν ζητήματα σε σχέση με τον σχεδιασμό και τη λειτουργικότητα της εφαρμογής, καθώς επίσης και σε ειδικά τεχνικά προβλήματα.

Τέλος, οι (Antonioli, Blake, & Sparks, 2014), με βάση τη βιβλιογραφική ανασκόπηση που έκαναν αναφέρουν ότι η τεχνολογία της ΕΠ:

- *Δημιουργεί προβλήματα στους μαθητές, (i) στη διατήρηση της σταθερής εικόνας και του επαυξημένου περιεχομένου των συσκευών, (ii) στη μείωση της ευελιξίας του χρήστη, εξαιτίας της ανάγκης των μαθητών να κρατούν στα χέρια τους τις φορητές συσκευές και (iii) σε κάποιες περιπτώσεις που χρησιμοποιούν HMD συσκευές, έχει παρατηρηθεί κούραση στην όραση των χρηστών.*
- *Δημιουργεί προβλήματα στους εκπαιδευτικούς, που προβληματίζονται σχετικά με (i) τη χρήση νέων τεχνολογιών στο μάθημά τους και (ii) με την αντιμετώπιση πιθανών τεχνικών προβλημάτων που μπορεί να προκύψουν, ενώ (iii) προκύπτει επίσης και η ανάγκη επιμόρφωσής τους στη νέα τεχνολογία.*
- *Δημιουργεί προβλήματα και τεχνικές δυσκολίες που σχετίζονται με το περιβάλλον, ειδικά όταν οι δραστηριότητες γίνονται σε εξωτερικό χώρο, λόγω του φωτός, του θορύβου, των ανακλάσεων κ.ά. Επίσης, η τεχνολογία GPS μπορεί να έχει προβλήματα σε εσωτερικούς χώρους κτιρίων ή κλειστούς χώρους και να μην μπορεί να αποκριθεί κατάλληλα.*

Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι η τεχνολογία αυτή εξελίσσεται συνεχώς και καταβάλλεται προσπάθεια αντιμετώπισης όλων αυτών των περιορισμών, ώστε να είναι πιο εύχρηστη, προσιτή και ευχάριστη στους χρήστες που την χρησιμοποιούν.

### 3.7 Χαρτογράφηση πεδίου

Τα τελευταία χρόνια αυξάνονται οι έρευνες πάνω στην ΕΠ. Σύμφωνα με τους (Bacca, Baldiris, Fabregat, Kinshuk, & Graf, 2015), οι τομείς στους οποίους έχει εφαρμοστεί περισσότερο είναι οι Φυσικές Επιστήμες, οι Κοινωνικές Επιστήμες και οι Τέχνες και στη συνέχεια ακολουθεί ο κλάδος της Υγείας. Σε ό,τι αφορά την



## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

εκπαίδευση, η ΕΠ βρίσκεται ακόμα σε πρώιμο στάδιο εξερεύνησης ενώ οι εφαρμογές της έχουν κυρίως προσανατολιστεί σε μεγαλύτερες βαθμίδες εκπαίδευσης. Από τεχνολογικής άποψης, πιο συχνή είναι η χρήση της marker-based τεχνολογίας ΕΠ.

Σύμφωνα με τους (Koutromanos, Sofos, & Anraamidou, 2016), ένας κλάδος που χρειάζεται επιπλέον έρευνα είναι ο τομέας των εκπαιδευτικών παιχνιδιών, όπου η χρήση τέτοιων παιχνιδιών επιδρά θετικά στη μάθηση και την καλλιέργεια διαφόρων δεξιοτήτων των μαθητών. Η παιχνιδοποίηση θεωρείται ως ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο διδασκαλίας, αφού με διασκεδαστικό τρόπο προτρέπει το μαθητή να συμμετάσχει στην όλη διαδικασία και να μάθει, περιορίζοντας την κόπωση και την ανία.

Σύμφωνα με τους (Tzortzoglou & Sofos, 2016), οι τομείς της εκπαίδευσης στους οποίους έχει εφαρμοστεί η ΕΠ είναι:

- *Οι Φυσικές Επιστήμες*, όπου ιδίως γίνεται με προσομοίωση εργαστηριακών πειραμάτων, διδασκαλία επιστημονικών θεμάτων, περιβαλλοντική εκπαίδευση, διδασκαλία γεωμετρικών και μαθηματικών εννοιών, γεωγραφία και γενικά απεικόνιση εννοιών και αντικειμένων που οι μαθητές δεν μπορούν να δουν (ή, τουλάχιστον, όχι εύκολα) και να κατανοήσουν στον πραγματικό κόσμο
- *Οι Κοινωνικές Επιστήμες και Τέχνες*, με την εκμάθηση γνώσεων, την εικονική ζωγραφική, την καλλιέργεια της εκτίμησης τέχνης και της πολυπολιτισμικής συνείδησης και τη χρήση βιβλιοθηκών από μαθητές.
- *Η Μηχανική και οι Κατασκευές*, όπου οι εφαρμογές ΕΠ στο πεδίο αυτό εστιάζονται κυρίως στις προσομοιώσεις κατασκευών.
- *Η Υγεία*, όπου η χρήση εστιάζεται ιδίως στη διδασκαλία ιατρικών πρακτικών,
- *Υπηρεσίες και άλλα*, που αναφέρονται σε εφαρμογές ΕΠ που σχετίζονται με θέματα εκπαίδευσης στην οργάνωση ταξιδιών, μεταφορών, κ.ά. (Tzortzoglou & Sofos, 2016).

Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι η τεχνολογία αυτή σύμφωνα με τους (Tzortzoglou & Sofos, 2016), έχει πολλά άλλα οφέλη στους μαθητές όπως: κινητοποιεί το ενδιαφέρον τους, τους δίνει κίνητρο συνεργασίας να συνεργαστούν με άλλα άτομα, αυξάνει την προσοχή τους στο μάθημα κ.ά.

Σύμφωνα με τους (Hewitt, Wood, & Wilson, 2022), η μελέτη που διεξήγαγαν στην εκπαίδευση του οικοσυστήματος σε μαθητές πανεπιστημίου, δείχνει ότι η τεχνολογία ΕΠ μπορεί να συνεισφέρει στην υπέρβαση των εμποδίων που αντιμετωπίζεται στην αποτελεσματική εκπαίδευση πεδίου σε μεγάλα προπτυχιακά μαθήματα και να προσφέρει σημαντικά παιδαγωγικά οφέλη, σε σύγκριση με τις συμβατικές δραστηριότητες μάθησης πεδίου. Παρέχει ευελιξία και προσβασιμότητα, ειδικά για τους φοιτητές για την απόκτηση και την ενοποίηση των γνώσεων τους. Η εμφάνιση ορισμένων προβλημάτων είναι αναπόφευκτη, αλλά με αποτελεσματική εφαρμογή του κατάλληλου πλαισίου, την ενθάρρυνση και υποστήριξη των εμπλεκόμενων και της διατήρησης της προσοχής των μαθητών, μπορεί να είναι πολύ αποτελεσματικό εργαλείο για τον τομέα της εκπαίδευσης.

### 3.8 Εργαλεία-πλατφόρμες ανάπτυξης εκπαιδευτικών εφαρμογών Ε.Π.

#### 3.8.1 Βασικές κατηγορίες εκπαιδευτικών εφαρμογών ΕΠ

Με βάση τους (Yuen, Yaouneyong, & Johnson, 2011), εντοπίζονται πέντε βασικές κατηγορίες εκπαιδευτικών εφαρμογών ΕΠ. Οι κατηγορίες αυτές περιγράφονται στη συνέχεια.

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

## 3.8.1.1 Παιχνίδια ΕΠ

Τα παιχνίδια μέσω της τεχνολογίας της ΕΠ μπορούν να βοηθήσουν τους εκπαιδευτές να παρουσιάσουν έννοιες με πιο εύκολο και διασκεδαστικό τρόπο και να προωθήσουν την κατανόηση δύσκολων εννοιών από πλευράς των εκπαιδευομένων. Υπάρχουν παιχνίδια που βασίζονται σε δείκτες ΕΠ και συνήθως περιλαμβάνουν έναν επίπεδο πίνακα ή χάρτη που μετατρέπεται σε τρισδιάστατο, όταν ειδωθεί μέσα από μία φορητή συσκευή. Τα παιχνίδια αυτά μπορούν να εφαρμοστούν σε διάφορα θεματικά πεδία, όπως η ιστορία, η γεωγραφία κ.ά.

Υπάρχουν και παιχνίδια που οι χρήστες δημιουργούν εικονικούς ανθρώπους και αντικείμενα και τα τοποθετούν σε συγκεκριμένες τοποθεσίες στο φυσικό κόσμο. Όταν οι παίχτες πλησιάζουν σε αυτά τα σημεία, μπορούν να αλληλεπιδρούν με τα ψηφιακά δημιουργήματα. Παράδειγμα τέτοιων εφαρμογών είναι το Pokémon Go, ένα βιντεοπαιχνίδι επαυξημένης πραγματικότητας για κινητά τηλέφωνα, που αναπτύχθηκε από την Niantic και κυκλοφόρησε από την The Pokémon Company (Εικόνα 27). Το παιχνίδι κυκλοφόρησε τον Ιούλιο του 2016 για συσκευές iOS και Android. Είναι ένα από τα πιο δημοφιλή παιχνίδια ΕΠ, όπου ο παίχτης ψάχνει για Pokémon στον πραγματικό κόσμο, και τα μαζεύει χτυπώντας μια εικονική μπάλα στην οθόνη του κινητού του.



Εικόνα 27. Παιχνίδι ΕΠ Pokémon Go (Niantic, Inc and Nintendo, 2024)

Ένα άλλο παιχνίδι είναι το Ingress (Εικόνα 28), ένα εμπυθιστικό online παιχνίδι πολλών παιχτών που βασίζεται σε πραγματικές τοποθεσίες. Στο παιχνίδι αυτό οι παίχτες χωρίζονται σε ομάδες και προσπαθούν να μπουν σε όσο περισσότερους χώρους μπορούν μέσα από «πύλες».

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση



Εικόνα 28. Παιχνίδι ΕΠ Ingress (Ingress, 2013)

Επίσης το WallaMe (Εικόνα 29), ένα παιχνίδι όπου οι χρήστες μπορούν να αφήσουν κρυφά μηνύματα σε διάφορα μέρη του πραγματικού κόσμου και μπορούν να διαβάσουν μόνο αυτοί που έχουν την εφαρμογή.



Εικόνα 29. Παιχνίδι ΕΠ Walla Me (Uptodown, 2022)

Υπάρχουν βέβαια πάρα πολλά ακόμα παιχνίδια, αφού καθημερινά όλο και περισσότερες εταιρείες ενσωματώνουν αυτήν την τεχνολογία στις εφαρμογές τους. Η ανωτέρω λίστα είναι ενδεικτική.

### 3.8.1.2 Βιβλία ΕΠ

Οι (Lemos, Dionísio Corrêa, Nascimento, & Deus Lopes, 2017) και (Kesim & Ozarslan, 2012) κατέδειξαν ότι είναι δυνατή η μετατροπή των απλών βιβλίων σε βιβλία ΕΠ, τα οποία στη συνέχεια προβάλλονται με χρήση εξειδικευμένων εφαρμογών υπολογιστή, ή κινητών εφαρμογών. Στα βιβλία ΕΠ, μέσω της κάμερας που διαθέτει η συσκευή πρόσβασης γίνεται σάρωση ετικετών που έχουν τυπωθεί στο βιβλίο ή εικόνων του βιβλίου, και τότε η συσκευή του χρήστη προβάλλει τρισδιάστατες πληροφορίες. Μία εφαρμογή ΕΠ είναι το «Μαγικό Βιβλίο», η οποία υλοποιεί ένα βιβλίο ΕΠ. Όταν οι χρήστες εξετάζουν τις σελίδες του πραγματικού βιβλίου μέσα από κατάλληλη συσκευή (ταμπλέτα ή έξυπνο κινητό), προβάλλονται σε αυτούς εικονικές πληροφορίες υπερτιθέμενες στις πραγματικές σελίδες. Για τις σκηνές του βιβλίου που τους αρέσουν, οι αναγνώστες έχουν τη δυνατότητα να τις «βιώσουν» σε περιβάλλον ΕΠ (Cabero & Barros, 2016), υπό την προϋπόθεση φυσικά ότι το βιωματικό περιεχόμενο είναι διαθέσιμο. Η επαύξηση συμβατικών βιβλίων ώστε να γίνουν βιβλία ΕΠ μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορες κατηγορίες βιβλίων, όπως π.χ. ιστορικά, επιστημονικά, παιδικά, λογοτεχνικά κ.ο.κ. Η επαύξηση μπορεί να περιλαμβάνει την προσθήκη

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

τρισδιάστατου περιεχομένου και διαδραστικών εμπειριών, με αποτέλεσμα οι χρήστες να έχουν πολλαπλές δυνατότητες αλληλεπίδρασης με το περιεχόμενο. Θα πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι η συγγραφή ενός τέτοιου βιβλίου θέτει νέα καθήκοντα στον συγγραφέα και τους συντελεστές της έκδοσης, καθώς πέραν της καθ' εαυτής διαμόρφωσης της αφήγησης, ο συγγραφέας αλλά και το σύνολο της ομάδας παραγωγής θα πρέπει να επιμεληθεί ενός πρόσθετου συνόλου ζητημάτων, συμπεριλαμβανομένης της συνοχής του έντυπου και του ψηφιακού υλικού, της διάδρασης με την ΕΠ κ.ο.κ. Ο πρόσθετος αυτός φόρτος καταβάλλεται προκειμένου να είναι εφικτή η αύξηση του ενδιαφέροντος και της προσοχής των αναγνωστών, καθώς και η αποτελεσματικότητα του βιβλίου. Παράδειγμα τέτοιου βιβλίου είναι το *The Future is Wild: The Living Book* (Εικόνα 30), που αναπτύχθηκε από την Meatio το 2011 (*The Future is Wild*, 2014).



Εικόνα 30. Βιβλίο ΕΠ *Future is Wild: The Living Book* (*The Future is Wild*, 2014)

### 3.8.1.3 Καλλιέργεια δεξιοτήτων – Προσομοιώσεις

Ακόμη μία χρήση της ΕΠ, είναι στο να καλλιεργήσει δεξιότητες λόγω της δυνατότητας να προσφέρει εμπειρίες που συνδέονται με τον πραγματικό κόσμο. Έτσι, μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην εκπαίδευση, σε συγκεκριμένους τομείς όπως σχεδίαση, ιατρική κ.ά. Ένα παράδειγμα μιας τέτοιας εφαρμογής είναι η εφαρμογή *Sketch AR* που βοηθάει τον μαθητεύομενο να μάθει να σχεδιάζει και να διαμοιράζει τα έργα του μέσω της κάμερας που διαθέτει στη φορητή συσκευή του κινητού (Εικόνα 31).

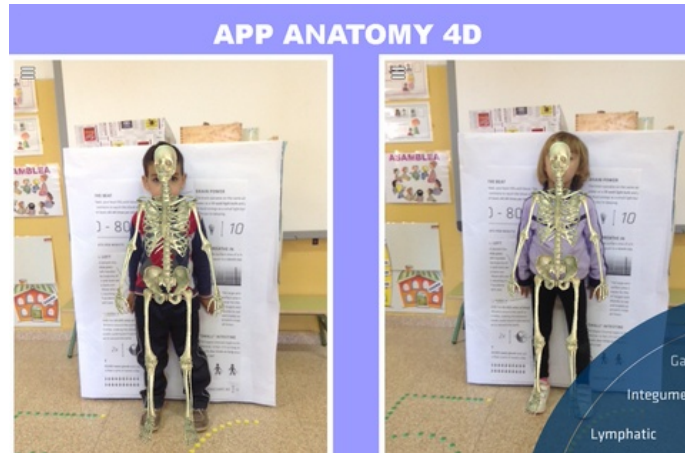


Εικόνα 31. Εφαρμογή *Sketch AR* (*SketchAR.tech*, 2023)



## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

Στον τομέα της ιατρικής, μια τέτοια εφαρμογή είναι η Anatomy 4D (Εικόνα 32), για την οπτικοποίηση της ανάλυσης της δομής των οστών και των οργάνων, όταν η συσκευή στοχεύει σε ειδικά πρότυπα.



Εικόνα 32. Εφαρμογή Anatomy 4D (Navarro, 2015)

### 3.8.1.4 Μοντελοποίηση αντικειμένων

Η ΕΠ χρησιμοποιείται και στη μοντελοποίηση αντικειμένων, επιτρέποντας στους εκπαιδευόμενους να βλέπουν πως ένα αντικείμενο θα μοιάζει κάτω από διαφορετικές συνθήκες ή ρυθμίσεις. Έτσι οι χρήστες έχουν άμεση ανατροφοδότηση και μπορούν να εντοπίσουν ασυνέπειες που χρειάζονται βελτιώσεις, όπως για παράδειγμα σε αρχιτεκτονικά σχέδια. Παράδειγμα τέτοιων εφαρμογών είναι τα Microsoft HoloLens (Εικόνα 33), όπου είναι μια φορητή συσκευή (wearable device), η οποία βοηθά τους αρχιτέκτονες να δημιουργήσουν ένα τρισδιάστατο αρχιτεκτονικό μοντέλο και να το δουν προβάλλοντας με μορφή ολογράμματος, και εν συνεχεία να διαμορφώσουν κατάλληλα ώστε να είναι δυνατή η περιήγηση εντός του μοντέλου, κατά την οποία προβάλλονται και λεπτομέρειες.



Εικόνα 33. Εφαρμογή Microsoft HoloLens (Microsoft Corporation, 2023)

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

### 3.8.1.5 Εφαρμογές διερευνητικής μάθησης

Η διερευνητική μάθηση σχετίζεται με την ΕΠ, αφού η ΕΠ μεταφέρει πληροφορίες για το φυσικό κόσμο. Σε αυτήν την κατηγορία μπορούν να ενταχθούν εφαρμογές με ιστορικές πληροφορίες για επισκέπτες ιστορικών μουσείων, μνημείων, κ.ά. Παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών είναι η iTacitus AR project (Εικόνα 34), που επιτρέπει στους επισκέπτες να πλησιάζουν σε μία τοποθεσία και μέσω της εφαρμογής να βλέπουν και να ακούν τα γεγονότα που διαδραματίστηκαν εκεί (Zoellner, Stricker, Bleser, & Pastarmov, 2007).



Εικόνα 34. Εφαρμογή iTacitus AR (Zoellner, Stricker, Bleser, & Pastarmov, 2007)

### 3.8.2 Κατηγοριοποίηση εκπαιδευτικών εφαρμογών με βάση τη θεματολογία

Εκτός από την παραπάνω κατηγοριοποίηση των εκπαιδευτικών εφαρμογών ΕΠ, μία εναλλακτική ομαδοποίηση μπορεί να πραγματοποιηθεί με βάση τη θεματολογία τους (Ntaoulas, Goudela, & Zois, 2020). Στις επόμενες παραγράφους καταγράφεται μία τέτοια ομαδοποίηση, καλύπτοντας τομείς όπου αναπτύσσεται έντονη δραστηριότητα ανάπτυξης εφαρμογών ΕΠ.

#### 3.8.2.1 Επαυξημένη Πληροφορική

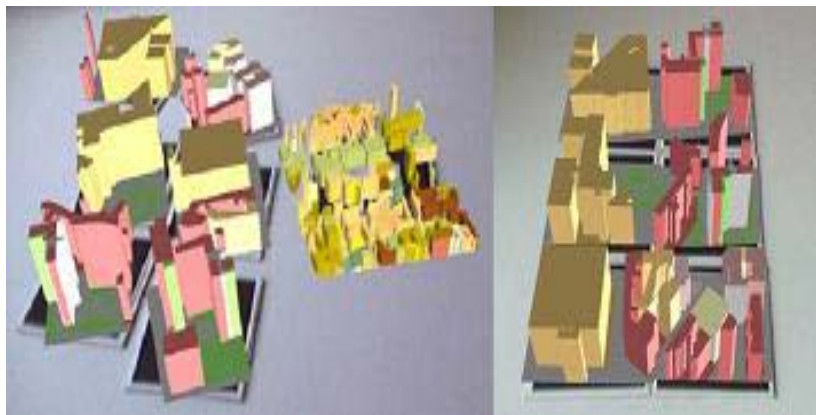
Με τη χρήση της ΕΠ στον κλάδο της πληροφορικής, πολλές έννοιες μπορούν να παρουσιαστούν πιο εύκολα στους μαθητές και να τους φέρουν πιο κοντά με την τεχνολογία. Ένα παράδειγμα, μιας τέτοιας εφαρμογής είναι το School AR (Εικόνα 35), μιας δωρεάν εφαρμογής για το μάθημα της πληροφορικής στο Γυμνάσιο, η οποία παρέχει ψηφιακές πληροφορίες που εμπλουτίζουν το μάθημα και το σχολικό βιβλίο. Η εφαρμογή School AR έχει αναπτυχθεί στην Ελλάδα.

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση



Εικόνα 35. Εφαρμογή SchoolAR (ΕΛ.Λ.Α.Κ., 2017)

Επίσης, οι (Liarokapis & Anderson, 2010) περιγράφουν τον τρόπο με τον οποίο στο πλαίσιο της διδασκαλίας του μαθήματος «Εισαγωγή στην Τεχνολογία Πληροφορικής», αντί παρουσιάσεων (π.χ. παρουσιάσεων PowerPoint) χρησιμοποιήθηκαν τεχνολογίες Ε.Π. για την προβολή αντικειμένων τριών διαστάσεων. Οι εκπαιδευόμενοι χρησιμοποιούσαν μία φορητή οθόνη κεφαλής (Head Mounted Display - HMD) ή μια συμβατική οθόνη προκειμένου να έχουν πρόσβαση στη συνθετική πληροφορία. Σε σχέση με την εκπαίδευση που αφορά τα πολυμέσα (multimedia), μνημονεύουν επίσης ότι σε ένα πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών με αντικείμενο τα πολυμέσα, οργανώθηκε ένα πιλοτικό πρόγραμμα όπου οι εκπαιδευόμενοι χρησιμοποιούσαν εφαρμογές ΕΠ οι οποίες εμπλούτιζαν τα οπτικό-ακουστικά μέσα, και το αποτέλεσμα ήταν να ενισχυθεί το μαθησιακό αποτύπωμα. Αναλυτικότερα, η εφαρμογή ΕΠ που χρησιμοποιήθηκε αφορούσε ένα 3D παζλ, για την επίλυση του οποίου οι εκπαιδευόμενοι χρησιμοποιούσαν ηχητικά, χειρονομίες ή άλλα πολυμέσα και διαδράσεις, προκειμένου να ανταλλάξουν τη θέση των κομματιών ή να ανακατέψουν τα κομμάτια. Το παζλ απεικόνιζε με αδρό τρόπο σε τρεις διαστάσεις τον χώρο του Πανεπιστημίου (Εικόνα 36).



Εικόνα 36. Εφαρμογή Πάζλ (Liarokapis & Anderson, 2010).

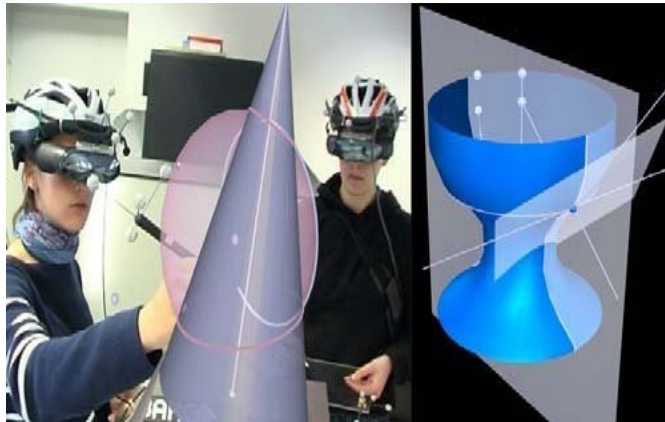
### 3.8.2.2 Επαυξημένα Μαθηματικά και Γεωμετρία

Πολλές έννοιες μαθηματικών και γεωμετρίας μπορούν να διδαχτούν με τη χρήση της ΕΠ. Για παράδειγμα, οι (Chang, Morreale, & Medicherla, 2020), ανέπτυξαν μια εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας, την Construct3D (Εικόνα 37), ο σχεδιασμός της οποίας εστίαζε στη χρήση 3D γεωμετρικών μοντέλων με στόχο την υποβοήθηση της εκμάθησης γεωμετρίας και μαθηματικών. Η συγκεκριμένη εφαρμογή ΕΠ δημιουργεί έναν διαμοιραζόμενο εικονικό χώρο, στον οποίο τόσο οι εκπαιδευτές όσο και οι εκπαιδευόμενοι



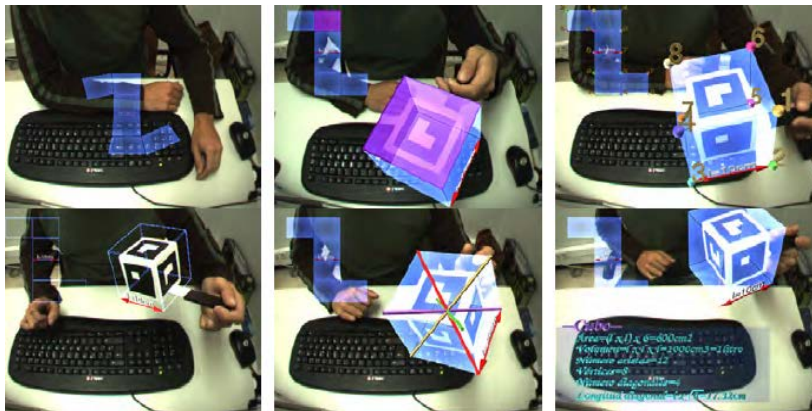
## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

συνεργάζονται για τη σύνθεση γεωμετρικών σχημάτων, χρησιμοποιώντας μία φορητή οθόνη κεφαλής (*head mounted display*), μέσω της οποίας μπορούν να δουν τα μοντέλα που συντίθενται από τον υπολογιστή στον φυσικό χώρο. Η εφαρμογή έχει αξιολογηθεί από περισσότερους από πεντακόσιους χρήστες (τόσο εκπαιδευτές όσο και εκπαιδευόμενους) και τα καταγεγραμμένα αποτελέσματα είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικά.



Εικόνα 37. Εφαρμογή Construct3D (Chang, Morreale, & Medicherla, 2020).

Όμοια οι (Alcañiz Raya, Contero, López, & Ortega, 2010), ανέπτυξαν την εφαρμογή Cube (κύβος) με έξι markers. Όπως βλέπουμε στην Εικόνα 38, πατώντας πάνω στα κουμπιά 'b', 't', 'g', 'a' και 'i' του πληκτρολογίου, φωτίζεται η κοντινότερη πλευρά του κύβου, οι ακμές του, οι διαγώνιες, όλες οι πλευρές του και τέλος εμφανίζεται ένα πλαίσιο πληροφοριών επαυξημένο κι αυτό στον ίδιο χώρο με τον κύβο.



Εικόνα 38. Εφαρμογή Cube (Alcañiz Raya, Contero, López, & Ortega, 2010).

### 3.8.2.3 Επαυξημένη Φυσική – Μηχανική

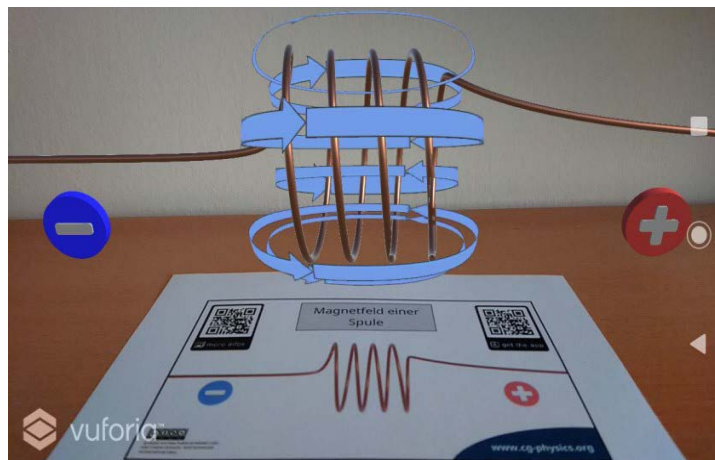
Έχει παρατηρηθεί ότι οι μαθητές αντιμετωπίζουν προβλήματα και δυσχέρειες στην κατανόηση των θεωριών που διέπουν τα φυσικά φαινόμενα καθώς και των αντίστοιχων μοντέλων, ενώ ομοίως δυσχέρειες εμφανίζονται στην αφομοίωση των εννοιών της φυσικής που έχουν εφαρμογή στη Μηχανική. Από την άλλη πλευρά είναι σημαντικό οι μαθητές να εμπεδώσουν με ορθότητα και πληρότητα αυτές τις έννοιες, καθώς αυτές αποτελούν θεμέλιο της Φυσικής. Λαμβάνοντας τα ανωτέρω υπ' όψιν και με βασικό πεδίο εφαρμογής να εμπεδωθούν οι Νευτώνιοι νόμοι, δημιουργήθηκε η εφαρμογή ΕΠ Physics Playground (Meyer, 2007).

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

Ο σχεδιασμός της εφαρμογής προσομοιάζει τον σχεδιασμό της Construct3D (πρβλ. ενότητα 3.8.2.2), κάτι που είναι ευεξήγητο καθώς αμφότερες οι εφαρμογές κατασκευάστηκαν στο ίδιο εργαστήριο. Η εφαρμογή Construct3D έχει αξιολογηθεί, με ενθαρρυντικά αποτελέσματα. Από τη μελέτη των αποτελεσμάτων της αξιολόγησης, αναδείχθηκαν δύο κύρια ισχυρά σημεία της εφαρμογής Construct3D:

- η αλληλεπίδραση που πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια της κατασκευής/διαμόρφωσης των πειραμάτων φυσικής από τους εκπαιδευόμενους είναι σχεδόν απτή και
- στη δυνατότητα να προσομοιώνουν πειράματα σε πραγματικό χρόνο, γεγονός που τους παρέχει την ευχέρεια γρήγορης μεταβολής των παραμέτρων και του επανακαθορισμού του εκάστοτε πειράματος.

Σύμφωνα με τους ερευνητές, η εφαρμογή μπορεί με τα ίδια θετικά αποτελέσματα να χρησιμοποιηθεί τόσο σε μικρές ηλικίες, όσο και στην Τριτοβάθμια Εκπαίδευση. Παράδειγμα μιας τέτοιας εφαρμογής είναι το CG-physics (Εικόνα 39), όπου δίνει τη δυνατότητα εξερεύνησης της φυσικής με τη χρήση ΕΠ.



Εικόνα 39. Εφαρμογή CG-physics ([cg-physics.org](http://cg-physics.org), 2018)

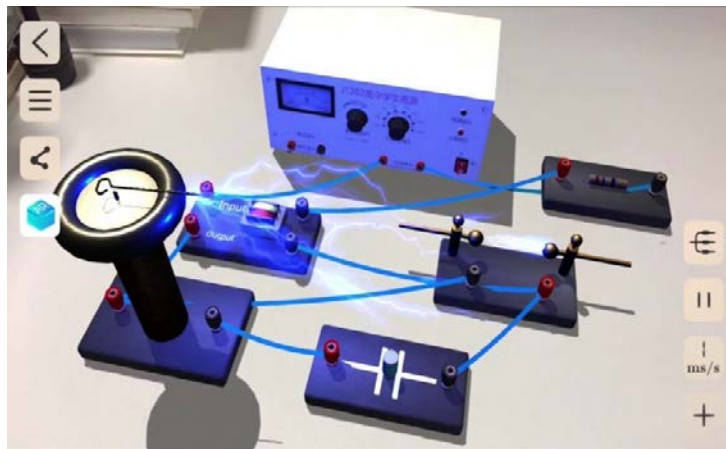
### 3.8.2.4 Επαυξημένη Φυσική - Ηλεκτρομαγνητισμός

Ο ηλεκτρομαγνητισμός είναι ένα πεδίο που εμπεριέχει αρκετές αφηρημένες έννοιες των οποίων η κατανόηση έχει αυξημένες απαιτήσεις σε νοητικές λειτουργίες, και έχει καταγραφεί ότι δημιουργεί δυσχέρειες στους μαθητές, ιδίως στην κατανόηση και εμπέδωση των εννοιών, μοντέλων και νόμων που διέπουν το πεδίο αυτό. Οι δυσχέρειες αυτές ανάγονται στο γεγονός ότι για την επίτευξη των στόχων αυτών, χρειάζεται να αξιοποιηθούν μετασχηματισμοί που δεν έχουν ακριβή ανάλογα στην καθημερινή ζωή και πραγματικότητα. Προκειμένου για την άμβλυση και αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων αναπτύχθηκε μία εφαρμογή ΕΠ για την υποβοήθηση της διδασκαλίας του πεδίου του ηλεκτρομαγνητισμού, η οποία εφαρμογή διατέθηκε σε δύο εκδόσεις, μία που χρησιμοποιούσε την ΕΠ και μία που είχε υλοποιηθεί χωρίς χρήση ΕΠ, ως απλή διαδικτυακή εφαρμογή. Η εφαρμογή αυτή, η χρήση της και η αξιολόγησή της περιγράφεται στην εργασία (Ibáñez, Serio, Villarán, & Kloos, 2014). Η αξιολόγηση της εφαρμογής πραγματοποιήθηκε με συμμετοχή πέντε τάξεων διδασκαλίας φυσικής, σε τέσσερα σχολεία στη βαθμίδα του Λυκείου. Για την αξιολόγηση της εφαρμογής, πραγματοποιήθηκε διδασκαλία συγκεκριμένης ύλης φυσικής (α) σε ομάδες εκπαιδευομένων με χρήση της εφαρμογής ΕΠ και (β) σε ομάδες εκπαιδευομένων με χρήση της εφαρμογής διαδικτύου. Στο τέλος αξιολογήθηκε τόσο η στάση των εκπαιδευομένων απέναντι στην εκπαιδευτική διαδικασία, όσο και το μαθησιακό αποτύπωμα της εκπαίδευσης και καταδείχθηκαν τα ακόλουθα:

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

- Οι εκπαιδευόμενοι εν γένει ανέπτυξαν πιο θετική στάση απέναντι στη μαθησιακή διαδικασία,
- Οι εκπαιδευόμενοι ήταν πιο συγκεντρωμένοι στην εκπαιδευτική διαδικασία,
- Οι εκπαιδευόμενοι επέτυχαν πληρέστερη και σε μεγαλύτερο βάθος κατανόηση και γνώση,

Παράδειγμα εφαρμογής ΕΠ για τη διδασκαλία του ηλεκτρομαγνητισμού είναι η Physics Lab AR (Εικόνα 40), η οποία παρέχει στους εκπαιδευόμενους τη δυνατότητα δημιουργίας κυκλωμάτων, σχεδιασμού και εκτέλεσης πειραμάτων φυσικής κ.ά.



Εικόνα 40. Εφαρμογή Physics Lab AR (Physics Lab AR, 2018)

### 3.8.2.5 Επαυξημένη Χημεία

Η Χημεία είναι ένα εκπαιδευτικό αντικείμενο στο οποίο αρκετοί μαθητές αντιμετωπίζουν ζητήματα κατανόησης. Οι βασικοί λόγοι στους οποίους ανάγονται τα ζητήματα αυτά εντοπίζονται στην αδυναμία των εκπαιδευομένων να συλλάβουν τον μικρόκοσμο των μορίων και των ατόμων και να οπτικοποιήσουν την τρισδιάστατη δομή των στοιχειωδών σωματιδίων που διδάσκονται. Προκειμένου για την άμβλυση των ζητημάτων αυτών δημιουργήθηκε η εφαρμογή ΕΠ «Επαυξημένες Χημικές Αντιδράσεις», στην οποία οπτικοποιούνται μοριακά μοντέλα τα οποία εμφανίζονται όταν ο χρήστης «σκανάρει» ειδικά πινακίδια στην εφαρμογή. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να μεταβάλλει τη θέση αλλά και τον προσανατολισμό των στοιχειωδών σωματιδίων στις τρεις διαστάσεις (Maier, Klinker, & Tonnis, 2009). Η εφαρμογή ενσωματώνει επίσης τη δυναμική των χημικών αντιδράσεων, παρουσιάζοντας τον τρόπο με τον οποίο αλληλεπιδρούν τα στοιχειώδη σωματίδια όταν αυτά πλησιάζουν. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης της εφαρμογής ΕΠ «Επαυξημένες Χημικές Αντιδράσεις» καταδεικνύουν ότι υπάρχουν δυνατότητες για επαύξηση του μαθησιακού αποτυπώματος και του βαθμού εμπέδωσης των μοντέλων, εννοιών και νόμων της χημείας. Το κύριο στοιχείο της εφαρμογής που συνεισφέρει στις ωφέλειες αυτές είναι η ικανότητα απεικόνισης και χειρισμού της τρισδιάστατης δομής των στοιχειωδών σωματιδίων.

Μια αντίστοιχη εκπαιδευτική πλατφόρμα δημιουργήθηκε από το ευρωπαϊκό έργο ARiSE (Augmented Reality in School Environments), με στόχο την υποβοήθηση της μάθησης στον χώρο των καθοδηγούμενων κατασκευών (Guided Constructions). Μέσω της εφαρμογής αυτής οι εκπαιδευόμενοι έχουν τη δυνατότητα να κατασκευάσουν μόρια και να εξετάζουν τον περιοδικό πίνακα των στοιχείων. Μία εικόνα της εφαρμογής φαίνεται στην Εικόνα 41, (Cabero & Barroso, 2016).

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση



Εικόνα 41.Εφαρμογή Guided Construction (Cabero & Barroso, 2016)

### 3.8.2.6 Επαυξημένη Ιστορία

Η διδασκαλία της ιστορίας εν γένει θεωρείται δύσκολη για τους εκπαιδευόμενους, καθώς περιλαμβάνει την απομνημόνευση ονομάτων, γεγονότων και τοπωνυμίων. Η παραδοσιακή μέθοδος διδασκαλίας της ιστορίας έχει πρόσφατα διανθιστεί με πολυμέσα, συμπεριλαμβάνοντας φωτογραφίες, ταινίες (βίντεο) ιστορικού περιεχομένου, πρωτογενείς και δευτερογενείς πηγές (π.χ. συνεντεύξεις) και γραφικά 3D. Στο οπλοστάσιο των εκπαιδευτών ιστορίας έχουν προστεθεί πρόσφατα και οι εφαρμογές ΕΠ, οι οποίες συνεισφέρουν με πολλαπλά οφέλη στο μαθησιακό αποτύπωμα. Μέσω της τεχνολογίας ΕΠ, η οποία είναι προσβάσιμη μέσω κινητών συσκευών, είναι δυνατή η παροχή σε πραγματικό χρόνο πληροφοριών που σχετίζονται με το διδασκόμενο αντικείμενο, καθιστώντας έτσι ένα πολυμεσικό μαθησιακό περιβάλλον προσβάσιμο σε κάθε μαθητή που διαθέτει κινητή συσκευή. Το πολυμεσικό περιεχόμενο δημιουργείται προσαρμοσμένο κατάλληλα για τον κάθε χρήστη, εξετάζοντας τη θέση και τον προσανατολισμό της συσκευής, και απαρτίζεται από κείμενο, ηχητικό περιεχόμενο, βίντεο, στατικές εικόνες ή και τρισδιάστατα γραφικά. Η εφαρμογή «Memory of Nations» (Ntaoulas, Goudela, & Zois, 2020) είναι μία εφαρμογή που εστιάζει στη διδασκαλία της ιστορίας, μέσω της οποίας οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να ακούσουν ηχητικό υλικό και τεκμήρια για το διδασκόμενο θέμα (μαρτυρίες, αφηγήσεις, σχόλια κ.λπ.) για γεγονότα που έλαβαν χώρα σε περισσότερες από 200 τοποθεσίες. Ένα αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό αυτής της εφαρμογής είναι ότι οι εκπαιδευόμενοι εμπλέκονται στην διαμόρφωση αναπαραστάσεων ιστορικών γεγονότων με τεχνολογίες ΕΠ, και με τον τρόπο αυτό εμπλουτίζουν έτι περαιτέρω τις γνώσεις τους στον τομέα της ιστορίας (Kysela & Štorková, 2015).

Μία ακόμη εφαρμογή που αφορά τη διδασκαλία της ιστορίας είναι London History AR (Εικόνα 42), για μια εφαρμογή που καλύπτει την ιστορία του Λονδίνου, χρησιμοποιώντας την τεχνολογία της ΕΠ.



## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση



Εικόνα 42. Εφαρμογή London History AR (Octagon Studio, 2023)

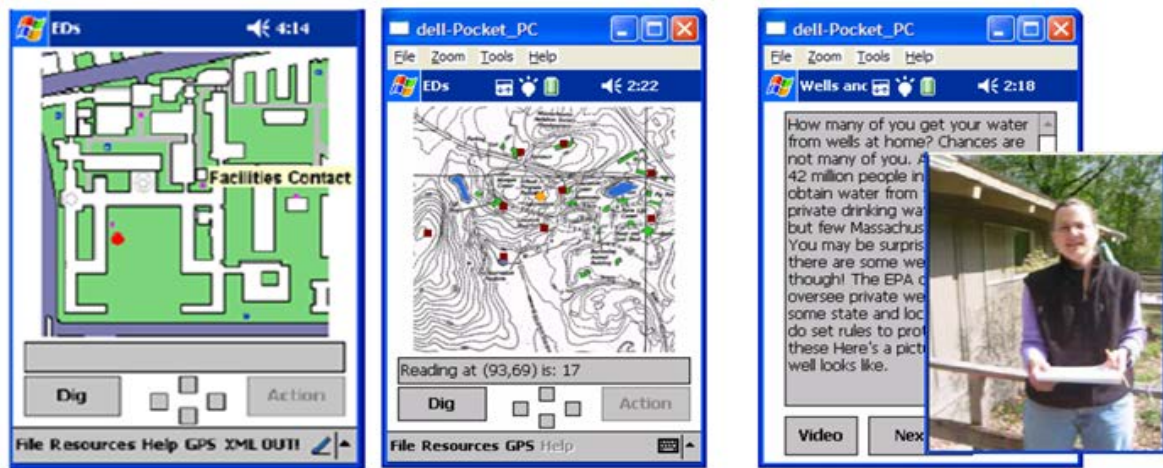
### 3.8.2.7 Επαυξημένη Περιβαλλοντική Εκπαίδευση

Η επαυξημένη πραγματικότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στο πλαίσιο της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης για παροχή περαιτέρω γνώσεων και ευαισθητοποίησης των εκπαιδευομένων σε περιβαλλοντικά ζητήματα. Μια ενδιαφέρουσα πλατφόρμα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης είναι οι «περιβαλλοντικοί ντετέκτιβς» (Environmental Detectives), η οποία δημιουργήθηκε με σκοπό να ενισχυθεί η εκπαίδευση σε περιβαλλοντικά ζητήματα, αλλά και να αποτελέσει τη βάση/πλατφόρμα για κατασκευή εφαρμογών με στόχο την περιβαλλοντική εκπαίδευση (Klorfer & Squire, 2008). Η εφαρμογή «περιβαλλοντικοί ντετέκτιβς» επιτρέπει τη δημιουργία παιχνιδιών ή παιχνιδιών (gamified) εφαρμογών με χρήση ΕΠ. Η εφαρμογή αξιοποιεί το GPS προκειμένου να εντοπίζεται η θέση του χρήστη και έτσι αφ' ενός να παρέχονται πληροφορίες σχετικές με τη συγκεκριμένη θέση του χρήστη, αφ' ετέρου να καθοδηγούνται οι χρήστες στην επίλυση γρίφων και δράσεων ώστε να σημειώσουν πρόοδο στο παιχνίδι. Σύμφωνα με την έρευνα (Klorfer & Squire, 2008), τα κύρια χαρακτηριστικά των εφαρμογών ΕΠ που συνεισφέρουν θετικά στο εκπαιδευτικό αποτύπωμα είναι τα ακόλουθα:

- *Η φορητότητα* που επιτρέπει τη χρήση της εφαρμογής χωρίς χωρικούς περιορισμούς,
- *Η κοινωνική αλληλεπίδραση*, μέσω της οποίας επιτρέπεται η επικοινωνία και η συνεργασία μεταξύ των μελών της τάξης,
- *Η προσαρμογή στα συμφραζόμενα*, όπου καθίσταται δυνατή η συγκέντρωση στοιχείων που είναι ιδιαίτερα για έκαστη τοποθεσία, το περιβάλλον και τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Αυτό αφορά τόσο τα πραγματικά όσο και τα συνθετικά δεδομένα,
- *Η συνδεσιμότητα*, η οποία επιτρέπει τη διαμόρφωση κατ' απαίτηση (ad hoc) δικτύων ανταλλαγής πληροφοριών, μέσω των οποίων οι συσκευές συνδέονται και επικοινωνούν, επιτρέποντας στους χρήστες να ενταχθούν σε ένα συνεργατικό περιβάλλον διαμοιρασμού και συνεισφοράς,
- *Η μοναδικότητα*, όπου κάθε χρήστης ενδυναμώνεται ώστε μέσω της προσωπικής του συμμετοχής και την ανάπτυξη της ατομικής του πρωτοβουλίας να καταναλώσει εκπαιδευτικό υλικό στο πλαίσιο του παιχνιδιού, με τον δικό του ρυθμό και υπηρετώντας την προσωπική του στόχευση.

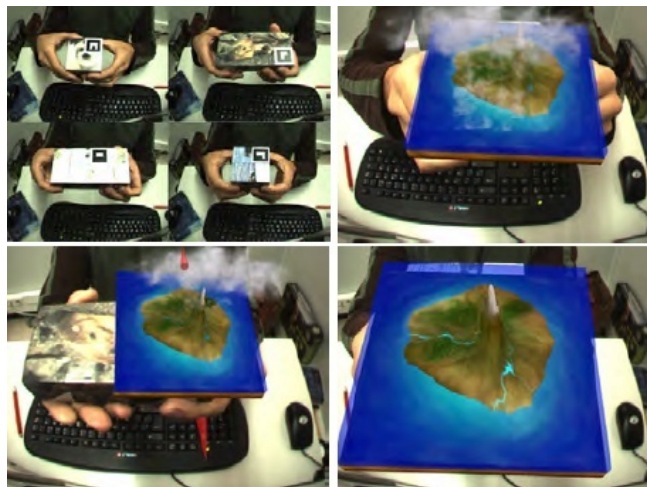
Παράδειγμα μιας τέτοιας εφαρμογής φαίνεται στην Εικόνα 43 που ακολουθεί.

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση



Εικόνα 43. Εφαρμογή Περιβαλλοντικοί Ντετέκτιβς (Environmental Detectives) (Klopfer & Squire, 2008)

Μια άλλη εφαρμογή είναι «ο μαγικός κύβος», στην οποία με απλό τρόπο παρουσιάζεται ο κύκλος του νερού, όπως φαίνεται στην Εικόνα 44 (Alcañiz Raya, Contero, López, & Ortega, 2010).



Εικόνα 44. Εφαρμογή Μαγικός Κύβος (Alcañiz Raya, Contero, López, & Ortega, 2010).

Σε αυτή την περίπτωση, χρησιμοποιείται ένας «μαγικός κύβος» για να καθοδηγήσει το χρήστη στις διάφορες φάσεις που διασχίζει το νερό. Σε αυτή την εφαρμογή έχουν χρησιμοποιηθεί οι τέσσερις από τις έξι πλευρές του «μαγικού κύβου», τοποθετώντας ένα μικρό σημάδι σε κάθε πλευρά που χρησιμοποιείται. Ο «μαγικός κύβος» μπορεί να φανεί στην εικόνα του υπολογιστή και να παρατηρηθεί σε μικρό μέγεθος. Ο χρήστης πρέπει απλώς να δείξει τον κύβο στην κάμερα, να παρατηρήσει την οθόνη και να αλληλεπιδρά σε ένα σύστημα που τον υποστηρίζει. Η αλληλεπίδραση εκκινείται όταν ο χρήστης δείξει στο σύστημα το σήμα «init». Μετά από αυτό, ένα εικονικό αντικείμενο εμφανίζεται πάνω από τον κύβο, που αντιπροσωπεύει ένα μικρό νησί με ένα μικρό βουνό. Την ίδια στιγμή μπορεί να ακουστεί ένας ήχος νερού που βράζει και ξεκινά ένα είδος ατμού (υδρατμός) να βγαίνει από τη θάλασσα. Σταδιακά σχηματίζεται ένα σύννεφο πάνω από τη θάλασσα, μέχρι τον ήχο του βρασμού του νερού. Τότε σταματάει ο υδρατμός για να ξεφύγει από τη θάλασσα. Στη συνέχεια, το σύστημα εμφανίζει δύο κόκκινα βέλη που υποδεικνύουν στον χρήστη πώς πρέπει να ανοίξει το «μαγικό κύβο» για να περάσει στο επόμενο στάδιο του κύκλου του νερού. Στη

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

συνέχεια, το σύστημα εμφανίζει μια νέα σκηνή, όπου ο χρήστης ακούει έναν ήχο αέρα που φυσάει και τα σύννεφα πλησιάζουν στο βουνό και αρχίζει να βρέχει. Μετά από αυτό, το σύστημα υποδεικνύει και πάλι στο χρήστη πώς να ανοίξει τον κύβο στο επόμενο στάδιο, όπου εξαφανίζονται τα σύννεφα εντελώς και η βροχή σταματάει. Τέλος, ο χρήστης καθοδηγείται στην τελευταία σκηνή, όπου ακούει έναν ήχο ποταμού νερού και ήχου και ο ποταμός παράγει αναλαμπές, ολοκληρώνοντας τον κύκλο του νερού.

Άλλη μία εφαρμογή ΕΠ για περιβαλλοντική εκπαίδευση είναι η Animal AR (Εικόνα 45), που συνεισφέρει στην παροχή πληροφοριών και ενημέρωση για διάφορα ζώα σχετικά με το που και πώς ζουν.



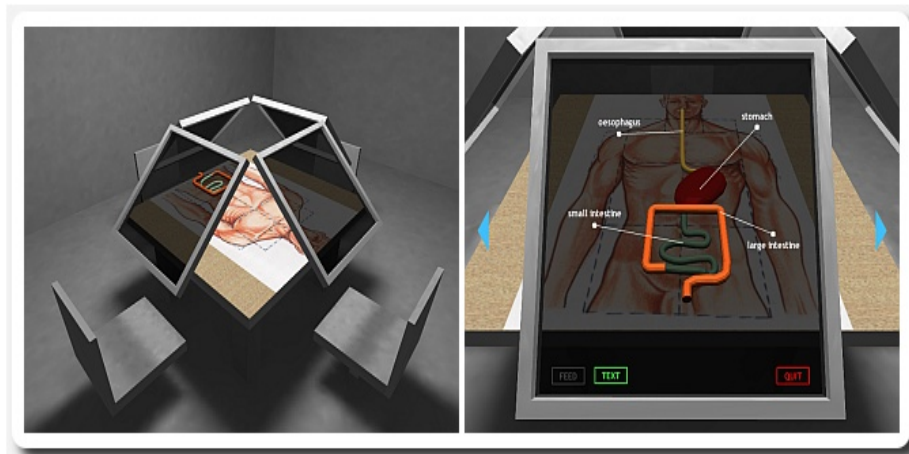
Εικόνα 45. Εφαρμογή Animal AR (Yaksha Visual Technologies Pvt Ltd, 2023)

### 3.8.2.8 Επαυξημένη Βιολογία

Ένα ακόμη πεδίο εφαρμογής της ΕΠ στην εκπαίδευση είναι αυτό της βιολογίας, όπου πολλές εφαρμογές έχουν αναπτυχθεί με ιδιαίτερη εστίαση στην ανατομία και την ανατομική δομή. Σε μελέτες που διεξήχθησαν στην Ομοσπονδία Σχολείων και Ακαδημιών Εξειδίκευσης (Specialist Schools and Academies Trust-SSAT) καταδείχθηκε ότι οι τεχνολογία της ΕΠ έχει τη δυνατότητα να αξιοποιηθεί στην εκπαίδευση σχετικά με την ανατομία, παρουσιάζοντας τα ανθρώπινα όργανα μέσω τρισδιάστατων μοντέλων και συνεισφέροντας έτσι στην κατανόηση από την πλευρά των εκπαιδευομένων της δομής των οργάνων, της θέσης τους στον οργανισμό και της λειτουργίας τους. Επιπρόσθετα, μέσω της κάμερας της συσκευής τους, οι εκπαιδευόμενοι είχαν τη δυνατότητα να σαρώσουν ετικέτες/δείκτες ΕΠ, και η εφαρμογή ανταποκρίνονταν σε αυτή τη διαδικασία προβάλλοντας στην οθόνη στοιχεία για τις ανατομικές δομές του σώματος του ανθρώπου.

Επιπρόσθετα, στο πλαίσιο του έργου ARiSE (Augmented Reality in School Environments), αναπτύχθηκε μία εφαρμογή ΕΠ όπου οι μαθητές μπορούσαν να εξερευνήσουν το πεπτικό σύστημα του ανθρώπινου οργανισμού (Cabero & Barros, 2016). Για τον σκοπό αυτό υπήρχε ειδική διαμόρφωση ενός γραφείου, με κάθισμα και κατάλληλη οθόνη, όπως φαίνεται στην Εικόνα 46.





Εικόνα 46. Project ARiSE για προβολή ανθρώπινου πεπτικού συστήματος (Žágra, Havran, & Sýkora, 2024)

### 3.8.2.9 Επαυξημένη Αστρονομία

Στην περιοχή της χρήσης της τεχνολογίας ΕΠ στην αστρονομία, το Google Sky Map περιγράφεται από τους (Johnson, Levine, Smith, & Stone, 2010) ως μία εφαρμογή που μέσω ΕΠ υποστηρίζει την εκπαίδευση στο αντικείμενο. Η εφαρμογή Sky Map προβάλλει στους χρήστες τον ουράνιο θόλο με τους αστερισμούς και τα λοιπά ουράνια σώματα, και επ' αυτού του χάρτη υπερτίθενται σχετικές πληροφορίες. Το τμήμα του χάρτη του θόλου που προβάλλεται επιλέγεται από τους χρήστες στρέφοντας την κάμερα της συσκευής τους προς το σχετικό σημείο του ουρανού που επιθυμούν να μελετήσουν. Μία άποψη της εφαρμογής φαίνεται στην Εικόνα 47.



Εικόνα 47. Εφαρμογή Google Sky Map (Infobae, 2022).

Επίσης, και η εφαρμογή Star Walk 2 (Εικόνα 48) επιτρέπει την εξερεύνηση του νυχτερινού ουρανού μέσω της τεχνολογίας ΕΠ.



Εικόνα 48. Εφαρμογή Star Walk 2 (Vito Technology, 2017)

### 3.8.2.10 Ζωγραφική

Η τεχνολογία της ΕΠ μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη ζωγραφική, δίνοντας τη δυνατότητα να προστεθεί νέα διάσταση στις ζωγραφιές, τα χρώματα και τα σχήματα, τα οποία μπορούν να «ζωντανέψουν». Μια τέτοια εφαρμογή είναι η Quiver (Εικόνα 49), όπου ο χρήστης μπορεί να εκτυπώνει ζωγραφιές, να τις χρωματίζει και, χρησιμοποιώντας τη συσκευή του, να τις βλέπει να ζωντανεύουν σε τρισδιάστατα μοντέλα.

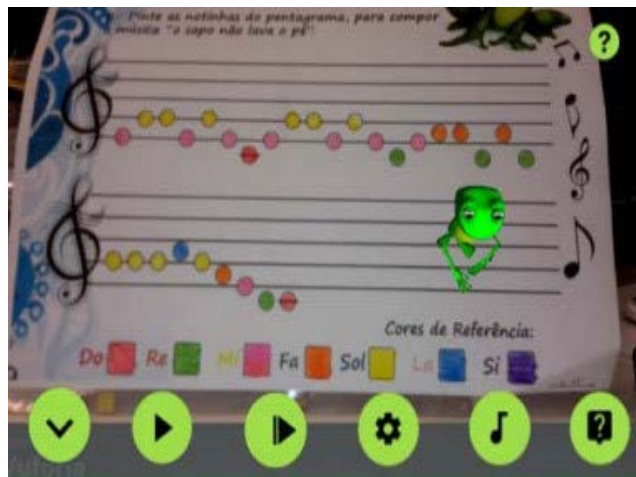


Εικόνα 49. Εφαρμογή Quiver (Quiver Vision, 2022)

### 3.8.2.11 Μουσική

Η τεχνολογία της ΕΠ μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στη μουσική. Σύμφωνα με τους (Lemos, Corrêa, Nascimento, & Lopes, 2017), για την πιο εύκολη και κατανοητή εκμάθηση της μουσικής και των νοτών της, μπορεί να χρησιμοποιήσει η εφαρμογή AR Music App, η οποία φαίνεται στην Εικόνα 50 που ακολουθεί. Παιδιά μικρής ηλικίας μπορούν μέσω μιας φορητής συσκευής να μάθουν να παίζουν και να γράφουν μουσική, χωρίς να χρειάζεται να έχουν προηγούμενες γνώσεις. Με τον τρόπο αυτό μαθαίνουν και διασκεδάζουν ταυτόχρονα.

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση



Εικόνα 50. Εφαρμογή AR Music App (Lemos, Dionísio Corrêa, Nascimento, & Deus Lopes, 2017).

### 3.8.2.12 Επαυξημένη διαθεματική και επαγγελματική εκπαίδευση

Στον τομέα της επαυξημένης διαθεματικής και επαγγελματικής εκπαίδευσης, η εφαρμογή ΕΠ «Alien Contact» παρουσιάζεται και αναλύεται στις εργασίες (Feiner, MacIntyre, Hollerer, & Webster, 1997) και (Dunleavy, Dede, & Mitchell, 2009). Η εφαρμογή είναι προσανατολισμένη στην ανάπτυξη δεξιοτήτων στο πλαίσιο της εκπαίδευσης (α) στη λογοτεχνία, (β) στα μαθηματικά, (γ) στη γραφή και (δ) στην ανάγνωση, στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Η εφαρμογή διαμορφώνει σενάρια όπου οι εξωγήινοι έχουν προσεδαφιστεί στον πλανήτη μας και διαφαίνεται ότι θα επιχειρήσουν κάποιες (μάλλον εχθρικές) δράσεις. Οι εκπαιδευόμενοι, διαμορφώνουν τετραμελείς ομάδες στο πλαίσιο των οποίων θα πρέπει να εξερευνήσουν τον ψηφιακό κόσμο που συντίθεται με τεχνολογίες ΕΠ, να λάβουν συνεντεύξεις από ψηφιακούς χαρακτήρες, να εντοπίσουν αντικείμενα του ψηφιακού κόσμου και επιτύχουν σε δοκιμασίες που αφορούν τη λογοτεχνία, τα μαθηματικά, την ανάγνωση και τη γραφή. Η εφαρμογή «Alien Contact» αξιοποιεί την τρέχουσα θέση των εκπαιδευομένων, και δίνει έμφαση στις συνεργατικές δραστηριότητες όπου κάθε μέλος της ομάδας αναλαμβάνει έναν διακριτό ρόλο, αλλά όλοι οι ρόλοι έχουν συμπληρωματικότητα. Πέραν της συνεργασίας εντός της ομάδας, η εφαρμογή προάγει και τη συνεργασία μεταξύ διαφορετικών ομάδων. Οι συγγραφείς σημειώνουν ότι οι εκπαιδευόμενοι επέδειξαν αυξημένη προσήλωση κατά την εκτέλεση των δραστηριοτήτων, και αυτό ήταν πιο εμφανές στους μαθητές που εν γένει είχαν μειωμένη προσήλωση σε λοιπές μαθησιακές δραστηριότητες.

Επίσης, σύμφωνα με τους (Bacca, Baldiris, Fabregat, Kinshuk, & Graf, 2015), δοκιμάστηκε η εφαρμογή Paint-c AR σε μαθητές που εκπαιδεύονται ως μηχανικοί οχημάτων για την επισκευή χρώματος αυτοκινήτου. Οι μαθητές είχαν υψηλή ικανοποίηση για την διαδικασία, κινητοποιήθηκαν από την εφαρμογή και ενισχύθηκαν οι γνώσεις τους. Τέλος, η AuGeo, είναι άλλη μια εφαρμογή ΕΠ μέσω της οποίας οι χρήστες μπορούν να δουν τις γεωγραφικές πληροφορίες για το έδαφος που περικλείει την τοποθεσία που βρίσκονται ή ευρύτερα για γεωχωρικά δεδομένα (<https://www.esri.com/arcgis-blog/products/3d-gis/3d-gis/ar-for-your-gis/>). Η ανάπτυξή της βασίστηκε στο περιβάλλον Vuforia.

### 3.8.3 Οφέλη από τη χρήση επαυξημένης πραγματικότητας στη μαθησιακή διαδικασία

Σύμφωνα με τους (Ntaoulas, Goudela, & Zois, 2020), υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες εφαρμογών που απαντώνται συχνότερα, οι εφαρμογές με βάση την εικόνα (Image-Based AR) και οι εφαρμογές με βάση τη θέση (Location-Based). Οι εφαρμογές με βάση την εικόνα, μέσω της ανίχνευσης εικόνων (π.χ. γραμμωτού κώδικα/Barcode ή δείκτη ΕΠ marker) προχωρούν στις αποφάσεις σχετικά με το ποια πληροφορία θα πρέπει

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

να προβληθεί, ενώ οι εφαρμογές με βάση τη θέση αξιοποιούν αντίστοιχα την τρέχουσα θέση του χρήστη, λαμβάνοντας τυπικά την πληροφορία αυτή από τον δέκτη GPS της συσκευής του χρήστη. Λόγω των περιορισμών της τεχνολογίας GPS οι εφαρμογές με βάση τη θέση βρίσκουν ευχερέστερα εφαρμογή σε ανοικτούς χώρους. Η κάθε προσέγγιση έχει διαφορετικά θετικά χαρακτηριστικά στον τομέα της μάθησης: οι εφαρμογές με βάση την εικόνα φαίνεται ότι υποστηρίζουν την ανάπτυξη γνώσεων και δεξιοτήτων με χωρικό και πρακτικό χαρακτήρα, καθώς και στην κατανόηση των εννοιών. Σε αντιδιαστολή, οι εφαρμογές με βάση τη θέση ταιριάζουν καλύτερα σε δραστηριότητες διερευνητικής μάθησης (Cheng & Tsai, 2012).

Συνεκτιμώντας τα αποτελέσματα των ερευνών, τις βελτιώσεις στη λειτουργικότητα των εφαρμογών ΕΠ αλλά και την πρόοδο στις διεπαφές χρήστη, οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι η χρήση της ΕΠ στην εκπαίδευση και τη μαθησιακή διαδικασία μπορεί να συνεισφέρει με πολυάριθμους τρόπους και να προσφέρει πολλαπλά οφέλη (Radu, 2014):

- αύξηση της κατανόησης της διδασκόμενης ύλης από τους μαθητές και βελτίωση των επιδόσεών τους.
- Παροχή κινήτρων και κινητοποίηση των εκπαιδευομένων για την εξερεύνηση των διδακτικών πόρων υπό πολλαπλές οπτικές γωνίες.
- Υποβοήθηση της διδασκαλίας αντικειμένων για τα οποία δεν υπάρχει η δυνατότητα άμεσης παρατήρησης ή βιωματικής συμμετοχής (π.χ. αστρονομία και γεωγραφία).
- Ενδυνάμωση της συνεργασίας μεταξύ των εκπαιδευομένων, αλλά και της συνεργασίας μεταξύ εκπαιδευομένων και εκπαιδευτών.
- Ενίσχυση της δημιουργικότητας και της φαντασίας των μαθητών.
- Ενίσχυση της επίτευξης μακροχρόνιου μαθησιακού αποτυπώματος στους εκπαιδευόμενους.

## 4 Μελέτες περίπτωσης της επίδρασης της επαυξημένης πραγματικότητας στις μαθησιακές επιδόσεις των μαθητών στην εκπαίδευση STEM

Η ΕΠ είναι κατάλληλη για προσομοιώσεις, ειδικά στον τομέα της εκπαίδευσης STEM. Στην εργασία (Panciroli, Macaуда, & Russo, 2017) καταγράφεται μία μελέτη που διερευνά τη χρήση της ΕΠ στη Βιολογία. Η μελέτη αυτή επιβεβαιώνει ότι η χρήση της τεχνολογίας αυτής έχει μια βασική θέση στις τελευταίες εξελίξεις που σχετίζονται με τη μάθηση, όπου οι νέες τεχνολογικές συσκευές αντιμετωπίζονται ως μέσα που μπορούν να προωθήσουν τη διαδικασία της μάθησης.

Έχει παρατηρηθεί σε πολλές μελέτες ότι οι εκπαιδευτικές ανάγκες και οι τρόποι αντίληψης των πληροφοριών από τους εκπαιδευόμενους στη σύγχρονη εποχή έχουν αλλάξει τα τελευταία χρόνια (Lytridis, Tsinakos, & Kazanidis, 2018). Η New Media Consortium (NMC) αναφέρει την Higher Education Horizon ειδικά ως μία από τις βασικές εκπαιδευτικές τεχνολογίες και οδηγούς για την εμπλοκή των μαθητών στη μαθησιακή διαδικασία (Birt, Stromberga, Cowling, & Moro, 2018). Η έρευνα επισημαίνει ότι η επαυξημένη πραγματικότητα διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη σχέση μεταξύ τεχνολογιών και διδακτικής διαμεσολάβησης (Panciroli, Macaуда, & Russo, 2017). Οι εφαρμογές της είναι η προϋπόθεση για την επαυξημένη μάθηση, μέσω της αναπαραγωγής συγκεκριμένων σεναρίων που υπερβαίνουν την καθαρά θεωρητική διάσταση. Το μαθησιακό περιβάλλον πρέπει να επωφεληθεί από το οικοσύστημα των ΤΠΕ που συνυπάρχει με το σχολείο (Hernandez & Duque-Bedoya, 2018).

Το εσωτερικό της τάξης θα πρέπει να θεωρείται εννοιολογικά ως εκπαιδευτικό εργαλείο που διεγείρει και υποστηρίζει την πλήρη μαθησιακή διαδικασία, βοηθά στην δημιουργική σκέψη και αποδίδει την πρέπουσα αξία στα εκπαιδευτικά καθήκοντα μέσω των διαφόρων εκφραστικών μέσων τέχνης και σχεδιασμού. Σύμφωνα με άλλες μελέτες (Del Cerro Velazquez & Morales Méndez, 2018), η ΕΠ όχι μόνο καθιστά τη διαδικασία της διδασκαλίας και της μάθησης πιο απλή και πιο ενδιαφέρουσα, αλλά αυξάνει και το κίνητρο των μαθητών για μάθηση.

Η επαυξημένη πραγματικότητα θεωρείται επαρκής για να δώσει στους μαθητές μια αίσθηση πληρότητας τόσο στο περιβάλλον, όσο και στη διαδικασία της μάθησης. Πολλές σύγχρονες αίθουσες διδασκαλίας με την απλότητά τους θυμίζουν τον αυστηρό επιστημονικό χώρο που χρησιμοποιείται από καταξιωμένους και έμπειρους επιστήμονες. Ωστόσο, δεν λαμβάνεται υπόψη ότι εκτός από την εικονική επαυξημένη πραγματικότητα, υπάρχει επίσης μια υλική επαυξημένη πραγματικότητα, η οποία δημιουργείται από την ανθρώπινη φαντασία που συνδυάζει την τέχνη, την επιστήμη και τον εσωτερικό σχεδιασμό σε ένα μαθησιακό περιβάλλον.

Οι προσομοιώσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη θέση του εργαστηριακού εξοπλισμού που μπορεί να είναι υπερβολικά ακριβός ή ακόμη και επικίνδυνος σε ένα σχολείο (π.χ. πειράματα φυσικής, μηχανικής ή χημείας). Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να εξερευνήσουν φαινόμενα των οποίων η διάρκεια είναι υπερβολικά μεγάλη ή εξαιρετικά σύντομη, με αποτέλεσμα να μην είναι εφικτό να παρατηρηθούν κατά τη διάρκεια ενός μαθήματος ή να μην είναι στην ουσία εφικτό να διεξαχθούν αποτελεσματικά στην τάξη, αντίστοιχα. Με τον τρόπο αυτό, οι μαθητές μπορούν επίσης να χειριστούν μεταβλητές και να δουν τα αποτελέσματα ενός πλήθους πειραμάτων, χωρίς να χρειάζεται αυτά να διεξαχθούν πραγματικά. Είναι μια τεχνολογία που καθιστά δυνατή τη δημιουργία εικονικών περιβαλλόντων που επικαλύπτουν ένα πραγματικό περιβάλλον με άμεσο ή έμμεσο τρόπο, επιτρέποντας την αλληλεπίδραση της πραγματικότητας με την απεικόνιση των εικονικών γραφικών (Del Cerro Velazquez & Morales Méndez, 2018).

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

Λαμβάνοντας υπόψη αυτά τα οφέλη, πιστεύεται ότι η χρήση προσομοιώσεων που βασίζονται στην ΕΠ στην τάξη μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της μάθησης (D'Angelo, et al., 2014). Αυτή η τεχνολογία έχει δώσει τη δυνατότητα τόσο για τους εκπαιδευτικούς, όσο και για τους μαθητές να δουν πληροφορίες και εξοπλισμό σε περιβάλλοντα που διαφορετικά θα ήταν αδύνατο να δουν και επιτρέποντας την οπτικοποίηση επιστημονικών εννοιών, κάτι που είναι ιδιαίτερα σημαντικό ιδίως για έννοιες που δεν ήταν έως τώρα δυνατό να απεικονισθούν με σαφήνεια (Del Cerro Velázquez & Morales Méndez, 2018). Ωστόσο, θα πρέπει να λαμβάνεται πάντα ιδιαίτερη μέριμνα για τον κατάλληλο σχεδιασμό του υλικού και της εκπαιδευτικής διαδικασίας: μια πρόσφατη μελέτη του Πανεπιστημίου του Salford (Barrett, Barrett, & Zhang, 2015) ανακάλυψε ότι ο σχεδιασμός της τάξης μπορεί να επηρεάσει τη μάθηση κατά 25% (τόσο θετικά όσο και αρνητικά).

Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται δύο μελέτες περίπτωσης για χρήση της ΕΠ στην εκπαίδευση STEM.

### 4.1 Πρώτη μελέτη περίπτωσης

#### 4.1.1 Γενική Περιγραφή

Η παρουσιαζόμενη μελέτη περίπτωσης αφορά την έρευνα που έχει δημοσιευτεί στο (Petron & Atanasova, 2020) και αποσκοπεί στο να διερευνήσει την επίδραση ενός εργαλείου ΕΠ στις μαθησιακές επιδόσεις των εκπαιδευομένων. Στο πλαίσιο της έρευνας διερευνήθηκε η αποτελεσματικότητα ενός μαθησιακού περιβάλλοντος που ενσωματώνει εικονική πραγματικότητα, και είχε ως κύριο στόχο την ενδυνάμωση (i) της μάθησης και (ii) της κατανόησης του εκπαιδευτικού υλικού.

#### 4.1.2 Επιδιωκόμενοι στόχοι και μετρικές

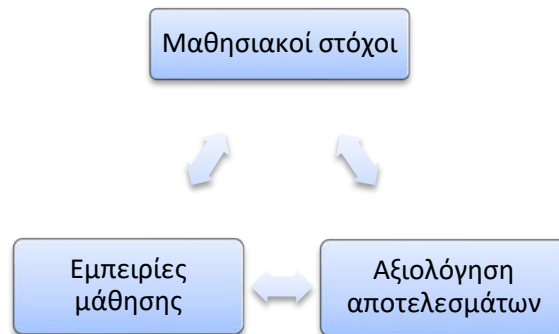
Μερικές πρόσφατες μελέτες επικεντρώθηκαν στη σχέση μεταξύ της ΕΠ και της εκπαίδευσης STEM και των δυνατοτήτων της. Η αποτελεσματικότητα των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων που διεξάγονται μέσω της επαυξημένης πραγματικότητας αντιπροσωπεύει ένα από τα πιο ενδιαφέροντα ζητήματα (Petron & Atanasova, 2020). Με δεδομένο τον καινοτόμο χαρακτήρα της εφαρμογής της τεχνολογίας ΕΠ στην εκπαίδευση STEM, μία σημαντική παράμετρος για την εκπαιδευτική κοινότητα ήταν να μετρηθεί η αποτελεσματικότητα της χρήσης αυτής στο εκπαιδευτικό αποτύπωμα.

Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα (Petron & Atanasova, 2020) περιελάμβανε τρία σημαντικά στοιχεία (Εικόνα 51):

- Καλά καθορισμένους στόχους μάθησης.
- Αυθεντικές εμπειρίες μάθησης.
- Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των εκπαιδευομένων και των μαθησιακών τους εμπειριών.



## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση



Εικόνα 51. Στοιχεία μέτρησης του συστήματος της αποτελεσματικότητας.

Μία προσέγγιση για την αξιολόγηση του οφέλους που προκύπτει από τη χρήση προσομοιώσεων είναι η διεξαγωγή συγκριτικών δοκιμών. Η εμπειρία που αποκτήθηκε κατά τη διάρκεια ενός σχολικού έτους έδειξε ότι τα εικονικά πειράματα οδήγησαν σε πολύ πιο αυξημένο μαθησιακό αποτύπωμα από ότι θα ήταν ποτέ δυνατόν σε μια παραδοσιακή τάξη (δηλ. χωρίς χρήση των εικονικών πειραμάτων). Αυτά τα αρχικά ευρήματα έχουν καταδείξει ότι οι προσομοιώσεις είναι ένας πολλά υποσχόμενος τρόπος βελτίωσης των μαθησιακών αποτελεσμάτων των μαθητών, ειδικά σε θέματα STEM. Η αξιολόγηση του εάν επιτυγχάνονται οι μαθησιακοί στόχοι και του βαθμού βελτίωσης του μαθησιακού αποτελέσματος σε περιβάλλοντα ΕΠ είναι ιδιαίτερα σημαντική, ιδίως λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι η χρήση τους συνεπάγεται αυξημένο κόστος (τόσο οικονομικό, όσο και σε άνθρωπο προσπάθεια για την ανάπτυξη και την εφαρμογή), και συνακόλουθα θα πρέπει να σταθμιστούν τα οφέλη και τα κόστη. Αυτό απαιτεί τη δημιουργία μιας στρατηγικής αξιολόγησης, τη συλλογή δεδομένων αξιολόγησης και τη δημιουργία συστάσεων για πρόσθετες βελτιώσεις.

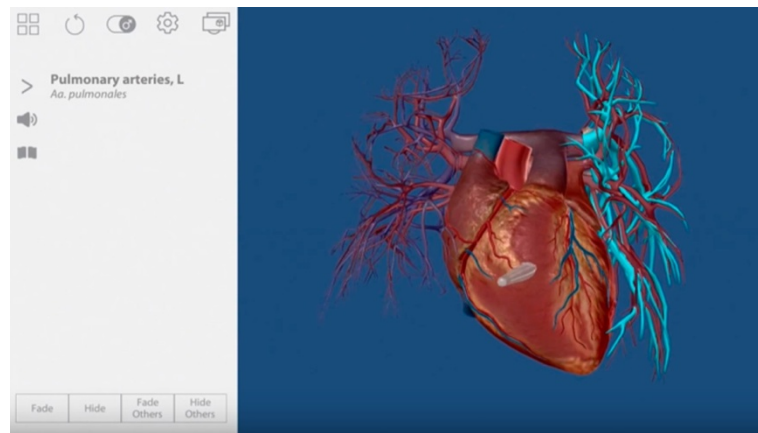
Στη συγκεκριμένη μελέτη (Petron & Atanasova, 2020), οι μετρήσεις αφορούν στο συνολικό μαθησιακό αποτύπωμα που έχει η χρήση της ΕΠ σε περιβάλλοντα STEM. Για τον σκοπό αυτό, μετρήθηκε το επίπεδο γνώσης των εκπαιδευομένων στο θέμα της διδασκαλίας (βιολογία) πριν και μετά τη χρήση της ΕΠ, και πραγματοποιήθηκε συγκριτική ανάλυση των αποτελεσμάτων.

### 4.1.3 Εφαρμογή ΕΠ

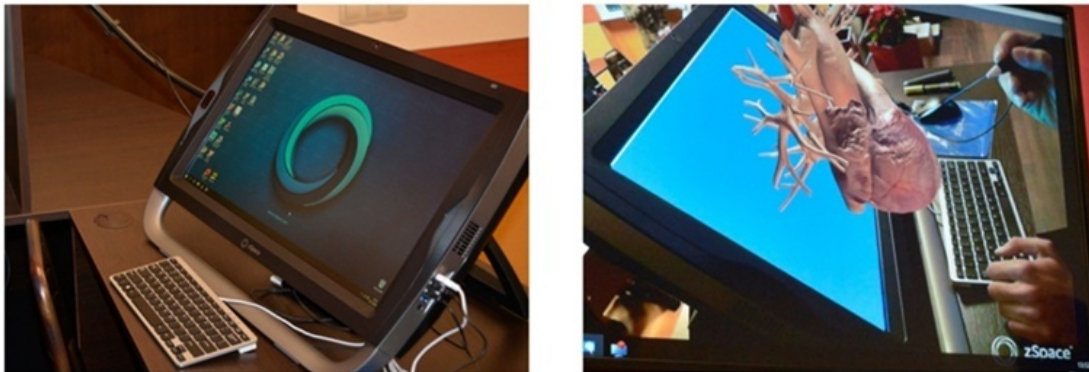
Το εκπαιδευτικό εργαλείο ΕΠ που χρησιμοποιήθηκε ήταν μία εφαρμογή ΕΠ η οποία επιτρέπει στους μαθητές να πραγματοποιούν ανατομικούς διαμελισμούς σε ζώα και ζωικά όργανα, να χειρίζονται ενώσεις και δομές σε 3D και να εκτελούν πειράματα, χωρίς να απαιτείται δαπανηρός εργαστηριακός εξοπλισμός. Στην Εικόνα 52 παρουσιάζεται ένα στιγμιότυπο τρισδιάστατου μοντέλου ΕΠ, ενώ στην Εικόνα 53 παρουσιάζεται ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε και η χρήση της εφαρμογής. Η εφαρμογή αναπτύχθηκε στο σύστημα ZSPACE (zSpace, 2020) και πιο συγκεκριμένα στην λύση «όλα σε ένα» για την εκπαίδευση της εταιρείας, η οποία αποτελείται από μια οθόνη εικονικής πραγματικότητας και έναν υπολογιστή. Το σύστημα ZSPACE παρέχει στους εκπαιδευόμενους ένα ρεαλιστικό μαθησιακό περιβάλλον που ευθυγραμμίζεται με τα πρότυπα των φυσικών επιστημών της επόμενης γενιάς (Next Generation Science Standards - NGSS) και τα κρατικά πρότυπα (Vived, 2015).



## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση



Εικόνα 52. Καρδιά και αιμοφόρα αγγεία όπως απεικονίζονται στην εφαρμογή ZSPACE® (zSpace, 2020)



Εικόνα 53. zSpace® all-in-one solution (zSpace, 2020).

Οι βασικοί παράγοντες για την επιλογή της εφαρμογής είναι:

- Η δυνατότητα χρήσης της εφαρμογής σε πολλά θέματα (Βιολογία, Φυσική, Χημεία κ.λπ.) και της αντιμετώπισης διαφορετικών προβλημάτων, επιτυγχάνοντας έτσι μία καλύτερη σχέση κόστους/οφέλους.
- Η δυνατότητα χρήσης της εφαρμογής τόσο ατομικά όσο και ομαδικά.
- Η δυνατότητα μοντελοποίησης και παραμετροποίησης των επιστημονικών διαδικασιών.
- Η ανάπτυξη της δημιουργικότητας των εκπαιδευομένων, ιδίως μέσω της παροχής της δυνατότητας σε αυτούς να πειραματίζονται χωρίς τυχόν αποτυχίες να εγκυμονούν κινδύνους.
- Η ανάπτυξη κριτικής σκέψης και ικανότητας αξιολόγησης, ιδίως μέσω της χρήσης της τεχνολογίας για υποστήριξη σύνθετης επίλυσης προβλημάτων, η οποία υποστηρίζει τους εκπαιδευόμενους στη διαδικασία ανάλυσης και καλύτερης κατανόησης των αφηρημένων εννοιών.

### 4.1.4 Διεξαγωγή Πειράματος

Οι συμμετέχοντες ήταν μαθητές γυμνασίου, χωρισμένοι σε τρεις ομάδες σύμφωνα με το πεδίο μελέτης τους: η πρώτη ομάδα περιελάμβανε εκπαιδευόμενους σε ανθρωπιστικές επιστήμες, η δεύτερη εκπαιδευόμενους σε τεχνολογίες STEM και η τρίτη σε Τεχνολογίες Πληροφορικής (IT). Με τον τρόπο αυτό διαμορφώθηκαν τρεις ομάδες μαθητών με αποκλίνοντες στόχους, οι οποίες έπρεπε να μελετήσουν το ίδιο μαθησιακό υλικό στη βιολογία σε αυτό το στάδιο τους εκπαίδευσής τους, δεδομένου ότι η βιολογία ήταν υποχρεωτικό μάθημα για όλες τις ομάδες. Τα θέματα που καλύφθηκαν στο μάθημα περιελάμβαναν την

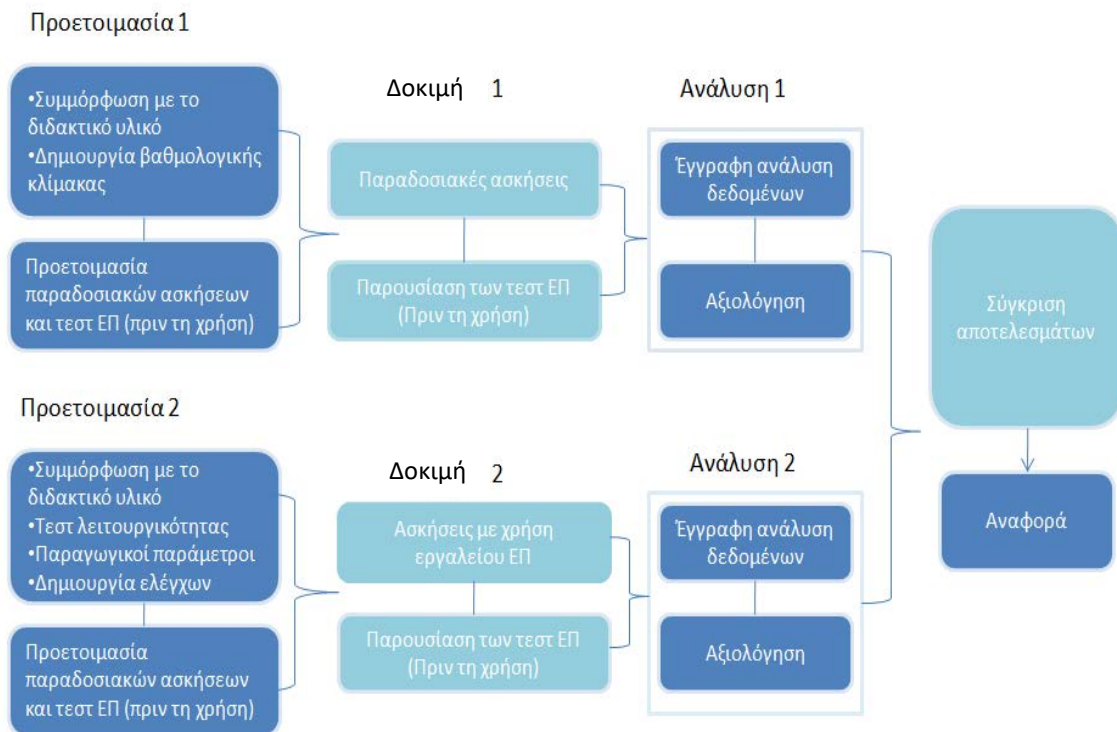
Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

καρδιά (καρδιακή δραστηριότητα) και τα αιμοφόρα αγγεία (αίμα, κυκλοφορικό σύστημα). Συνολικά καλύφθηκαν τέσσερα θέματα. Οι μαθητές δεν είχαν χρησιμοποιήσει εργαλεία ΕΠ πριν από αυτή τη μελέτη. Ο αντίκτυπος στην απόδοση της μάθησης των μαθητών μετρήθηκε συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των μαθητών πριν και μετά τη χρήση ενός εργαλείου ΕΠ που χρησιμοποιήθηκε για τη συλλογή δεδομένων. Ο Πίνακας 2 συνοψίζει τα στοιχεία για τις τρεις ομάδες.

Ομάδα	Πεδίο εξειδίκευσης	Πλήθος συμμετεχόντων
Ομάδα 1	Ανθρωπιστικές επιστήμες	28
Ομάδα 2	STEM	28
Ομάδα 3	Τεχνολογίες Πληροφορικής (IT)	24
Σύνολο		80

Πίνακας 2. Στοιχεία Ομάδων

Η ροή εργασίας (Εικόνα 54) για το πείραμα είναι η ίδια για τις 3 ομάδες και τα τέσσερα θέματα που διδάσκονται.



Εικόνα 54. Ροή εργασίας πειράματος πρώτης μελέτης περίπτωσης.

Η ροή του πειράματος ακολούθησε τα εξής βήματα:

- Αρχικά διδάσκεται ένα θέμα με παραδοσιακό τρόπο, χρησιμοποιώντας μόνο βασικά εργαλεία και μερικά επιπλέον στοιχεία διδασκαλίας, όπως 3D μοντέλα.
- Στη συνέχεια οι εκπαιδευόμενοι εκτελούν ένα σύνολο «παραδοσιακών» (χωρίς χρήση ΕΠ) ασκήσεων, σε σχέση με το υπό μελέτη θέμα.

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

- Ακολούθως πραγματοποιείται μία δοκιμασία γνώσεων, προ της χρήσης της εφαρμογής ΕΠ για να εκτιμηθεί ποσοτικά το επίπεδο γνώσεων των εκπαιδευομένων στο τρέχον θέμα. Τα αποτελέσματα της δοκιμασίας τεκμηριώνονται, μελετώνται και πραγματοποιούνται αξιολογήσεις.
- Εν συνεχεία, διεξάγεται ένα σύνολο ασκήσεων με χρήση ΕΠ, πάνω στο θέμα που μελετάται. Οι εκπαιδευόμενοι εργάζονται σε ομάδες των τριών ατόμων.
- Ακολούθως πραγματοποιείται μία νέα δοκιμασία γνώσεων, μετά τη χρήση της εφαρμογής ΕΠ, για να εκτιμηθεί εκ νέου ποσοτικά το επίπεδο γνώσεων των εκπαιδευομένων πάνω στο θέμα. Τα αποτελέσματα της δοκιμασίας τεκμηριώνονται, μελετώνται και πραγματοποιούνται αξιολογήσεις. Συγκρίνονται τα αποτελέσματα των δύο δοκιμών γνώσεων για να εκτιμηθεί ο βαθμός συμβολής της ΕΠ στο επίπεδο γνώσης των εκπαιδευομένων.
- Τα ανωτέρω βήματα επαναλαμβάνονται για καθένα από τα 4 θέματα που διδάσκονται.

Στη μελέτη (Petron & Atanasova, 2020) αναφέρεται ότι στο μέλλον μπορεί να χρησιμοποιηθεί μεγαλύτερο δείγμα από τα 80 άτομα του συγκεκριμένου πειράματος και να επεκταθεί η μελέτη και σε άλλα μαθήματα, όπως για παράδειγμα τα μαθήματα της φυσικής και της χημείας.

### 4.1.5 Αποτελέσματα

Ο Πίνακας 3 συνοψίζει τα δεδομένα από όλες τις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν σε κάθε μια από τις παραπάνω ομάδες πριν και μετά τη χρήση της ΕΠ.

Ομάδες	Σύνολο βαθμών πριν τη χρήση ΕΠ				Σύνολο βαθμών μετά τη χρήση ΕΠ						
	Τεστ 1	Τεστ 2	Τεστ 3	Τεστ 4	Σύνολο	Τεστ 1	Τεστ 2	Τεστ 3	Τεστ 4	Σύνολο	Μεταβολή %
Ομάδα 1	20	19	20	22	80	29	29	28	29	116	46%
Ομάδα 2	21	21	21	21	84	28	27	27	28	109	32%
Ομάδα 3	17	17	17	16	66	22	22	21	21	86	31%
Σύνολο	19	19	19	20	77	26	26	26	26	104	36%

Πίνακας 3. Σύνοψη αποτελεσμάτων ανά ομάδα

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της σύνοψης ανά ομάδα που προκύπτουν, παρατηρείται ότι υπάρχει σημαντική αύξηση μετά τη χρήση της ΕΠ, αλλά εξακολουθεί να είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί εάν η αλλαγή σε κάθε μέση τιμή ήταν στατιστικά σημαντική. Η στατιστική σημαντικότητα δείχνει ότι η διαφορά μεταξύ των μέσων τιμών είναι μεγαλύτερη από μια τιμή που θα αναμενόταν λόγω τυχαιότητας. Η μηδενική υπόθεση  $H_0$  ήταν ότι η μέση τιμή μετά τη χρήση ΕΠ θα ήταν ίση με τη μέση τιμή πριν από τη χρήση ΕΠ. Χρησιμοποιήθηκε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας  $p=0,05$ . Έτσι, οι τιμές  $p$  μικρότερες από 0,05 θεωρήθηκαν ότι καταδεικνύουν στατιστική σημαντικότητα, ενώ οι τιμές  $p$  μεγαλύτερες από 0,05 θεωρήθηκαν ότι καταδεικνύουν έλλειψη στατιστικής σημαντικότητας. Ο Πίνακας 4 παρουσιάζει τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση της Ομάδας 1 πριν και μετά τη χρήση ΕΠ.

Ομάδα 1	Πριν τη χρήση ΕΠ		Μετά τη χρήση ΕΠ	
	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
Μέση τιμή	80,14	12,81	115,50	10,89
Τυπική απόκλιση	12,81	10,89	10,89	

Πίνακας 4. Αποτελέσματα Ομάδας 1 – Μέση τιμή και τυπική απόκλιση

### Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

Προκειμένου να προσδιοριστεί εάν η μέση διαφορά μεταξύ των δύο αυτών διακρίσεων ήταν σημαντική, έγινε μια ζευγαρωτή δοκιμή  $t$ . Το  $t$ -τεστ χρησιμοποιήθηκε για να διαπιστωθεί εάν ο συντελεστής συσχέτισης ήταν σημαντικά διαφορετικός από το μηδέν και επομένως υπήρχαν ενδείξεις συσχέτισης μεταξύ των δύο μεταβλητών (Πίνακας 5).

	Πριν τη χρήση ΕΠ	Μετά τη χρήση ΕΠ
Μέσος όρος	80,14285714	115,5
Απόκλιση	170,2010582	122,9259259
Πλήθος παρατηρήσεων	28	28
Συντελεστής συσχέτισης Pearson	0,84139693	
Υποτιθέμενη μέση συσχέτιση	0	
Βαθμοί ελευθερίας	27	
t-statistic	-26,53337332	
P (T<=t) one-tail	3,54139x10 <sup>-21</sup>	
t Critical one-tail	1,703288446	
P (T<=t) two-tail	7,08278x10 <sup>-21</sup>	
t Critical two-tail	2,051830516	

Πίνακας 5. Ομάδα 1 – Αποτελέσματα ζευγαρώματος του τεστ

Ο συντελεστής συσχέτισης Pearson περιγράφει το βαθμό της συσχέτισης μεταξύ δύο μεταβλητών (Dineva & Atanasova, 2019). Για κάθε ζεύγος μεταβλητών υπολογίζεται μια τιμή που δείχνει τον βαθμό της συσχέτισης, με την τιμή 1 να δείχνει πλήρη ταύτιση/συνεξέλιξη, την τιμή -1 να υποδεικνύει αντίστροφη συσχέτιση και την τιμή 0 να καταδεικνύει έλλειψη συσχέτισης. Ο συντελεστής δεν επηρεάζεται από τις αλλαγές στην κλίμακα των μεταβλητών (πρβλ. Εξίσωση 1).

$$r = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n\sum x^2 - (\sum x)^2][n\sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

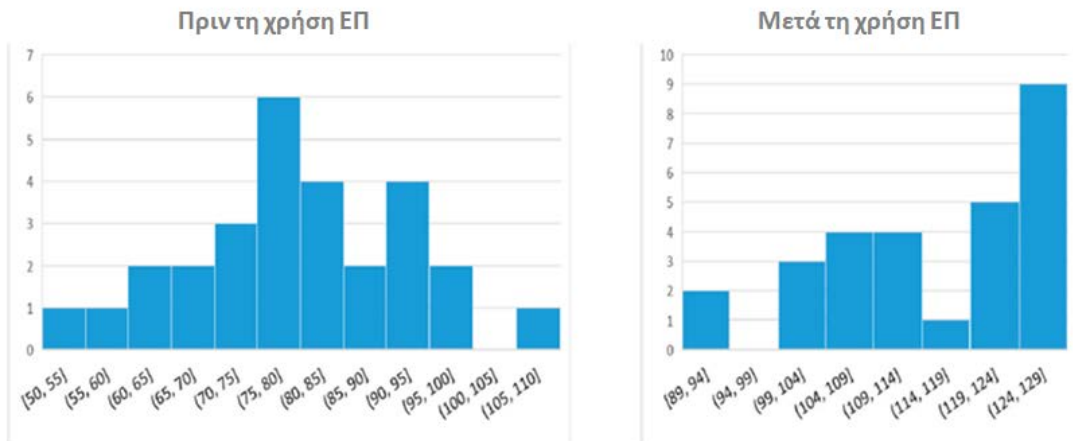
Εξίσωση 1. Υπολογισμός συσχέτισης προσώπου

Στην Εξίσωση 1,  $n$  είναι ο αριθμός των ζευγών τιμών,  $\sum xy$  είναι το άθροισμα των γινομένων των ζευγών τιμών,  $\sum x$  είναι το άθροισμα των τιμών της μεταβλητής  $x$ ,  $\sum y$  είναι το άθροισμα των τιμών της μεταβλητής  $y$ ,  $(\sum x)^2$  είναι το τετράγωνο του αθροίσματος των τιμών της  $x$ ,  $(\sum y)^2$  είναι το τετράγωνο του αθροίσματος των τιμών της μεταβλητής  $y$ .

Οι δύο μεταβλητές  $x$  και  $y$  είναι ποσοτικές και συνεχείς. Η τιμή 0,84 του συντελεστή συσχέτισης Pearson που υπολογίστηκε στο πείραμα δείχνει μια ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών - καθώς αυξάνεται η μια μεταβλητή, η άλλη μεταβλητή τείνει να αυξάνεται επίσης.

Με βάση τις πληροφορίες που παρουσιάζει ο Πίνακας 4, προσδιορίστηκε η σημασία της μεταβολής της μέσης τιμής. Τα ιστογράμματα των αποτελεσμάτων της Ομάδας 1 εμφανίζονται στην Εικόνα 55.

Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

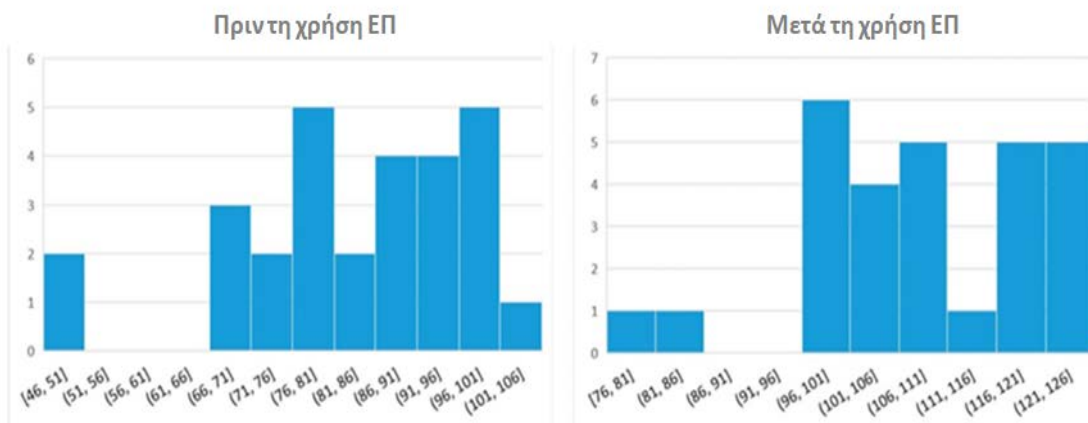


Εικόνα 55. Ιστογράμματα των αποτελεσμάτων των μαθητών της Ομάδας1

Παρόμοια ζευγωτά t-test ολοκληρώθηκαν για την Ομάδα 2 και την Ομάδα 3. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στους Πίνακες 6 και 7. Ο Πίνακας 8 δείχνει τους συντελεστές συσχέτισης των προσώπων για τις ομάδες 1, 2 και 3 μετά από όλες τις t-δοκιμές ζευγών. Τα ιστογράμματα των αποτελεσμάτων των Ομάδων 2 και 3 εμφανίζονται ανάλογα στην Εικόνα 56 και την Εικόνα 57.

Ομάδα 2		
	Πριν τη χρήση ΕΠ	Μετά τη χρήση ΕΠ
Μέση τιμή	84,00	109,36
Τυπική απόκλιση	14,25	12,37

Πίνακας 6.Αποτελέσματα Ομάδας 2 – Μέση τιμή και τυπική απόκλιση

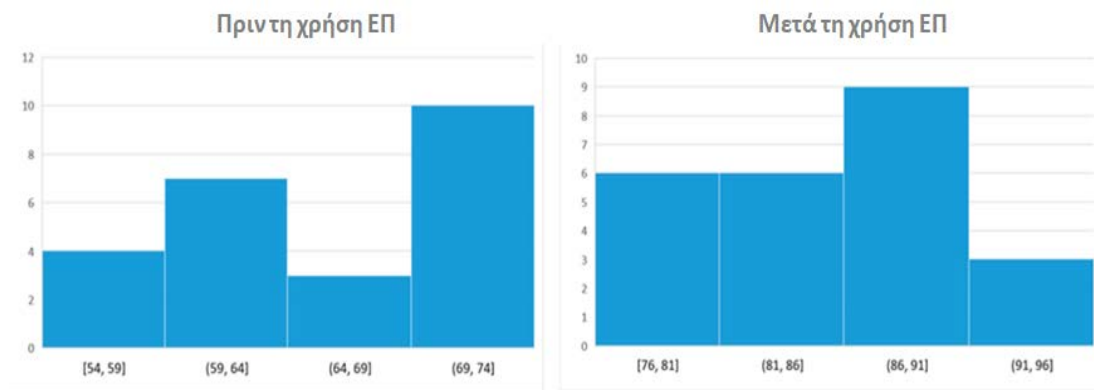


Εικόνα 56. Ιστογράμματα αποτελεσμάτων των μαθητών της Ομάδας 2

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

Ομάδα 3		
	Πριν τη χρήση ΕΠ	Μετά τη χρήση ΕΠ
Μέση τιμή	65,92	86,08
Τυπική απόκλιση	5,84	4,92

Πίνακας 7. Αποτελέσματα Ομάδας 3 – Μέση τιμή και τυπική απόκλιση



Εικόνα 57. Ιστογράμματα των αποτελεσμάτων των μαθητών της Ομάδας 3

Ομάδα	Παρατηρήσεις	Μεταβλητή t	Συσχέτιση προσώπου
Ομάδα 1	28	-26,53337332	0,84139693
Ομάδα 2	28	-30,920481	0,959278606
Ομάδα 3	24	-37,30281491	0,898034854

Πίνακας 8. Συσχέτιση ατόμων για τις Ομάδες 1,2,3 μετά το ζευγάρι των t-tests

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω, παρατηρείται ότι και στις τρεις ομάδες, η χρήση ενός εργαλείου και του περιβάλλοντος ΕΠ οδήγησε σε στατιστικά σημαντική διαφορά στο επίπεδο της κατανόησης του υλικού από τους μαθητές, σε σύγκριση με τα παραδοσιακά εργαλεία.

### 4.1.6 Συζήτηση

Στόχος της έρευνας αυτής ήταν να διερευνηθεί ο αντίκτυπος ενός εργαλείου ΕΠ στην απόδοση των μαθητών. Η μελέτη έχει δείξει σημαντική βελτίωση στην κατανόηση των μαθητών σχετικά με το θέμα που μελετήθηκε. Κατά τη διάρκεια αυτής της έρευνας παρουσιάστηκαν πολλά οφέλη για τη χρήση της ΕΠ με τη χρήση μαθημάτων διδασκαλίας STEM, ειδικότερα στο μάθημα της Βιολογίας στο οποίο και διεξήχθησαν τα πειράματα. Ωστόσο, το κύριο μειονέκτημα του είναι η υψηλή τιμή του που κυμαίνεται περίπου στα 7.000\$ (τιμές έτους 2020, σύμφωνα με τα αναφερόμενα στην έρευνα).

Πέραν του γνωσιακού αποτυπώματος αξιολογήθηκαν και λοιπά στοιχεία της εφαρμογής, όπως η ευκολία χρήσης, η ανθεκτικότητα, το επίπεδο εξατομίκευσης και η δυνατότητα εκτέλεσης πολλών διαφορετικών εφαρμογών, καθώς και η δυνατότητα συνεργατικής μάθησης. Για τη συγκεκριμένη εφαρμογή όλες οι ανωτέρω διαστάσεις έλαβαν θετική αξιολόγηση, στοιχείο που πρέπει να συνυπολογισθεί στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων στο γνωσιακό επίπεδο, καθώς αν κάποια από τις διαστάσεις αυτές ήταν πιο υποβαθμισμένη, είναι πιθανό να είχαμε μεταβολές στα αποτελέσματα.



## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

Τέλος, η έρευνα αυτή δείχνει ότι η τεχνολογία της ΕΠ, ειδικά όταν χρησιμοποιείται στην εκπαίδευση STEM, επιτρέπει στους μαθητές να εξερευνούν, να ασκούν και να αλληλεπιδρούν με το περιεχόμενο STEM, χωρίς να ανησυχούν για οικονομικά ή δεοντολογικά ζητήματα, όπως δαπανηρά αναλώσιμα ή ζωικά τραύματα. Παρέχει ευκαιρίες για πειράματα και ανάκαμψη από την αποτυχία, ενώ εργάζεται σε ένα ασφαλές περιβάλλον. Ταυτόχρονα, οι συγγραφείς της έρευνας αναφέρουν ότι για τους ανθρώπους ενδέχεται να υπάρχει ένα όριο στη γνώση που μπορούν να προσλάβουν, ανεξάρτητα από τις διαθέσιμες εφαρμογές και τα εργαλεία. Είναι σαφές ότι οι άνθρωποι και η τεχνολογία πρέπει να συμβαδίζουν, αλλά πρέπει να αναζητηθεί η "χρυσή τομή" μεταξύ αυτών.

### 4.2 Δεύτερη μελέτη περίπτωσης

#### 4.2.1 Γενική περιγραφή

Η παρουσιαζόμενη μελέτη περίπτωσης αφορά την έρευνα που έχει δημοσιευτεί στο (Del Cerro Velazquez & Morales Méndez, 2018) και αποβλέπει στο να διερευνήσει την επίδραση ενός εργαλείου ΕΠ που χρησιμοποιείται από τον δάσκαλο στις μαθησιακές επιδόσεις των μαθητών. Στο πλαίσιο της έρευνας διερευνήθηκε η αποτελεσματικότητα ενός μαθησιακού περιβάλλοντος που ενσωματώνει την επαυξημένη πραγματικότητα, πέρα του κλασικού βιβλίου και είχε ως κύριο στόχο την καλύτερη κατανόηση του εκπαιδευτικού υλικού και την αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών.

#### 4.2.2 Επιδιωκόμενοι στόχοι και μητρικές

Μερικές πρόσφατες μελέτες επικεντρώθηκαν στη σχέση μεταξύ δασκάλου και μαθητών και τον ρόλο του δασκάλου ως διαμεσολαβητή και οδηγό κατά τη διαδικασία απόκτησης και αφομοίωσης της γνώσης. Μεταξύ των αρχών της κονστрукτιβιστικής μάθησης ο δάσκαλος θεωρείται ως το κύριο μέσο για τη μάθηση των μαθητών, οι εκπαιδευτικοί πρέπει να ενημερώνουν συνεχώς τις δεξιότητές τους για να κατασκευάσουν τους κατάλληλους χώρους διδασκαλίας-μάθησης. Σύμφωνα με αυτή την ιδέα, ο δάσκαλος έχει τη δυνατότητα να εισαγάγει την πιο κατάλληλη ποικιλία περιεχομένου. Με αυτή την έννοια, αρκετοί συγγραφείς υποστηρίζουν ότι τα υλικά και οι πόροι στην οθόνη είναι ο καλύτερος τρόπος για τους μαθητές να κατανοούν ή να απομνημονεύουν μέσω μιας εικόνας και να λάβουν περισσότερες πληροφορίες από το κείμενο ή μια θεωρητική εξήγηση (Campillo, Ricarte, Ros, Nieto, & Latorre M., 2018).

Με τη χρήση της ΕΠ ένα απλό βιβλίο της Ιστορίας μπορεί να γίνει πιο δελεαστικό για τους μαθητές επιτρέποντάς τους να συνδεθούν με έναν ψηφιακό ή/και τρισδιάστατο χώρο ΕΠ (Kaufmann & Schmalstieg, 2003). Αυτός θα είναι ένας από τους κύριους στόχους των εκδοτών, να αρχίσουν να παρουσιάζουν τα συμπληρωματικά υλικά υποστήριξης της ΕΠ, διότι μέχρι σήμερα διαθέτουν μόνο ένα ψηφιακό δίσκο DVD που συνδέεται με το βιβλίο ή τις ψηφιακές άδειες.

Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψη ότι οι δάσκαλοι δεν χρειάζεται απαραίτητα να ακολουθήσουν τα εγχειρίδια, μπορούν να δημιουργήσουν τα δικά τους αρχεία που συνδέονται με αντικείμενα στην ΕΠ. Για το λόγο αυτό, είναι σαφές ότι οι δάσκαλοι πρέπει να έχουν επαρκείς γνώσεις για να σχεδιάσουν τα δικά του φύλλα δραστηριότητας ή τα υλικά εργασίας Ανοικτών Εκπαιδευτικών Πόρων – Open Educational Resources (OER) σε ό,τι οι Del Cerro και Morales (Del Cerro Velazquez & Morales Méndez, 2018) αποκαλούν «Παραγωγή Επαυξημένων Υλικών» που πρέπει να είναι συστηματικά και διαδοχικά. Στη συνέχεια, τα φύλλα εργασίας μπορούν να διαβαστούν μέσω της κάμερας μιας κινητής συσκευής μέσω μιας εφαρμογής (app).

#### 4.2.3 Εφαρμογή ΕΠ

Το εκπαιδευτικό εργαλείο ΕΠ που χρησιμοποιήθηκε ήταν ένα λογισμικό ΕΠ το οποίο επιτρέπει στους δασκάλους να δημιουργήσουν τα δικά τους αρχεία που να συνδέονται με αντικείμενα ΕΠ. Πιο



Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

συγκεκριμένα, μπορούν οι δάσκαλοι να δημιουργήσουν φύλλα εργασίας που να μπορούν να διαβαστούν μέσω της κάμερας μιας κινητής συσκευής με τη χρήση μιας εφαρμογής (app). Το λογισμικό αυτό ονομάζεται "Layar" (Έκδοση 8.5) (Layar B.V., Amsterdam, Netherlands), όπου έχει χρησιμοποιηθεί για να σχεδιάσει και να συνδέσει το ψηφιακό περιεχόμενο με AR (βίντεο, διαδραστικές γκαλερί εικόνων, 3D μοντέλα, σύνδεσμοι web κ.λπ.) μέσω κινητών συσκευών (Liao & Humphreys, 2015).

Στην παρούσα μελέτη ο δάσκαλος δημιουργεί τρισδιάστατα φύλλα εργασίας για την ενότητα μάθησης "Ενέργεια και Μετασχηματισμός" (Εικόνα 58) και χρησιμοποιείται η τεχνική χωρίς δείκτες ΕΠ.

### Tecnología

### La energía y su transformación

●

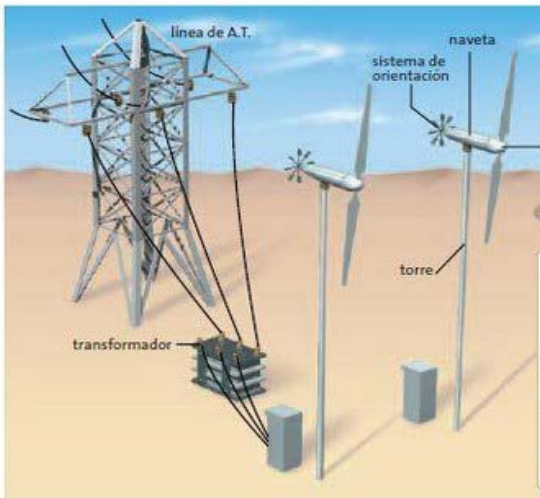
#### 10. Energía eólica

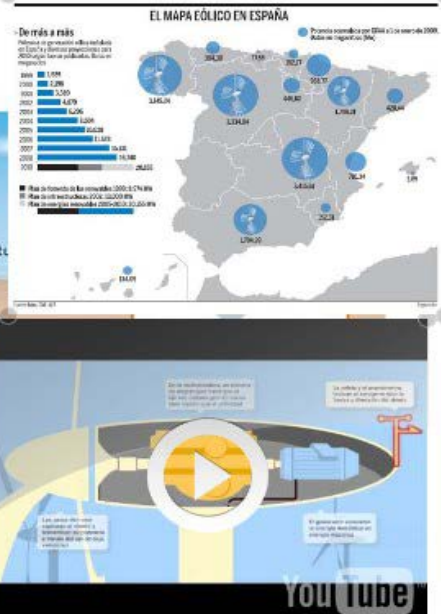
Es la energía producida por el viento. Su utilización a lo largo de la historia de la humanidad en los molinos de viento o en los barcos de vela nos da idea de su importancia en tiempos pasados.

En la actualidad, el aprovechamiento de la energía eólica se centra en el bombeo de agua de pozos y en la producción de energía eléctrica. La producción de energía eléctrica a partir de la fuerza del viento se realiza en las **centrales eólicas**. Estas instalaciones están formadas básicamente por un conjunto de **aerogeneradores** o molinos de viento.

Cuando el viento mueve las **palas** del aerogenerador, se produce un movimiento de rotación en el eje de la **turbina**. Un **sistema de transmisión** multiplica las vueltas del eje y, a la vez, transmite el movimiento de giro al eje del **alternador**, que genera energía eléctrica.

El aerogenerador, que está situado a una cierta altura del suelo, soportado por una **torre**, ha de estar constantemente orientado en dirección perpendicular al viento, cosa que se consigue con un **sistema de orientación**.





Εικόνα 58. Φύλλο εργασίας με χρήση περιεχομένου AR (Liao & Humphreys, 2015).

Η ανάγνωση του παραπάνω αρχείου μέσω της εφαρμογής "Layar" (Liao & Humphreys, 2015) δημιουργεί τρεις τύπους επαυξημένων υλικών:

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

- Ένα επεξηγηματικό βίντεο της λειτουργίας μιας ανεμογεννήτριας,
- Ενός χάρτη των αιολικών πάρκων στην Ισπανία και
- Μιας 3D εικόνας μιας ανεμογεννήτριας, όπου ο μαθητής μπορεί να αναλύσει με μικρές στροφές ή κινήσεις του κινητού του ή της ταμπλέτας του που δημιουργούν διαφορετικές προβολές ή προοπτικές της ανεμογεννήτριας με τη χρήση ΕΠ (Εικόνα 59).



Εικόνα 59. Σχεδιασμός ανεμογεννήτριας τριών διαστάσεων (3D) με χρήση AR (Liao & Humphreys, 2015).

### 4.2.4 Διεξαγωγή πειράματος

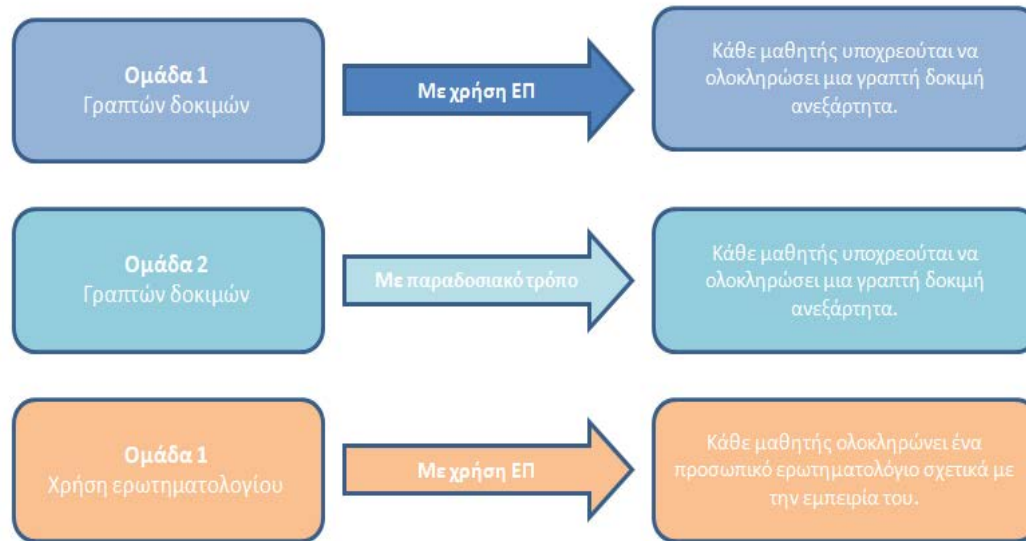
Οι συμμετέχοντες ήταν μαθητές της υποχρεωτικής δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και αξιολογήθηκαν σε δύο μαθήματα. Το πεδίο διεξαγωγής των ομάδων είχε ως εξής: Η Ομάδα 1 χρησιμοποίησε επαυξημένο υλικό κατά την διαδικασία της μάθησης, ενώ η Ομάδα 2 ακολούθησε τη συνήθη πρακτική στην τάξη (Πίνακας 9).

Ομάδα	Πεδίο διεξαγωγής	Πλήθος συμμετεχόντων
Ομάδα 1	Δύο μαθήματα Υποχρεωτικής Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης με χρήση υλικού ΕΠ.	29
Ομάδα 2	Δύο μαθήματα Υποχρεωτικής Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης με τον παραδοσιακό τρόπο.	27
Σύνολο		56

Πίνακας 9. Πεδίο διεξαγωγής Ομάδων

Τα εργαλεία συλλογής δεδομένων που χρησιμοποιούνται στην έρευνα χωρίζονται σε τρία τμήματα (Εικόνα 60):

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση



Εικόνα 60. Διαχωρισμός εργαλείων συλλογής δεδομένων

Η ροή του πειράματος ακολουθεί τα εξής βήματα:

- Ομάδα 1 γραπτών δοκιμών με χρήση εργαλείων ΕΠ: Κάθε μαθητής υποχρεούται να ολοκληρώσει μια γραπτή δοκιμή ανεξάρτητα.
- Ομάδα 2 γραπτών δοκιμών με παραδοσιακό τρόπο: Κάθε μαθητής υποχρεούται να ολοκληρώσει μια γραπτή δοκιμή ανεξάρτητα.
- Ομάδα 1 ερωτηματολογίου με χρήση εργαλείων ΕΠ: Κάθε μαθητής ολοκληρώνει ένα προσωπικό ερωτηματολόγιο.

Για να εκτιμηθεί η επίδραση των δύο μεθόδων, χρησιμοποιήθηκε ένα μοντέλο t-test για να συγκριθούν οι μέσοι όροι των δύο δειγμάτων δεδομένων, η μηδενική υπόθεση "H0" είναι ότι δεν θα υπήρχε διαφορά μεταξύ των βαθμολογιών της γραπτής δοκιμής των ομάδων 1 και 2, και η εναλλακτική υπόθεση "H1" είναι ότι θα υπήρχε μια διαφορά μεταξύ των αντίστοιχων βαθμολογιών. Η γραπτή δοκιμή που έγινε και από τις δύο ομάδες ήταν πανομοιότυπη και βασίστηκε στο περιεχόμενο που διδάσκεται στη μονάδα μάθησης και στα κανονικά πρότυπα αξιολόγησης. Στο τέλος του πειράματος, δόθηκε ένα ερωτηματολόγιο βασισμένο στην κλίμακα Likert στους μαθητές της Ομάδας 1 για να εξακριβώσει την αντίληψη των μαθητών σχετικά με την εμπειρία τους.

Το ερωτηματολόγιο επικεντρώθηκε κυρίως στα ακόλουθα σημεία:

- Χρήση της τεχνολογίας AR στις διαδικασίες διδασκαλίας-μάθησης.
- Συμβολή των εργαλείων AR στην καλύτερη κατανόηση του περιεχομένου.
- Δυσκολία της χρήσης των εργαλείων και εφαρμογών AR.
- Απομνημόνευση του περιεχομένου μετά την εφαρμογή των τεχνικών AR.

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

Για την ανάλυση των δεδομένων των γραπτών δοκιμών και του ερωτηματολογίου χρησιμοποιήθηκε το Στατιστικό Πακέτο για τις Κοινωνικές Επιστήμες – Statistical Package Social Sciences (SPSS) για Windows, στην έκδοση 24 (IBM Corp., Armonk, NY, USA). Διεξήχθησαν ανεξάρτητα t τεστ για τις βαθμολογίες που ελήφθησαν στις γραπτές δοκιμές των ομάδων 1 και 2, για τον προσδιορισμό των διαφορών μεταξύ τους. Στη συνέχεια, έγιναν περιγραφικοί στατιστικοί υπολογισμοί για κάθε στοιχείο του ερωτηματολογίου, συμπεριλαμβανομένης της μέσης βαθμολογίας, της τυπικής απόκλισης και των μέγιστων και ελάχιστων τιμών. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής συσχέτισης Pearson για τον εντοπισμό της διαφοράς στα μέσα μεταξύ των δύο μαθησιακών διαδικασιών.

### 4.2.5 Αποτελέσματα

Τα δεδομένα από όλες τις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν σε κάθε μια από τις παραπάνω ομάδες πριν και μετά τη χρήση της ΕΠ συνοψίζονται στον Πίνακα 10 .

Ομάδες	Αριθμός μελών ομάδας	Μέγιστη βαθμολογία	Ελάχιστη βαθμολογία	Ενδιάμεση βαθμολογία	Μέση βαθμολογία	Απόκλιση	Μέσος όρος σφάλματος
Ομάδα 1	29	9,6	2,1	7,6	7,51	17,75842	3,723
Ομάδα 2	27	7,2	1,8	4,1	4,48	15,69714	3,248

Πίνακας 10. Αποτελέσματα γραπτών δοκιμών t-tests των ομάδων 1 και 2

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της σύνοψης ανά ομάδα που προκύπτουν, παρατηρείται ότι η μέγιστη βαθμολογία για τη γραπτή δοκιμή ήταν 10 βαθμοί, οι μέσες βαθμολογίες των ομάδων 1 και 2 ήταν 7,51 και 4,48, αντίστοιχα, πράγμα που σημαίνει ότι η ομάδα 1 έδειξε βελτίωση 67,63% σε σχέση με τις μέσες βαθμολογίες της ομάδας 2, όπως φαίνεται στην Εξίσωση 2.

$$\text{Βελτίωση}(\%) = \frac{\text{Μέση βαθμ. Ομάδας 1} - \text{Μέση βαθμ. Ομάδας 2}}{\text{Μέση βαθμ. Ομάδας 2}} \times 100 = \frac{7,51 - 4,48}{4,48} = 67,63\%$$

#### Εξίσωση 2. Υπολογισμός ποσοστού βελτίωσης

Προκειμένου να προσδιοριστεί εάν η μέση διαφορά μεταξύ των δύο αυτών ανεξάρτητων δειγμάτων ήταν σημαντική, τα στοιχεία αποτυπώνονται αναλυτικά στον Πίνακα 11. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η τιμή σημαντικότητας της δοκιμής Levene ήταν υψηλότερη από 0,05. Ως εκ τούτου, η μεταβλητότητα στις δύο συνθήκες ήταν η ίδια, η οποία δείχνει ότι οι βαθμολογίες που ελήφθησαν από την ομάδα 1 δεν διαφέρουν σημαντικά σε σύγκριση με εκείνες της ομάδας 2. Επομένως, θεωρείται διακύμανση της ίσης αξίας.

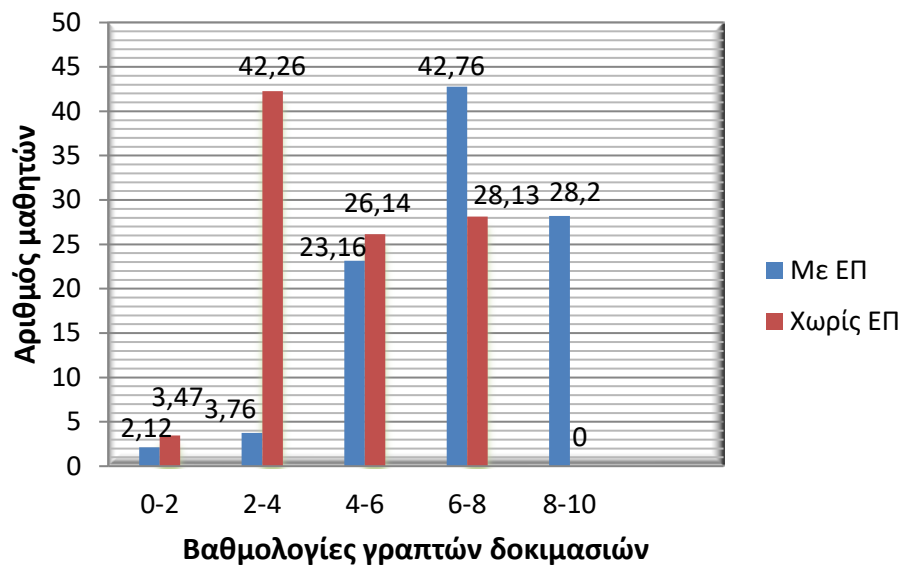
Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

Τεστ Levene's για ποιότητα διακύμανσης				T Τεστ για ισότητα των μέσων						
	Υπόθεση:	Συχνότητα	Sig.	t	Διαφορά	2-Tailed	Μέση διαφορά	Διαφορά σφάλματος	Διάστημα εμπιστοσύνης της διαφοράς 95%	
									Χαμηλότερη	Υψηλότερη
<b>Βαθμοί</b>	Υπόθεση: υπάρχουν ίσες αποκλίσεις	0,058	0,842	4,392	52,014	0,000	3,03	4,697	1,152	3,084
	Υπόθεση: δεν υπάρχουν ίσες αποκλίσεις			4,431	51,976	0,000	3,03	4,651	1,147	3,075

Πίνακας 11. Αποτελέσματα t-test Levene's για την ποιότητα διακύμανσης

### Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

Η Εικόνα 61 δείχνει τις διαφορές στις βαθμολογίες που λαμβάνονται από τους μαθητές που χρησιμοποιούν την τεχνολογία ΕΠ ως εκπαιδευτικό εργαλείο και εκείνους που ακολούθησαν την παραδοσιακή μέθοδο διδασκαλίας. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το 23,16% των εκπαιδευομένων που χρησιμοποίησαν AR πήραν 4-6 στο τεστ, ενώ το 26,14% που παρακολούθησαν με παραδοσιακή διδασκαλία μειώθηκε στο ίδιο φάσμα βαθμολογιών. Ωστόσο, το 42,76% των μαθητών σημείωσε μεταξύ 6 και 8 με χρήση AR, ενώ μόνο το 28,13% των μαθητών μετά την παραδοσιακή μέθοδο διδασκαλίας έπεσε σε αυτό το εύρος. Με την ΕΠ, το 28,2% των φοιτητών πέτυχαν βαθμούς μεταξύ 8 και 10, ενώ κανένας εκπαιδευόμενος που ακολούθησε την παραδοσιακή μέθοδο διδασκαλίας δεν έλαβε τόσο υψηλή βαθμολογία. Με άλλα λόγια, ο αριθμός των φοιτητών που σημείωσαν υψηλότερο από 6 στη γραπτή δοκιμασία ήταν σημαντικά υψηλότερος στην ομάδα των μαθητών με τη χρήση ΕΠ (Ομάδα 1).

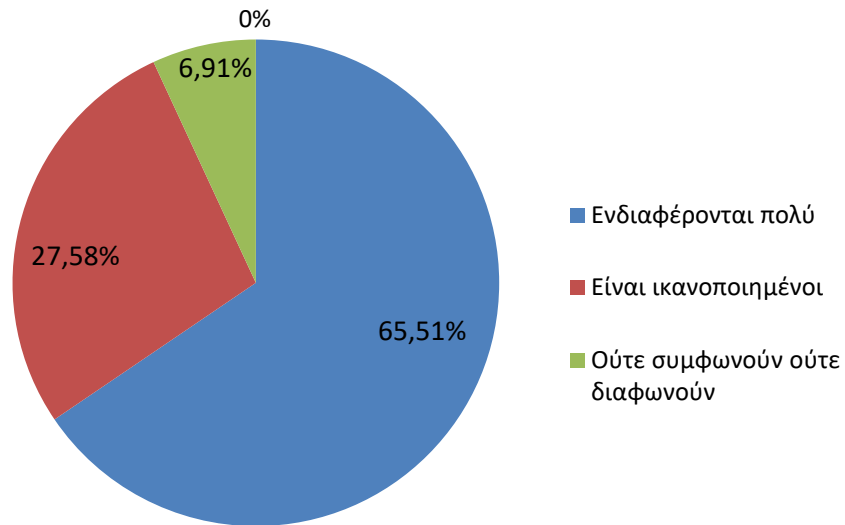


Εικόνα 61. Αποτελέσματα γραπτών δοκιμασιών με και χωρίς χρήση ΕΠ

Όσον αφορά τα δεδομένα που ελήφθησαν από το ερωτηματολόγιο της κλίμακας Likert, πάνω από το 65,51% των μαθητών δήλωσαν ότι ενδιαφέρονται πολύ για τη χρήση της ΕΠ ως εργαλείου διδασκαλίας (Εικόνα 62), το 27,58% των μαθητών δήλωσαν ότι ήταν ικανοποιημένοι με τη χρήση ΕΠ για εκμάθηση περιεχομένου και το 6,91% δεν συμφώνησε ούτε διαφώνησε έντονα με τη χρήση αυτού του εργαλείου μάθησης. Αυτά τα αποτελέσματα αποκαλύπτουν την υψηλή προδιάθεση των μαθητών να χρησιμοποιούν εργαλεία ΕΠ στην τάξη και τα κίνητρά τους.

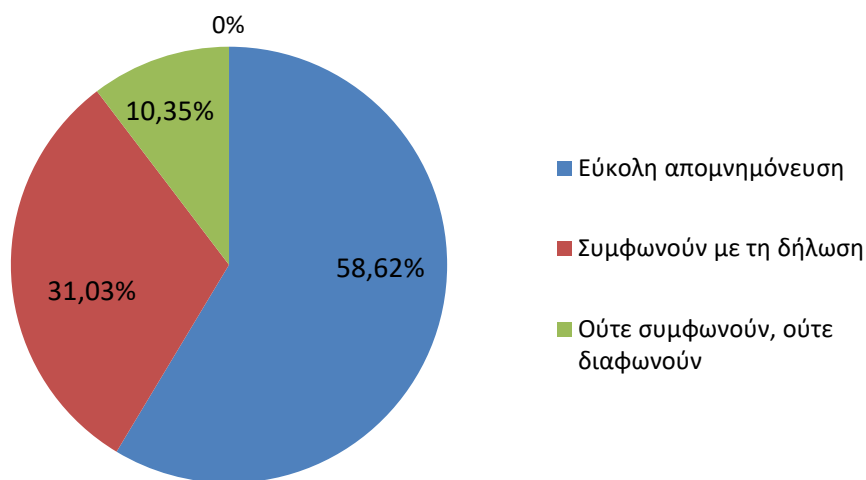


Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση



Εικόνα 62. Ενδιαφέρον μαθητών για μάθηση με χρήση ΕΠ

Η Εικόνα 63 δείχνει τις απόψεις των μαθητών σχετικά με την ευκολία απομνημόνευσης του περιεχομένου μέσω ΕΠ. Από το σύνολο, το 58,62% των μαθητών συμφωνούν ότι η απομνημόνευση του οπτικού περιεχομένου με τη χρήση ΕΠ είναι εξαιρετικά εύκολη, το 31,03% απλώς συμφωνεί με τη δήλωση και το 10,35% δεν συμφώνησε, ούτε διαφώνησε με αυτή τη δήλωση. Αυτό το αποτέλεσμα αποκαλύπτει ότι η χρήση των εργαλείων ΕΠ ήταν χρήσιμη για τους μαθητές να κατανοήσουν και να απομνημονεύσουν το περιεχόμενο της μονάδας μάθησης "Ενέργεια και Μετασχηματισμός" με πιο αποτελεσματικό τρόπο.



Εικόνα 63. Ευκολία των μαθητών να θυμούνται με τη χρήση ΕΠ

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

### 4.2.6 Συζήτηση

Στόχος της έρευνας αυτής ήταν να διερευνηθεί ο αντίκτυπος ενός εργαλείου ΕΠ στην αποτελεσματικότητα της μάθησης. Με βάση την ανάλυση των δεδομένων σχετικά με την αποτελεσματικότητα της μάθησης μέσω των ενισχυμένων περιβαλλόντων, των γραπτών δοκιμών και του ερωτηματολογίου με κλίμακα Likert, μπορεί να επιβεβαιωθεί ότι η ενσωμάτωση της ΕΠ στην προαναφερθείσα μαθησιακή ενότητα είχε σημαντικές επιπτώσεις στην εκμάθηση των σχετικών περιεχομένων. Πρώτον, τα γραπτά δοκιμαστικά αποτελέσματα των μαθητών που ακολούθησαν μια παραδοσιακή μέθοδο διδασκαλίας ήταν σημαντικά χαμηλότερα από τα αποτελέσματα των φοιτητών που είχαν χρησιμοποιήσει τεχνολογία AR. Δεύτερον, η χρήση της ΕΠ στην τάξη παρείχε σημαντικότερη μάθηση για τους μαθητές με απόδοση κάτω από το μέσο όρο από ό, τι για τους μαθητές υψηλής απόδοσης. Η κύρια αιτία αυτής της ανισότητας είναι ότι τα αποτελέσματα των μαθητών υψηλής απόδοσης έχουν περιορισμένο περιθώριο βελτίωσης. Αυτά τα δεδομένα, ως μέρος ενός ευρύτερου συνόλου δεικτών για την Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη – Education for Sustainable Development (ESD), χρησιμεύουν για την προώθηση της σύγκρισης της απόδοσης, της παρακολούθησης και της συλλογής δεδομένων (Tilbury, Janousek, Elias, & Bacha, 2018) (Zou, Zhao, Mason, & Li), εκτός από την προώθηση των διαδικασιών συγκριτικής αξιολόγησης και προώθηση της πρόσβασης σε Ανοιχτά Εκπαιδευτικά Περιβάλλοντα - Open Educational Resources (OER) μέσω ΤΠΕ.

Ωστόσο, η εκπροσώπηση των βελτιώσεων της μάθησης των μαθητών από μια γραπτή δοκιμασία ως εργαλείο αξιολόγησης μπορεί να μην είναι κατάλληλη, ειδικά όταν ο κύριος στόχος της τεχνολογίας AR είναι να βοηθήσει τους μαθητές να αναπτύξουν δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων και εξερεύνησης στην έρευνα και όχι στη γνωστική απομνημόνευση. Η τεχνολογία AR παρέχει μια νέα γνωστική μέθοδο και ελπίζουμε ότι μέσω της απεικόνισης και της αλληλεπίδρασης με το μέσο, θα έχει μόνιμη επίδραση στην απομνημόνευση του περιεχομένου από τους μαθητές (Campillo, Ricarte, Ros, Nieto, & Latorre M., 2018).

Οι εθνικές πολιτικές και οι στρατηγικές στον τομέα των ΤΠΕ θα πρέπει να επικεντρωθούν στις δυνατότητές της και να διασφαλίσουν ότι τα θεσμικά όργανα και τα εκπαιδευτικά προγράμματα έχουν επαρκείς πόρους (μέσω ανοικτών εκπαιδευτικών πόρων) και ότι ένας επαρκής αριθμός εκπαιδευτικών που είναι κατάλληλοι στις ΤΠΕ είναι διαθέσιμοι για εφαρμογή. Τέλος, από κοινωνική άποψη, οι κυβερνήσεις των χωρών θα πρέπει να εκτιμούν τις πρακτικές που ενθαρρύνουν την πραγματική και ανθεκτική βιώσιμη ανάπτυξη. Ο κύριος στόχος της Επιτροπής UNESCO SDG4-Education 2030 είναι να διατυπώσει συστάσεις για την εκπαιδευτική κοινότητα σχετικά με τις προτεραιότητες και τα βασικά μέτρα που απαιτούνται για την εκπλήρωση των στόχων που καθορίζουν, ακολουθούν και ενθαρρύνουν την επαρκή χρηματοδότηση για την ίδια και συντονίζουν δραστηριότητες που ευνοούν την εκτέλεση της SDG4.

## 4.3 Γενικά χαρακτηριστικά του συνδυασμού AR-STEM

Σύμφωνα με τις τελευταίες μελέτες που έχουν γίνει σε μαθητές πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, φοιτητές πανεπιστημίου και εκπαιδευτικούς, σε διάφορα γνωστικά πεδία όπως, μαθηματικά, φυσικές επιστήμες, μηχανική, εφαρμογές και επιστήμες ζωής και με τα επιστημονικά πρότυπα της επόμενης γενιάς, παρατηρείται ότι με τη χρήση της τεχνολογίας AR/STEM υπάρχουν αρκετά πλεονεκτήματα και προκλήσεις όπως αναφέρονται παρακάτω (Sirakaya & Alsancak Sirakaya, 2022).

### 4.3.1 Πλεονεκτήματα του συνδυασμού AR-STEM

Οι άξονες των πλεονεκτημάτων του συνδυασμού AR/STEM που αναδεικνύουν/επιβεβαιώνουν οι μελέτες είναι:

- Συμβολή στον μαθητή – εκπαιδευόμενο,

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

- Εκπαιδευτικά αποτελέσματα,
- Αλληλεπίδραση και
- Άλλα πλεονεκτήματα.

### 4.3.1.1 Συμβολή στον μαθητή- εκπαιδευόμενο

Η σημαντικότερη συμβολή στον εκπαιδευόμενο ήταν η αυξημένη επιτυχία που επιτεύχθηκε με τη χρήση AR στην εκπαίδευση STEM. Σύμφωνα με τις μελέτες που διερευνήθηκαν η χρήση της ΕΠ στην εκπαίδευση STEM αύξησε τα κίνητρα των σπουδαστών, εξασφάλισε την ανάπτυξη θετικών στάσεων απέναντι στη μάθηση, κίνησε το ενδιαφέρον και την προθυμία τους να μάθουν, μείωσε το γνωστικό φορτίο, διευκόλυνε τη μάθηση, αύξησε την ικανοποίηση, ανέπτυξε τις γνωστικές τους ικανότητες και παρείχε μόνιμη μάθηση (Sirakaya & Alsancak Sirakaya, 2022).

### 4.3.1.2 Εκπαιδευτικά αποτελέσματα

Σύμφωνα με την συγκεκριμένη ερευνά, το σημαντικότερο εκπαιδευτικό αποτέλεσμα που παρέχεται με τη χρήση της ΕΠ στην εκπαίδευση STEM ήταν η αυξημένη συμμετοχή των μαθητών στην τάξη (Moro, Štromberga, Raikos, & Stirling, 2017). Η ΕΠ δίνει στους μαθητές μια διασκεδαστική και ευχάριστη μαθησιακή εμπειρία [π.χ. (Chen, Chou, & Huang, 2016) (Gun & Atasoy, 2017)] και τους βοηθά να αναπτύξουν δεξιότητες συνεργασίας, αυξάνοντας την συναισθηματική και γνωστική τους ικανότητα (Chang & Hwang, Impacts of an augmented reality-based flipped learning guiding approach on students' scientific project performance and perceptions, 2018). Επίσης, επιτρέπει την απεικόνιση εννοιών που δεν μπορούν να απεικονιστούν στην τάξη π.χ. κατά τη διάρκεια ταξιδιών σε μουσεία και σε εργαστήρια (Kamarainen, et al., 2013). Οι συνεντεύξεις σπουδαστών έδειξαν ότι η τεχνολογία αυτή χρησίμευσε ως ένα πολύτιμο εργαλείο μάθησης, επιτρέποντας στους μαθητές να διερευνήσουν τις επιστημονικές λεπτομέρειες, να αναγνωρίσουν και να κατανοήσουν τις κρυμμένες πληροφορίες και να έχουν μια πιο ακριβή κατανόηση της επιστήμης.

Άλλα εκπαιδευτικά αποτελέσματα που περιγράφονται στις μελέτες AR-STEM είναι:

- Η Εξατομικευμένη Διδασκαλία (Individualized Teaching)* (Kamarainen, et al., 2013), όπου είναι μια προσέγγιση της εκπαίδευσης που χρησιμοποιείται για την προσαρμογή της διδασκαλίας στις ανάγκες, τις δεξιότητες και τα ενδιαφέροντα κάθε μαθητή (προσφέροντας αλληλεπίδραση και συνεργασία μεταξύ των μαθητών και του εκπαιδευτικού περιεχομένου), αύξηση του ενδιαφέροντος και της συμμετοχής των εκπαιδευομένων, εμπύθιση στο μάθημα (καθώς οι μαθητές αλληλεπιδρούν με τα εικονικά αντικείμενα και τα περιβάλλοντα που προβάλλονται σε πραγματικό περιβάλλον) και ανάπτυξη δεξιοτήτων STEM (Sirakaya & Alsancak Sirakaya, 2022).
- Η Μάθηση σε Βάθος (In-Depth Learning)* (Chiang, Yang, & Hwang, 2014) είναι μια εκπαιδευτική προσέγγιση που επιδιώκει τη βαθύτερη κατανόηση και εφαρμογή των θεμάτων της τεχνολογίας AR-STEM. Η μάθηση αυτή περιλαμβάνει τα ακόλουθα στοιχεία: διαδραστική εμπειρία μάθησης: όπου οι μαθητές διαδραματίζουν ενεργό ρόλο στη διαδικασία μάθησης μέσω της αλληλεπίδρασης με εικονικά αντικείμενα και περιβάλλοντα που παρέχονται από την τεχνολογία αυτή, προσαρμοσμένη εκπαίδευση: όπου προσφέρει εξατομικευμένες εκπαιδευτικές εμπειρίες, εφαρμογή στην πραγματική ζωή: όπου οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να εφαρμόσουν τις γνώσεις τους σε πραγματικά προβλήματα και σενάρια, μέσω εικονικών προσομοιώσεων ή αναπαραστάσεων και συνεργατική εργασία: όπου οι εκπαιδευόμενοι μπορούν να συνεργαστούν μεταξύ τους για την επίλυση προβλημάτων ή τη δημιουργία έργων (Sirakaya & Alsancak Sirakaya, 2022).

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

- iii. *Η Μάθηση στον Επιθυμητό Χρόνο και Χώρο (Learning at Desired Time and Space)* (Laine, Nygren, Dirin, & Suk, 2016) όπου επιτρέπει στους μαθητές να μαθαίνουν χωρίς περιορισμούς χρόνου και τόπου προσφέροντάς τους ευελιξία, ώστε να έχουν πρόσβαση στο εκπαιδευτικό περιεχόμενο AR ανά πάσα στιγμή και από οπουδήποτε, (χρησιμοποιώντας συσκευές που υποστηρίζουν την τεχνολογία AR, όπως κινητά τηλέφωνα ή ταμπλέτες), εξατομίκευση: το περιεχόμενο AR μπορεί να προσαρμοστεί στις ατομικές ανάγκες, τις προτιμήσεις και το ρυθμό μάθησης του κάθε μαθητή, αυτοδιαχείριση: όπου οι μαθητές έχουν την ελευθερία να οργανώνουν τον χρόνο και τον τρόπο με τον οποίο θα αφοσιωθούν στη μάθηση (ανάλογα με τις δικές τους ανάγκες και προτιμήσεις) και πρόσβαση σε πλούσιο περιεχόμενο: όπου οι μαθητές μπορούν να έχουν πρόσβαση σε ποικίλο και πλούσιο εκπαιδευτικό περιεχόμενο AR (Sirakaya & Alsancak Sirakaya, 2022).
- iv. *Η Άτυπη Μάθηση (Informal Learning)* (Yoon, Anderson, Lin, & Elinich, 2017), δηλαδή είναι μια μορφή μάθησης που συμβαίνει στο πλαίσιο της καθημερινής ζωής ή του περιβάλλοντος του μαθητή, χωρίς ένα συγκεκριμένο δομημένο πλαίσιο ή πρόγραμμα μάθησης. Σε αυτό το πλαίσιο, η τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας χρησιμοποιείται για να ενισχύσει τη μάθηση σε φυσικές και καθημερινές καταστάσεις. Κάποια χαρακτηριστικά της άτυπης μάθησης ARSTEM είναι: η εκπαιδευτική αλληλεπίδραση, όπου οι μαθητές έρχονται σε επαφή με το εκπαιδευτικό περιεχόμενο AR στο περιβάλλον τους κατά τη διάρκεια των καθημερινών τους δραστηριοτήτων (επιτρέποντας τους να μάθουν και να εξερευνήσουν με έναν πιο ανεπίσημο τρόπο), η αυτό-καθοδήγηση: όπου οι μαθητές αναλαμβάνουν τον έλεγχο της δικής τους μάθησης και εξερεύνησης (επιλέγοντας το πώς και πότε θα αλληλεπιδράσουν με το περιεχόμενο AR) και η ενίσχυση της πρακτικής εφαρμογής: όπου η άτυπη μάθηση ARSTEM ενθαρρύνει την πρακτική εφαρμογή των γνώσεων σε πραγματικές καταστάσεις (βοηθώντας τους μαθητές να εντάξουν τις νέες γνώσεις τους στην καθημερινή τους ζωή) (Sirakaya & Alsancak Sirakaya, 2022).

Αυτά τα πλεονεκτήματα δίνουν μια ιδέα για το πώς η AR μπορεί να υποστηρίξει τη μάθηση και εκτός της τάξης.

### 4.3.1.3 Αλληλεπίδραση

Τα πλεονεκτήματα όσον αφορά την αλληλεπίδραση που επισημάνθηκαν σε μελέτες AR-STEM συλλέχθηκαν σε 2 υπό-κατηγορίες:

- Αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο (Chen, Chou, & Huang, 2016), που σημαίνει αυξημένη αλληλεπίδραση μεταξύ του περιεχομένου των μαθητών και των μαθημάτων.
- Αίσθηση παρουσίας και αυξημένη αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθητών (Kamarainen, et al., 2013). Αυτό μπορεί να επιτευχθεί λόγω του ότι, η τεχνολογία αυτή επιτρέπει στο χρήστη να αλληλεπιδρά με το περιεχόμενο του μαθήματος με εικονικά αντικείμενα, σε πραγματικό χρόνο στο οποίο βρίσκεται, και να επηρεάζει θετικά την αίσθηση της παρουσίας των μαθητών (Chang & Hwang, Impacts of an augmented reality-based flipped learning guiding approach on students' scientific project performance and perceptions, 2018).

Επιπλέον, οι (Hsiao, Chen, & Huang, 2012) ανέφεραν επίσης ότι η τεχνολογία αυτή εξασφάλισε ότι οι μαθητές θα μπορούσαν να συμμετάσχουν σε περισσότερες σωματικές δραστηριότητες, σε σύγκριση με άλλες μαθησιακές δραστηριότητες μέσω υψηλότερων αλληλεπιδράσεων με τη χρήση της ΕΠ.

### 4.3.1.4 Άλλα πλεονεκτήματα

Η χρήση της ΕΠ στην εκπαίδευση STEM έχει και άλλα επιπλέον πλεονεκτήματα, όπως:

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

- Δυνατότητα ασφαλούς εφαρμογής επικίνδυνων πειραμάτων (Yang, Mei, & Yue, 2018). Τα πειράματα αυτά μπορούν να πραγματοποιηθούν με τη δημιουργία εικονικών προσομοιώσεων με τη χρήση της τεχνολογίας AR, τα οποία μπορούν να αναπαράγονται σε ασφαλή περιβάλλοντα, χωρίς τον κίνδυνο τραυματισμού ή καταστροφής, να επαναλαμβάνονται και να προσαρμόζονται κάθε φορά στις ανάγκες της εκπαιδευτικής διαδικασίας, να φαίνονται αληθοφανή, να εκτελούνται με διαφορετικά σενάρια, ώστε οι εκπαιδευόμενοι να εξερευνήσουν διαφορετικές πτυχές των επιστημονικών φαινομένων και οι εκπαιδευόμενοι να μάθουν να συνεργάζονται και να μοιράζονται τις εμπειρίες τους (σε πειράματα), ακόμα και αν βρίσκονται σε διαφορετικά μέρη.
- Μείωση του κόστους.

### 4.3.2 Μειονεκτήματα - προκλήσεις που εντοπίστηκαν σε μελέτες AR-STEM

Παρόλο που στις περισσότερες μελέτες που έγιναν με τη χρήση της ΕΠ στην εκπαίδευση STEM υπογραμμίστηκαν πολλά πλεονεκτήματα, μερικές από τις προκλήσεις είναι:

1. Προβλήματα στον εντοπισμό των δεικτών (markers): σε εφαρμογές ΕΠ που βασίζονται σε δείκτες, η κάμερα της συσκευής πρέπει να ανιχνεύει συνεχώς τους δείκτες προκειμένου να εμφανιστεί το ψηφιακό περιεχόμενο. Το πρόβλημα αυτό επιτείνεται και από παράγοντες όπως, η εφαρμογές έλλειψη κατάλληλης ποσότητας φωτός στην τάξη (περισσότερο ή λιγότερο φως από το απαραίτητο).
2. Η σύνδεση στο Διαδίκτυο (Küçük, Karakin, & Gökteş, 2016): η υλοποίηση της AR μπορεί να απαιτεί την επικοινωνία μέσω διαδικτύου με κεντρικούς υπολογιστές (servers) για αναγνώριση αντικειμένων, λήψη πόρων, πραγματοποίηση επεξεργασίας ή καταγραφή στοιχείων του χρήστη ή των αλληλεπιδράσεων. Η επικοινωνία αυτή μπορεί να μην είναι κατά περιπτώσεις διαθέσιμη, ή να υπολείπεται σε εύρος ζώνης από το απαραίτητο (με αποτέλεσμα την υποβάθμιση της εμπειρίας του χρήστη) ή να συνεπάγεται κόστος για τον χρήστη.
3. Τα προβλήματα GPS (Bressler & Bodzin, 2013), όπως: η χαμηλή ακρίβεια, όπου πολύ συχνά δεν είναι αρκετά ακριβή με αποτέλεσμα να οδηγήσει σε λανθασμένες θέσεις, η καθυστέρηση, όπου υπάρχει συνήθως κάποια καθυστέρηση μεταξύ του χρόνου που λαμβάνεται μια τοποθεσία και της εμφάνισης των αντίστοιχων εικονικών αντικειμένων στην εφαρμογή, η αστάθεια του σήματος, όπου η ποιότητα του σήματος GPS μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τον τόπο και τις συνθήκες (όπως, κτίρια ή δέντρα που μπορούν να εμποδίσουν το σήμα) και η εξάρτηση από την συνδεσιμότητα, όπου οι περισσότερες συσκευές AR εξαρτώνται από τη συνδεσιμότητα με δίκτυα κινητής τηλεφωνίας ή WiFi για να λαμβάνουν δεδομένα τοποθεσίας.
4. Η έλλειψη επαρκών χαρακτηριστικών σε φοιτητικές συσκευές (Küçük, Karakin, & Gökteş, 2016) όπως: η ισχύς επεξεργασίας, όπου η επεξεργαστική ισχύς των φοιτητικών συσκευών μπορεί να είναι περιορισμένη, (π.χ. σε κινητά τηλέφωνα και ταμπλέτες), η διάρκεια ζωής της μπαταρίας, όπου οι μελέτες AR συχνά απαιτούν έντονη χρήση της μπαταρίας (ιδίως όταν συνδυάζονται με τη χρήση GPS και άλλων αισθητήρων), οι αισθητήρες, όπου σε ορισμένες φοιτητικές συσκευές ενδέχεται να μην έχουν τους απαραίτητους αισθητήρες που απαιτούνται για πλήρη υποστήριξη εφαρμογών AR (π.χ. επιταχυνσιόμετρα, γυροσκόπια και αισθητήρες βάθους), τα γραφικά, όπου ενδέχεται να μην διαθέτουν ισχυρές γραφικές κάρτες που απαιτούνται για ρεαλιστικά γραφικά σε τέτοιου είδους εφαρμογές (π.χ. μελέτες στο πεδίο STEM) και η ανάλυση οθόνης, όπου η χαμηλή ανάλυση οθόνης μπορεί να περιορίσει την ποιότητα της εμπειρίας AR και να επηρεάσει την ακρίβεια και την ευκρίνεια των εικονικών αντικειμένων.

Ωστόσο, οι τεχνολογικές εξελίξεις των κινητών συσκευών και των χαμηλότερων τιμών για αυτές τις συσκευές ενδέχεται να εξαλείψουν αυτά τα προβλήματα τα επόμενα χρόνια. Ορισμένες μελέτες

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

καταγράφουν λιγότερη αποδοχή από πλευράς εκπαιδευτικών στη χρήση της ΕΠ στην εκπαίδευση STEM και αυτό είναι ένα πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπιστεί. Οι (Hsiao, Chen, & Huang, 2012) αναφέρουν ότι οι εκπαιδευτικοί εμφάνισαν περισσότερη αντίσταση από τους μαθητές, που σχετίζεται με το γεγονός ότι οι δάσκαλοι που ήθελαν να αυξήσουν την απόδοση των εκπαιδευομένων, δεν ήταν πρόθυμοι να αφιερώσουν χρόνο στην εξερεύνηση νέων εργαλείων. Μια άλλη πρόκληση που συναντήθηκε αφορά το γεγονός ότι η "ανάπτυξης περιεχομένου" είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα (Chang, Chung, & Huang, 2016): ειδικότερα, η προετοιμασία ρεαλιστικών γραφικών και μοντέλων 3D, στοιχεία απαραίτητα προκειμένου να είναι αποτελεσματική η χρήση της ΕΠ, απαιτεί μεγάλο χρονικό διάστημα και ενδεχομένως χρειάζεται πρόσθετες δεξιότητες.

### 4.3.3 Συμπεράσματα και μελλοντική έρευνα

Οι προκλήσεις που συναντήθηκαν σε μελέτες AR-STEM σχετίζονταν κυρίως με τεχνικά προβλήματα. Τα επόμενα χρόνια οι εξελίξεις στις κινητές τεχνολογίες μπορούν να βοηθήσουν στην αντιμετώπιση αυτών των τεχνικών προβλημάτων, όπως τα προβλήματα στην ανίχνευση των δεικτών, των ζητημάτων με τη χρήση του GPS και των προβλημάτων του Διαδικτύου. Ωστόσο, υπάρχουν και άλλες προκλήσεις, όπως η αντίσταση των εκπαιδευτικών στη χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας και τα μεγάλα χρονικά διαστήματα που απαιτούνται για την ανάπτυξη περιεχομένου. Είναι υψηλής σημασίας λοιπόν η επιμόρφωση και η εξέλιξη των γνώσεων και δεξιοτήτων εκπαιδευτικών, ώστε να διαθέτουν τα απαραίτητα εφόδια για την αποτελεσματική χρήση της ΕΠ στην εκπαίδευση STEM και την αντιμετώπιση της αντίστασης των εκπαιδευτικών στη χρήση της τεχνολογίας αυτής.



## 5 Συμπεράσματα – Συζήτηση - Προοπτικές

Η ΕΠ παρέχει ένα σύνολο από καινοτόμα στοιχεία που είναι ιδιαίτερα ενδιαφέροντα για τον τομέα της εκπαίδευσης. Ένα από αυτά τα στοιχεία είναι η σύνδεση με το φυσικό μας περιβάλλοντα χώρο, παρέχοντας τρόπους ενσωμάτωσης και υπέρθεσης πληροφορίας σε αυτόν, ενισχύοντας τις ευκαιρίες για απόκτηση γνώσης σχετικά με το περιβάλλον μας αλλά και παρέχοντάς μας τη δυνατότητα να εναποθέσουμε πληροφορίες επ' αυτού. Ήδη πολλές εφαρμογές είναι διαθέσιμες που αξιοποιούν την τεχνολογία της ΕΠ προς αυτή την κατεύθυνση. Πολύ ενδιαφέρουσες είναι και οι πλατφόρμες για την ανάπτυξη εφαρμογών ΕΠ, ιδίως εκείνες που δεν απαιτούν αυξημένες τεχνολογικές γνώσεις και δεξιότητες και έτσι μπορούν άμεσα να αξιοποιηθούν από εκπαιδευόμενους και διδάσκοντες. Η τεχνολογία της ΕΠ ενθαρρύνει και ενισχύει τη συνεργατικότητα στη μάθηση, ενώ ένα σημαντικό πρόσθετο πλεονέκτημα είναι η πιο «απτή» παρουσίαση των εννοιών και των πληροφοριών, επιτρέποντας στους μαθητές να έχουν οπτική αναπαράσταση στοιχείων που δεν θα μπορούσαν να προσλάβουν οπτικά με διαφορετικό τρόπο (ή κάτι τέτοιο θα ήταν ιδιαίτερα δυσχερές). Επιπρόσθετα, η ΕΠ μεταβάλλει τη στάση των εκπαιδευομένων έναντι της εκπαιδευτικής διαδικασίας αλλά και έναντι του αντικειμένου της διδασκαλίας επί το θετικότερο (Ntaoulas, Goudela, & Zois, 2020).

Έρευνες έχουν δείξει ότι η AR μπορεί να είναι πιο αποτελεσματική στην υποστήριξη της διδασκαλίας από άλλες εκδόσεις της τεχνολογία. Η ταχεία τεχνολογική εξέλιξη έχει αλλάξει τον πρόσωπο της εκπαίδευσης, ιδιαίτερα όταν η τεχνολογία ήταν σε συνδυασμό με τα κατάλληλα παιδαγωγικά θεμέλια. Αυτός ο συνδυασμός έχει αναπτύξει νέες δυνατότητες για βελτίωση της διδασκαλίας και της μαθησιακής εμπειρίας (Nincarean, Alia, Abdul Halim, & Abdul Rahman, 2013).

Με βάση τα ευρήματα, η επαυξημένη πραγματικότητα (AR) είναι μια τεχνολογική στρατηγική που προσφέρει εφαρμογές που επιτρέπουν στους μαθητές να επικοινωνήσουν με τον πραγματικό κόσμο μέσω εικονικών δεδομένων και η μάθηση βάσει παιχνιδιών (GBL- Game Based Learning) είναι μια παιδαγωγική στρατηγική που προωθεί τη χρήση των παιχνιδιών μάθησης.

Η ανάγκη για επίτευξη της κατάλληλης ισορροπίας μεταξύ του θεωρητικού και του πρακτικού σκέλους της διδασκαλίας δημιούργησε αποκλίνουσες θεωρήσεις για τη μάθηση και τη διδασκαλία. Σε γενικό επίπεδο ωστόσο, είναι σαφές ότι η μάθηση και η διδασκαλία είναι αλληλένδετες, και οι τεχνολογικές εφαρμογές οφείλουν να υπηρετούν της ανάγκες και των δύο απόψεων. Οι συγκεκριμένες τεχνολογικές εφαρμογές που χρησιμοποιούνται σε κάθε εκπαιδευτική δραστηριότητα, ενταγμένη σε ένα εκπαιδευτικό πλαίσιο, πρέπει να επιλέγονται με βάση τα χαρακτηριστικά των μαθητών, της δραστηριότητας και του πλαισίου. Μόνον τότε η εφαρμογή τους θα είναι αποτελεσματική.

Συμπερασματικά, οι μελέτες καταγράφουν ότι με χρήση των εφαρμογών ΕΠ οι μαθητές επιτυγχάνουν καλύτερα τους μαθησιακούς τους στόχους, ενώ παράλληλα η ανάλυση των αποτελεσμάτων καταδεικνύει ότι η χρήση της ΕΠ οδηγεί σε επίτευξη βελτιωμένων μαθησιακών επιπέδων σε σύγκριση τόσο με την «παραδοσιακή» διδασκαλία όσο και με άλλες μορφές εφαρμογών τεχνολογίας πληροφοριών και επικοινωνιών, όπως επί παραδείγματι οι διαδικτυακές εφαρμογές.

## 6 Βιβλιογραφία

*A Literature Review on Immersive Virtual Reality in Education: State Of The Art and Perspectives.* **Laura, Freina and Michela, Ott. 2015.** 2015. DOI:10.12753/2066-026X-15-020. Conference: eLearning and Software for Education (eLSE)At: Bucharest (Romania).

**Akçayır, M and Akçayır, G. 2017.** Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. February 2017, pp. Pages 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>.

**Akçayır, Murat, et al. 2016.** Augmented reality in science laboratories: The effects of augmented reality on university students' laboratory skills and attitudes toward science laboratories. [ed.] DOI:10.1016/j.chb.2015.12.054. April 2016.

**Alcañiz Raya, Mariano Luis, et al. 2010.** Augmented Reality Technology for Education. In book: New Achievements in Technology Education and Development, March 2010.

**Alkhamisi, Abrar Omar and Monowar, Muhammad Mostafa. 2013.** Rise of Augmented Reality: Current and Future Application Areas. International Journal of Internet and Distributed Systems 01(04):25-34, January 2013, Vol. DOI:10.4236/ijids.2013.14005, CC BY 4.0.

**Alkhatabi, Mona. 2017.** Augmented Reality as E-learning Tool in Primary Schools' Education: Barriers to Teachers' Adoption. February 2017. <https://doi.org/10.3991/ijet.v12i02.6158>.

**Antonioli, Misty, Blake, Corinne and Sparks, Kelly. 2014.** JOTS v40n2 - Augmented Reality Applications in Education. <https://doi.org/10.21061/jots.v40i2.a.4>, 2014. <https://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JOTS/v40/v40n2/antonioli.html>.

*AR Lab/Practical Simulation Book for Physics Chemistry & Computer Science.* **Rahman, Md Mustafizur, et al. 2022.** 2022. ICCA '22: Proceedings of the 2nd International Conference on Computing Advancements. pp. Pages 97–102.

**Arcos Obando, Claudia Elizabeth, et al. 2016.** Playful and Interactive Environment-Based Augmented Reality to Stimulate Learning of Children. April 2016.

**Arth, Clemens, et al. 2015.** The History of Mobile Augmented Reality. May 2015. SourcearXiv, [https://www.researchgate.net/publication/275974448\\_The\\_History\\_of\\_Mobile\\_Augmented\\_Reality](https://www.researchgate.net/publication/275974448_The_History_of_Mobile_Augmented_Reality).

**Arvanitis, Theodoros, και ουν. 2009.** Human factors and qualitative pedagogical evaluation of a mobile augmented reality system for science education used by learners with physical disabilities. DOI:10.1007/s00779-007-0187-7, March 2009, Τόμ. Personal and Ubiquitous Computing 13(3):243-250, SourceDBLP.

[https://www.researchgate.net/publication/220141812\\_Human\\_factors\\_and\\_qualitative\\_pedagogical\\_eval](https://www.researchgate.net/publication/220141812_Human_factors_and_qualitative_pedagogical_eval)

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

uation\_of\_a\_mobile\_augmented\_reality\_system\_for\_science\_education\_used\_by\_learners\_with\_physical\_disabilities.

*Augmented Reality for Developers: Build practical augmented reality applications with Unity, ARCore, ARKit, and Vuforia.* Linowes, Jonathan and Babilinski, Krystian. 2017. Corpus ID: 155512169.

**Azuma, R. 1997.** A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6, 355-385. 1997. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>.

**Azuma, Ronald, et al.** Recent advances in augmented reality. *IEEE Comput Graphics Appl. IEEE Computer Graphics and Applications* 21(6):34 - 47, Vol. DOI:10.1109/38.963459, SourceIEEE Xplore. [https://www.researchgate.net/publication/3208983\\_Recent\\_advances\\_in\\_augmented\\_reality\\_IEEE\\_Comput\\_Graphics\\_Appl](https://www.researchgate.net/publication/3208983_Recent_advances_in_augmented_reality_IEEE_Comput_Graphics_Appl).

**Bacca, Jorge, et al. 2015.** Mobile Augmented Reality in Vocational Education and Training. 2015, pp. Pages 49-58. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.203>.

**Bacca-Acosta, Jorge, et al. 2014.** Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications. October 2014. [https://www.researchgate.net/publication/286049823\\_Augmented\\_Reality\\_Trends\\_in\\_Education\\_A\\_Systematic\\_Review\\_of\\_Research\\_and\\_Applications](https://www.researchgate.net/publication/286049823_Augmented_Reality_Trends_in_Education_A_Systematic_Review_of_Research_and_Applications).

**Bandura, A. 1991.** Human agency: The rhetoric and the reality. Corpus ID: 222010999, February 1991. <https://www.semanticscholar.org/paper/Human-agency%3A-The-rhetoric-and-the-reality.-Bandura/ec967a797e2f2bc59d3fcf37beb36275f6943654>.

**Barrett, Peter, Barrett, Lucinda and Zhang, Yufan. 2015.** Teachers' views of their primary school classrooms. October 2015. <https://doi.org/10.1080/17508975.2015.1087835>.

**Bederson, Benjamin B. 1995.** Audio Augmented Reality: A Prototype Automated Tour Guide. *Bell Communications Research*, May 1995, Vol. CHI'95 MOSAIC OF CREATIVITY. [https://www.cs.umd.edu/~bederson/images/pubs\\_pdfs/p210-bederson.pdf](https://www.cs.umd.edu/~bederson/images/pubs_pdfs/p210-bederson.pdf).

**Bielling, Patti. 2019.** Army pursuing improved realism in live and virtual training. *US Army*. [Online] December 3, 2019. [https://www.army.mil/article/230567/army\\_pursuing\\_improved\\_realism\\_in\\_live\\_and\\_virtual\\_training](https://www.army.mil/article/230567/army_pursuing_improved_realism_in_live_and_virtual_training).

**Billinghurst, Mark and Duenser, Andreas. 2012.** Augmented Reality in the Classroom. DOI:10.1109/MC.2012.111, July 2012. <https://www.researchgate.net/publication/234793015>.

**Bimber, Oliver and Raskar, Ramesh. 2005.** Spatial Augmented Reality. *Merging Real and Virtual Worlds*. New York : <https://doi.org/10.1201/b10624>, 2005, p. 392. <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/b10624/spatial-augmented-reality-oliver-bimber-ramesh-raskar>.

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

- Birt, James, et al. 2018.** Mobile Mixed Reality for Experiential Learning and Simulation in Medical and Health Sciences Education. January 2018. <https://doi.org/10.3390/info9020031>.
- blippAR. 2023.** AR CREATIONS. [Online] 2023. <https://www.blippar.com/ar-creations>.
- Boehm, Barry. 2002.** Get Ready for Agile Methods, With Care. DOI:10.1109/2.976920, February 2002, Vols. Computer 35(1):64-69, SourceIEEE Xplore. [https://www.researchgate.net/publication/2955570\\_Get\\_Ready\\_for\\_Agile\\_Methods\\_With\\_Care](https://www.researchgate.net/publication/2955570_Get_Ready_for_Agile_Methods_With_Care).
- Bressler, D. M. and Bodzin, A. M. 2013.** A mixed methods assessment of students' flow experiences during a mobile augmented reality science game. 2013.
- Cabero, Julio and Barroso, Julio. 2016.** The educational possibilities of Augmented Reality, NEW APPROACHES IN EDUCATIONAL RESEARCH. Vol. 5. No. 1, January 2016. [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/60925/1/NAER\\_5\\_1\\_08.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/60925/1/NAER_5_1_08.pdf).
- Cai, S., et al. 2017.** Applications of augmented reality-based natural interactive learning. 2017. <https://doi.org/10.1080/10494820.2016.1181094>.
- Cai, Su, et al. 2017.** Applications of augmented reality-based natural interactive learning in magnetic field instruction. Interactive Learning Environments 25:778-791, August 2017. [https://www.researchgate.net/publication/323225743\\_Applications\\_of\\_augmented\\_reality-based\\_natural\\_interactive\\_learning\\_in\\_magnetic\\_field\\_instruction](https://www.researchgate.net/publication/323225743_Applications_of_augmented_reality-based_natural_interactive_learning_in_magnetic_field_instruction).
- Campillo, E., και ουν. 2018.** Effects of the Visual and Auditory Components of a Brief Mindfulness Intervention on Mood State and on Visual and Auditory Attention and Memory Task Performance. 2018, σσ. 357-365. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12144-016-9519-y>.
- cg-physics.org. 2018.** Hello and welcome to cg-physics.org. [Online] 2018. <https://www.cg-physics.org/index.php/en>.
- Challenor, Jennifer and Ma, Minhua. 2019.** A Review of Augmented Reality Applications for History Education and Heritage Visualisation. May 2019. <https://doi.org/10.3390/mti3020039>.
- Chang, G, Morreale, P and Medicherla, P.i S. 2020.** Applications of Augmented Reality Systems in Education. March 2020. [https://www.researchgate.net/publication/279677787\\_Applications\\_of\\_Augmented\\_Reality\\_Systems\\_in\\_Education](https://www.researchgate.net/publication/279677787_Applications_of_Augmented_Reality_Systems_in_Education).
- Chang, R.- C., Chung, L.- Y. and Huang, Y.- M. 2016.** Developing an interactive augmented reality system as a complement to plant education and comparing its effectiveness with video learning. 2016.

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

**Chang, Shao-Chen and Hwang, Gwo-Jen. 2018.** Impacts of an augmented reality-based flipped learning guiding approach on students' scientific project performance and perceptions. June 20, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.06.007>.

— . 2018. Impacts of an augmented reality-based flipped learning guiding approach on students' scientific project performance and perceptions. June 20, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.06.007>.

**Chen, C. H., Chou, Y.- Y. and Huang, C.-Y. 2016.** An augmented-reality-based concept map to support mobile learning for science. 2016.

**Chen, Yunqiang, et al. 2019.** An overview of augmented reality technology. LicenseCC BY 3.0, June 2019, Vol. Journal of Physics Conference Series 1237(2):022082. [https://www.researchgate.net/publication/334420829\\_An\\_overview\\_of\\_augmented\\_reality\\_technology](https://www.researchgate.net/publication/334420829_An_overview_of_augmented_reality_technology).

**Cheng, K.- H. 2018.** Surveying students' conceptions of learning science by augmented reality and their scientific epistemic beliefs. 2018.

**Cheng, Kun-Hung and Tsai, Chin-Chung. 2012.** Affordances of Augmented Reality in Science Learning: Suggestions for Future Research. August 2012. J Sci Educ Technol (2013) 22:449–462.

**Chiang, T. H. C., Yang, S. J. H. and Hwang, G. J. 2014.** Students' online interactive patterns in augmented reality-based inquiry activities. 2014.

**Choi, Y- H, Hong, Min and Choi, Y-J. 2018.** Parallel cloth simulation with GPGPU. June 2018, Vols. Multimed Tools Appl (2018) 77:30105–30120. <https://doi.org/10.1007/s11042-018-6188-x>.

**Chuah, Stephanie Hui-Wen. 2020.** Wearable XR-Technology: Literature Review, Conceptual Framework and Future Research Directions. January 2020, Vol. DOI:10.1504/IJTMKT.2019.104586, International Journal of Technology Marketing 13(3/4):205-259. [https://www.researchgate.net/publication/330506079\\_Wearable\\_XR-Technology\\_Literature\\_Review\\_Conceptual\\_Framework\\_and\\_Future\\_Research\\_Directions](https://www.researchgate.net/publication/330506079_Wearable_XR-Technology_Literature_Review_Conceptual_Framework_and_Future_Research_Directions).

**D'Angelo, C., et al. 2014.** *Simulations for STEM Learning: Systematic Review and Meta-Analysis*. Menlo Park, CA : SRI International, 2014.

**Das, Prith, et al. 2017.** Augmented Reality Video Games: New Possibilities and Implications for Children and Adolescents. Multimodal Technologies and Interaction 1(2):8, April 2017, Vol. CC BY 4.0. [https://www.researchgate.net/publication/353431116\\_Augmented\\_Reality\\_Video\\_Games\\_New\\_Possibilities\\_and\\_Implications\\_for\\_Children\\_and\\_Adolescents](https://www.researchgate.net/publication/353431116_Augmented_Reality_Video_Games_New_Possibilities_and_Implications_for_Children_and_Adolescents).

**del Cerro Velázquez, Francisco and Morales Méndez, Gines. 2021.** Application in Augmented Reality for Learning Mathematical Functions: A Study for the Development of Spatial Intelligence in Secondary Education Students. DOI:10.3390/math9040369, February 2021, Vol. CC BY 4.0.

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

**Del Cerro Velazquez, Francisco and Morales Méndez, Ginés. 2018.** Augmented Reality and Mobile Devices: A Binominal Methodological Resource for Inclusive Education (SDG 4). An Example in Secondary Education. September 2018. <https://doi.org/10.3390/su10103446>.

**Del Cerro Velázquez, Francisco and Morales Méndez, Ginés. 2018.** Augmented Reality and Mobile Devices: A Binominal Methodological Resource for Inclusive Education(SDG 4). An Example in Secondary Education. September 27, 2018. Energy Engineering and Teaching Innovation Research Group in Technology, Faculty of Education ("C" Building), University of Murcia, Campus de Espinardo, 30100 Murcia, Spain; gines.morales@um.es Correspondence: fcerro@um.es; Tel.: +34-868-887-696.

**Diegmann, Phil, et al. 2015.** Benefits of Augmented Reality in Educational Environments - A Systematic Literature Review. Corpus ID: 10788853, 2015. <https://www.semanticscholar.org/paper/Benefits-of-Augmented-Reality-in-Educational-A-Diegmann-Schmidt-Kraepelin/3bd11c810987881f2dc6dfb9f9e5e687c6999783>.

**Dineva, K and Atanasova, T. 2019.** Regression Analysis on Data Received from Modular IoT System. October 28–30, 2019. In Proceedings of the European Simulation and Modelling Conference ESM'2019, EUROSIS-ETI, Palma de Mallorca.

**Dingsøyr, Torgeir, Dybå, Tore and Moe, Nils Brede. 2010.** Agile Software Development: An Introduction and Overview. DOI:10.1007/978-3-642-12575-1\_1, April 2010. [https://www.researchgate.net/publication/234274661\\_Agile\\_Software\\_Development\\_An\\_Introduction\\_and\\_Overview](https://www.researchgate.net/publication/234274661_Agile_Software_Development_An_Introduction_and_Overview).

**Dunleavy, Matt, Dede, Chris and Mitchell, Rebecca. 2009.** Affordances and Limitations of Immersive Participatory. J Sci Educ Technol (2009) 18:7–22, September 2009. [https://www.researchgate.net/profile/Matt-Dunleavy-2/publication/225781499\\_Affordances\\_and\\_Limitations\\_of\\_Immersive\\_Participatory\\_Augmented\\_Reality\\_Simulations\\_for\\_Teaching\\_and\\_Learning/links/0deec537cbc80afa13000000/Affordances-and-Limitations-of-Immersi](https://www.researchgate.net/profile/Matt-Dunleavy-2/publication/225781499_Affordances_and_Limitations_of_Immersive_Participatory_Augmented_Reality_Simulations_for_Teaching_and_Learning/links/0deec537cbc80afa13000000/Affordances-and-Limitations-of-Immersi).

**Feiner, St, et al. 1997.** ). A touring machine:prototyping 3d mobile augmented reality systems for exploring the urban environment. In IEEE International Simposium on Wearable Computers, pp. 74-81., 1997. <Http://cs.columbia.edu/~feiner/courses/mobwear/resources/feiner-iswc97.pdf>.

**Freina, Laura and Ott, Michela. 2015.** A Literature Review on Immersive Virtual Reality in Education: State Of The Art and Perspectives. DOI:10.12753/2066-026X-15-020, April 2015. Conference: eLearning and Software for Education (eLSE)At: Bucharest (Romania), [https://www.researchgate.net/publication/280566372\\_A\\_Literature\\_Review\\_on\\_Immersive\\_Virtual\\_Reality\\_in\\_Education\\_State\\_Of\\_The\\_Art\\_and\\_Perspectives](https://www.researchgate.net/publication/280566372_A_Literature_Review_on_Immersive_Virtual_Reality_in_Education_State_Of_The_Art_and_Perspectives).



## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

**Fua, P. and Lepetit, V. 2006.** Vision Based 3D Tracking and Pose Estimation. [ed.] Computer Vision Laboratory. *Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)*. DOI: 10.4018/978-1-59904-066-0.ch001, January 2006.

**Fujisawa, Makoto and Kato, Hirokazu. 2009.** Interactive Fluid Simulation Using Augmented Reality Interface. July 2009, Vols. DOI:10.1007/978-3-642-02771-0\_48, SourceDBLP. Conference: Virtual and Mixed Reality, Third International Conference, VMR 2009, Held as Part of HCI International 2009, San Diego, CA, USA, July 19-24, 2009. Proceedings.

**Garcia, C. and Tziritas, G. 1999.** Face detection using quantized skin color regions merging and wavelet packet analysis. 1999. *IEEE Transactions on Multimedia*, 1(3), pp. 264-277..

**Gen, Maj. and Gervais, Maria R. 2018.** U.S. ARMY/The Synthetic Training Environment revolutionizes sustainment training. [https://www.army.mil/article/210105/the\\_synthetic\\_training\\_environment\\_revolutionizes\\_sustainment\\_training](https://www.army.mil/article/210105/the_synthetic_training_environment_revolutionizes_sustainment_training). [Online] August 23, 2018.

**Giasiranis, Stefanos and Sofos, Alivisos. 2016.** Παραγωγή και αξιολόγηση εκπαιδευτικού υλικού με χρήση Επαυξημένης Πραγματικότητας για τη διδασκαλία της ενότητας «Αναπαράσταση της πληροφορίας στον υπολογιστή» στο Γυμνάσιο. DOI:10.12681/jode.10866, December 2016. [https://www.researchgate.net/publication/311626884\\_Paragoge\\_kai\\_axiologese\\_ekpaideutikou\\_ylikou\\_me\\_e\\_chrese\\_Epauxemenes\\_Pragmatikotetas\\_gia\\_te\\_didaskalia\\_tes\\_enotetas\\_Anaparastase\\_tes\\_plerophorias\\_ston\\_ypologiste\\_sto\\_Gymnasio](https://www.researchgate.net/publication/311626884_Paragoge_kai_axiologese_ekpaideutikou_ylikou_me_e_chrese_Epauxemenes_Pragmatikotetas_gia_te_didaskalia_tes_enotetas_Anaparastase_tes_plerophorias_ston_ypologiste_sto_Gymnasio).

**Godoy Jr, Carlo Hernandez. 2021.** Augmented Reality for Education: A Review. August 2021. [https://www.researchgate.net/publication/354400285\\_Augmented\\_Reality\\_for\\_Education\\_A\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/354400285_Augmented_Reality_for_Education_A_Review).

**Gun, E. T. and Atasoy, B. 2017.** The effects of augmented reality on elementary school students' spatial ability and academic. 2017.

**Hanafi, Hafizul Fahri, et al. 2017.** Improving Students' Motivation in Learning ICT Course With the Use of A Mobile Augmented Reality Learning Environment. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering* 226(1):012114, August 2017, Vol. CC BY 3.0. [https://www.researchgate.net/publication/319106896\\_Improving\\_Students'\\_Motivation\\_in\\_Learning\\_ICT\\_Course\\_With\\_the\\_Use\\_of\\_A\\_Mobile\\_Augmented\\_Reality\\_Learning\\_Environment](https://www.researchgate.net/publication/319106896_Improving_Students'_Motivation_in_Learning_ICT_Course_With_the_Use_of_A_Mobile_Augmented_Reality_Learning_Environment).

**Hardenberg, Christian von and Brard, Francois. 2002.** Bare-Hand Human-Computer Interaction. DOI:10.1145/971478.971513, January 2002. [https://www.researchgate.net/publication/2495859\\_Bare-Hand\\_Human-Computer\\_Interaction](https://www.researchgate.net/publication/2495859_Bare-Hand_Human-Computer_Interaction).

**Healthy Simulation. 2019.** Augmented Reality in Medicine. *Healthy Simulation*. [Online] 2019. <https://www.healthysimulation.com/augmented-reality-in-medicine/>.

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

**Hernandez, Cindy και Duque-Bedoya, Erika. 2018.** Creative Workshop Based on Augmented Reality for the Strengthening of Creativity through the Learning of the Design Thinking Methodology. October 2018. DOI: 10.3390/proceedings2211359.

**Hewitt, Nina, Wood, Stepan and Wilson, Brian. 2022.** Ecosystem Education with Augmented Reality: A Flexible Tool for In-Field Learning. April 2022, pp. Pages 577-590. <https://doi.org/10.1080/00330124.2022.2134151>.

**Highsmith, Jim and Cockburn, Alistair. 2001.** Cockburn, A.: Agile software development: the business of innovation. Computer 34(9), 120-127. DOI:10.1109/2.947100, October 2001, Vols. Computer 34(9):120 - 127, SourceIEEE Xplore. [https://www.researchgate.net/publication/2955499\\_Cockburn\\_A\\_Agile\\_software\\_development\\_the\\_business\\_of\\_innovation\\_Computer\\_34\\_9\\_120-127](https://www.researchgate.net/publication/2955499_Cockburn_A_Agile_software_development_the_business_of_innovation_Computer_34_9_120-127).

**Höhl, Wolfgang and Broschart, Daniel. 2015.** Augmented reality in architecture and urban planning. January 2015. [https://www.researchgate.net/publication/283859147\\_Augmented\\_reality\\_in\\_architecture\\_and\\_urban\\_planning](https://www.researchgate.net/publication/283859147_Augmented_reality_in_architecture_and_urban_planning).

**Hololens, Microsoft. 2019.** [Ηλεκτρονικό] 2019. <https://www.microsoft.com/en-us/hololens>.

**Hsiao, K.- F., Chen, N.-S. and Huang, S.-Y. 2012.** Learning while exercising for science education in augmented reality among adolescents. 2012.

<https://3dlook.ai/content-hub/virtual-fitting-room-for-ecommerce/>. [Ηλεκτρονικό]

<https://jasoren.com/augmented-reality-military/>. [Ηλεκτρονικό]

<https://www.openworldlearning.org/projection-augmented-reality-a-new-way-to-experience-the-world/>. [Ηλεκτρονικό]

[https://www.researchgate.net/figure/Head-worn-Computers-or-Displays-Vary-in-Size-Weight-and-Face-Obstruction-A-Glass\\_fig1\\_326699504](https://www.researchgate.net/figure/Head-worn-Computers-or-Displays-Vary-in-Size-Weight-and-Face-Obstruction-A-Glass_fig1_326699504). [Ηλεκτρονικό]

<https://www.tinmith.net/arquake/>. [Online]

<https://www.wikitude.com/media-resources/>. [Online]

**Huang, T. - C., Chen, C. - C. and Chou, Y.- W. 2016.** Animating eco-education: To see, feel, and discover in an augmented reality-based experiential learning environment. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.008>.

**Huang, Tien-Chi, Chen, Chia-Chen and Chou, Yu-Wen. 2016.** Animating eco-education: To see, feel, and discover in an augmented reality-based experiential learning environment. February 2016, Computers & Education 96.

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

**Ibáñez, M. - B., et al. 2015.** Augmented reality-based simulators as discovery. An empirical study. 2015.

**Ibáñez, María Blanca, et al. 2014.** Experimenting with electromagnetism using augmented reality: Impact on flow. 2014. [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/19554/experimenting\\_CE\\_2014\\_ps.pdf](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/19554/experimenting_CE_2014_ps.pdf).

*Impacts of an augmented reality-based flipped learning guiding approach on students' scientific project performance and perceptions.* **Chang, Shao-Chen and Hwang, Gwo-Jen. 2018.** June 20, 2018, Computers & Education, Vol. 125, pp. 226-239. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.06.007>.

*Implementation of mobile augmented reality based on Vuforia and Rawajali.* **Cheng, Xiao and Zhang, Lifeng. 2014.** 2014. Conference: 2014 5th IEEE International Conference on Software Engineering and Service Science (ICSESS).

**Infobae. 2022.** A planetarium in your pocket: how does the Sky Map app work. [Ηλεκτρονικό] 2022. <https://www.infobae.com/en/2022/04/21/a-planetarium-in-your-pocket-how-does-the-sky-map-app-work-2/>.

**Ingres. 2023.** Ingres game, home page. [Online] 2023. <https://ingress.com/>.

**Iqbal, M.Z., Mangina, E and Campbell, A. 2022.** Current Challenges and Future Research Directions in Augmented Reality for Education. 2022. <https://doi.org/10.3390/mti6090075>.

**Iqbal, Muhammad Zahid, Campbell, Abraham G and Mangina, Eleni. 2022.** Current Current Challenges and Future Research Directions in Augmented Reality for Education. September 2022. [https://www.researchgate.net/publication/363230240\\_Current\\_Current\\_Challenges\\_and\\_Future\\_Research\\_Directions\\_in\\_Augmented\\_Reality\\_for\\_Education](https://www.researchgate.net/publication/363230240_Current_Current_Challenges_and_Future_Research_Directions_in_Augmented_Reality_for_Education).

**Johnson, L, et al. 2010.** *THE HORIZON REPORT*. Austin, Texas: The New Media Consortium. : ISBN 978-0-9825334-3-7, 2010. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED510220.pdf>.

**Kamarainen, A. M., et al. 2013.** EcoMOBILE: Integrating augmented reality and probeware with environmental education field trips. 2013.

**Kaufmann, Hannes and Schmalstieg, Dieter. 2003.** Schmalstieg, D.: Mathematics and Geometry Education with Collaborative Augmented Reality. Computers & Graphics 27(3), 339-345. DOI:10.1016/S0097-8493(03)00028-1, June 2003.

**Kesim, Mehmet and Ozarslan, Yasin. 2012.** Augmented Reality in Education: Current Technologies and the Potential for Education. DOI:10.1016/j.sbspro.2012.06.654, December 2012, Vols. CC BY-NC-ND 3.0, Procedia - Social and Behavioral Sciences 47(810):297-302. [https://www.researchgate.net/publication/257716287\\_Augmented\\_Reality\\_in\\_Education\\_Current\\_Technologies\\_and\\_the\\_Potential\\_for\\_Education](https://www.researchgate.net/publication/257716287_Augmented_Reality_in_Education_Current_Technologies_and_the_Potential_for_Education).

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

- Klopper, Eric and Squire, Kurt. 2008.** Environmental Detectives – The Development of an Augmented Reality Platform for Environmental Simulations. 2008. [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/8132648/ar\\_-\\_etrd-libre.pdf?1390854266=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEnvironmental\\_Detectives\\_The\\_Development.pdf&Expires=1695291775&Signature=W9di2mzA41bVtmZleC5V5E3jOQ4hhnz3EMoY6zBTGnyOQNo-3vELR](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/8132648/ar_-_etrd-libre.pdf?1390854266=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEnvironmental_Detectives_The_Development.pdf&Expires=1695291775&Signature=W9di2mzA41bVtmZleC5V5E3jOQ4hhnz3EMoY6zBTGnyOQNo-3vELR).
- Kounavis, Chris D, Kasimati, Anna and Zamani, Efpraxia D. 2012.** Enhancing the Tourism Experience through Mobile Augmented Reality : Challenges and Prospects. DOI:10.5772/51644, July 2012, Vol. International Journal of Engineering Business Management D(1), CC BY 4.0.
- Koutromanos, G., Sofos, A and Avraamidou, L. 2016.**The use of augmented reality games in education: a review of the literature. Janaury 2016, pp. Pages 253-271. <https://doi.org/10.1080/09523987.2015.1125988>.
- Kovac, J., Peer, Peter and Solina, Franc. 2003.** Human skin color clustering for face detection. DOI:10.1109/EURCON.2003.1248169, October 2003, Vol. SourceIEEE Xplore. Conference: EUROCON 2003. Computer as a Tool. The IEEE Region 8Volume: 2.
- Küçük, S., Kapakin, S. and Göktaş, Y. 2016.** Learning anatomy via mobile augmented reality: Effects on achievement and cognitive load. 2016.
- Kysela, Jiří and Štorková, Pavla. 2015.** Using Augmented Reality as a Medium for Teaching History and Tourism. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* . February 12, 2015, pp. 926-931.
- Labus, Aleksandra, et al. 2015.** WEARABLE COMPUTING IN E-EDUCATION. March 2015, pp. number 1, pp. A39–A51. [https://www.fos-unm.si/media/pdf/RUO/2015-4-1/Wearable\\_comouting\\_in\\_e\\_education.pdf](https://www.fos-unm.si/media/pdf/RUO/2015-4-1/Wearable_comouting_in_e_education.pdf).
- Laine, T. H., et al. 2016.**Science Spots AR: A platform for science learning games with augmented reality. 2016.
- Lego. 2023.** LEGO® Life App. [Online] 2023. <https://www.lego.com/en-gr/life/app>.
- Lemos, Bruno, et al. 2017.** Augmented Reality Musical App to Support Children's Musical Education. Computer Science and Information Technology 5(4):121-127, September 2017. [https://www.researchgate.net/publication/346774846\\_Augmented\\_Reality\\_Musical\\_App\\_to\\_Support\\_Children's\\_Musical\\_Education](https://www.researchgate.net/publication/346774846_Augmented_Reality_Musical_App_to_Support_Children's_Musical_Education).
- Lemos, Bruno, et al. 2017.** Augmented RealityMusical App to Support Children’s Musical Education. DOI: 10.13189/csit.2017.050401, 2017. <http://www.hrpub.org>.
- Leotta, Matt and Boyle, Kristin. 2005.** Plausible physics in augmented images. DOI:10.1145/1186954.1187015, January 2005. [https://www.researchgate.net/publication/234773187\\_Plausible\\_physics\\_in\\_augmented\\_images](https://www.researchgate.net/publication/234773187_Plausible_physics_in_augmented_images).

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

- Liao, T and Humphreys, L. 2015.** Layar-ed places: Using mobile augmented reality to tactically reengage, reproduce, and reappropriate public space. 2015. <https://doi.org/10.1177/1461444814527734>.
- Liarokapis, Fotis and Anderson, Eike Falk. 2010.** Using Augmented Reality as a Medium to Assist Teaching in Higher Education. May 2010. Conference: Eurographics 2010 - Education Papers, [https://www.researchgate.net/publication/230778863\\_Using\\_Augmented\\_Reality\\_as\\_a\\_Medium\\_to\\_Assist\\_Teaching\\_in\\_Higher\\_Education](https://www.researchgate.net/publication/230778863_Using_Augmented_Reality_as_a_Medium_to_Assist_Teaching_in_Higher_Education).
- Lin, Chien-Yu, et al. 2016.** Augmented reality in educational activities for children with disabilities. April 2016, pp. Pages 51-54. <https://doi.org/10.1016/j.displa.2015.02.004>.
- Liu, D., Yung, C. and Chung, C. 2012.** Developing Physics Simulation in Augmented Reality. 2012. The International Journal of Virtual Reality, 2012, 11(2):45-52.
- Liu, Damon Shing-Min, Yung, Chun-Hao and Chung, Cheng-Hsuan. 2011.** A Physics-Based Augmented Reality Jenga Stacking Game. DOI:10.1109/DMDCM.2011.24, May 2011.
- Lu, Su-Ju and Liu, Ying-Chieh. 2014.** Integrating augmented reality technology to enhance children's learning in marine education. Environmental Education Research 21(4):1-17, December 2014. [https://www.researchgate.net/publication/271671215\\_Integrating\\_augmented\\_reality\\_technology\\_to\\_enhance\\_children's\\_learning\\_in\\_marine\\_education](https://www.researchgate.net/publication/271671215_Integrating_augmented_reality_technology_to_enhance_children's_learning_in_marine_education).
- Lytridis, Chris, Tsinakos, Avgoustos and Kazanidis, Ioannis. 2018.** ARTutor—An Augmented Reality Platform for Interactive Distance Learning. January 2018. <https://doi.org/10.3390/educsci8010006>.
- Maier, Patrick, Klinker, Gudrun and Tonnis, Marcus. 2009.** Augmented Reality for teaching spatial relations. 2009. Conference of the International Journal of Arts & Sciences (Toronto 2009), <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=6813b691bc09e0172051b2e77c379d74b930149c>.
- Marín, Verónica. 2017.** The relationships between Augmented Reality and inclusive education in Higher Education. DOI:10.13042/Bordon.2017.51123, June 2017, Vols. Bordón Revista de Pedagogía 69(3):125-142. [https://www.researchgate.net/publication/318039612\\_The\\_relationships\\_between\\_Augmented\\_Reality\\_and\\_inclusive\\_education\\_in\\_Higher\\_Education](https://www.researchgate.net/publication/318039612_The_relationships_between_Augmented_Reality_and_inclusive_education_in_Higher_Education).
- Martin-Gonzalez, A., Chi-Poot, A. and Uc-Cetina, V. 2016.** Usability evaluation of an augmented reality system for teaching Euclidean vectors. 2016.
- Massis, Bruce E. 2015.** Using virtual and augmented reality in the library. DOI:10.1108/NLW-08-2015-0054, November 2015, Vols. New Library World 116(11/12):796-799.
- Meyer, Bernd. 2007.** Physics Education in the Field of Mechanics with Virtual Reality. January 2007. [https://www.researchgate.net/publication/233894512\\_Physics\\_Education\\_in\\_the\\_Field\\_of\\_Mechanics\\_with\\_Virtual\\_Reality](https://www.researchgate.net/publication/233894512_Physics_Education_in_the_Field_of_Mechanics_with_Virtual_Reality).

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

- Microsoft Corporation. 2023.** Microsoft HoloLens. [Online] 2023. <https://www.microsoft.com/el-gr/hololens>.
- Milgram, Paul and Kishino, Fumio. 1994.** A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. December 1994. [https://www.researchgate.net/publication/231514051\\_A\\_Taxonomy\\_of\\_Mixed\\_Reality\\_Visual\\_Displays](https://www.researchgate.net/publication/231514051_A_Taxonomy_of_Mixed_Reality_Visual_Displays).
- Mine, Mark R. 1995.** Virtual Environment Interaction Techniques. June 1995. [https://www.researchgate.net/publication/2812583\\_Virtual\\_Environment\\_Interaction\\_Techniques](https://www.researchgate.net/publication/2812583_Virtual_Environment_Interaction_Techniques).
- Mirza, Nathalie Muller, Garrido, Cintia Rodriguez and Tartas, Valérie.** *European Journal of Psychology of Education, A Journal of Education and Development*. [https://www.springer.com/journal/10212/editors?gclid=EAlaIqobChMizYLdk6K7gQMvd4RoCR1POQmiEAA YASAAEgLx0fD\\_BwE](https://www.springer.com/journal/10212/editors?gclid=EAlaIqobChMizYLdk6K7gQMvd4RoCR1POQmiEAA YASAAEgLx0fD_BwE).
- Mohd Shahrizal, Sunar and Muhamad Najib, Bin Zamri. 2007.** Advances in Computer Graphics and Virtual Environment Vol. 1. *UTM Press*. January 2007.
- Moro, C., et al. 2017.** The effectiveness of virtual and augmented reality in health sciences and medical anatomy. 2017.
- Moro, Christian, et al. 2017.** The effectiveness of virtual and augmented reality in health sciences and medical anatomy. *Anatomical Sciences Education* 10(6), April 2017. [https://www.researchgate.net/publication/316178177\\_The\\_effectiveness\\_of\\_virtual\\_and\\_augmented\\_reality\\_in\\_health\\_sciences\\_and\\_medical\\_anatomy](https://www.researchgate.net/publication/316178177_The_effectiveness_of_virtual_and_augmented_reality_in_health_sciences_and_medical_anatomy).
- Morozov, Michael. 2017.** Augmented Reality in Military: AR Can Enhance Warfare and Training. [Online] 12 2017. <https://jasoren.com/augmented-reality-military/>.
- Moverio, Epson. 2019.** [Ηλεκτρονικό] 2019. <https://moverio.epson.com/>.
- Müller, Matthias, et al. 2007.** Position Based Dynamics. DOI:10.1016/j.jvcir.2007.01.005, April 2007, Vols. *Journal of Visual Communication and Image Representation* 18(2):109-118, SourceDBLP. [https://www.researchgate.net/publication/223399772\\_Position\\_Based\\_Dynamics](https://www.researchgate.net/publication/223399772_Position_Based_Dynamics).
- Navarro, Cati. 2015.** APP ANATOMY 4D. [Online] 2015. <https://lospequesdemicole.blogspot.com/2015/03/app-anatomy-4d.html>.
- Neiderer, A. 2009.** Dynamically Generated Nodes and Links for a Dynamic Network Structure Using X3D. 2009. <https://www.researchgate.net/publication/>.
- Niantic, Inc and Nintendo. 2024.** Pokémon GO. [Online] 2024. <https://pokemongolive.com/>.
- Nincarean, D, Bilal Ali, M. B. and Abd halim, N. D. 2015.** Learning with Augmented Reality: Effects Toward Student with Different Spatial Abilities. DOI:10.1166/asl.2015.6307, July 2015, Vols. *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience* 21(7):2200-2204.



## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

[https://www.researchgate.net/publication/283684731\\_Learning\\_with\\_Augmented\\_Reality\\_Effects\\_Toward\\_Student\\_with\\_Different\\_Spatial\\_Abilities](https://www.researchgate.net/publication/283684731_Learning_with_Augmented_Reality_Effects_Toward_Student_with_Different_Spatial_Abilities).

**Nincarean, Danakorn, et al. 2013.** Mobile Augmented Reality: The Potential for Education. November 2013, pp. Pages 657-664. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.385>.

**Ntaoulas, Nikolaos, Goudela, Dimitra and Zois, Leonidas S. 2020.** Εφαρμογές Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση. April 2020. Conference: 10ο Πανελλήνιο Συνέδριο Καθηγητών Πληροφορικής με θέμα: «Η Πληροφορική στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση Ρόλος και Εφαρμογές». [https://www.researchgate.net/publication/340477746\\_Epharmoges\\_Erauxemenes\\_Pragmatikotetas\\_sten\\_Ekraideuse](https://www.researchgate.net/publication/340477746_Epharmoges_Erauxemenes_Pragmatikotetas_sten_Ekraideuse).

**Octagon Studio. 2023.** Enter the world of Augmented reality. [Online] 2023. <https://octagon.studio/>.

**Ozcan, Ugur, et al. 2017.** An augmented reality application for smart campus urbanization: MSKU campus prototype. April 2017. Conference: 2017 5th International Istanbul Smart Grid and Cities Congress and Fair (ICSG), [https://www.researchgate.net/publication/317640468\\_An\\_augmented\\_reality\\_application\\_for\\_smart\\_campus\\_urbanization\\_MSKU\\_campus\\_prototype](https://www.researchgate.net/publication/317640468_An_augmented_reality_application_for_smart_campus_urbanization_MSKU_campus_prototype).

**Panciroli, Chiara, Macaudo, Anita and Russo, Veronica. 2017.** Educating about Art by Augmented Reality: New Didactic Mediation Perspectives at School and in Museums. *MDPI*. November 2017. <https://www.mdpi.com/2504-3900/1/9/1107>.

**Papanastasiou, George P., et al. 2019.** Virtual and augmented reality effects on K-12, higher and tertiary education students' twenty-first century skills. DOI:10.1007/s10055-018-0363-2, December 2019, Vol. *Virtual Reality* 23(2). [https://www.researchgate.net/publication/327167922\\_Virtual\\_and\\_augmented\\_reality\\_effects\\_on\\_K-12\\_higher\\_and\\_tertiary\\_education\\_students'\\_twenty-first\\_century\\_skills](https://www.researchgate.net/publication/327167922_Virtual_and_augmented_reality_effects_on_K-12_higher_and_tertiary_education_students'_twenty-first_century_skills).

**Petersen-Khmel'nitski, Leo. 2022.** Augmented Reality in Healthcare: Doctors to Gain Superhuman Powers. *CIFS Health*. [Online] 2022. <https://cifs.health/backgrounds/augmented-reality-in-healthcare-doctors-to-gain-superhuman-powers/>.

**Physics Lab AR. 2018.** Physics Lab AR: Innovative K-12 Education App Creator. [Online] 2018. <https://www.f6s.com/physicslab>.

**Quiver Vision. 2022.** About Quiver. [Online] 2022. <https://quivervision.com/products/apps/quiver>.

**Radu, I. 2014.** Augmented reality in education: a meta-review and cross-media analysis. 2014, pp. 18(6), 1533-1543. *Personal and Ubiquitous Computing*.

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

**Raja, R and Nagasubramani, P. C. 2018.** Impact of modern technology in education. DOI:10.21839/jaar.2018.v3iS1.165, May 2018, Vols. CC BY-NC 4.0. [https://www.researchgate.net/publication/325086709\\_Impact\\_of\\_modern\\_technology\\_in\\_education](https://www.researchgate.net/publication/325086709_Impact_of_modern_technology_in_education).

**Riel, Margaret Mary. 2000.** Education in the 21st Century: Just-in-Time Learning or Learning Communities. January 2000. [https://www.researchgate.net/publication/258698171\\_Education\\_in\\_the\\_21st\\_Century\\_Just-in-Time\\_Learning\\_or\\_Learning\\_Communities](https://www.researchgate.net/publication/258698171_Education_in_the_21st_Century_Just-in-Time_Learning_or_Learning_Communities).

*Roles of Social Influence in Expediting Online Learning Acceptance: A Preliminary Study on Bangladeshi Learners. Farheen, Hassan, et al. 2020.* 2020. DOI:10.1145/3377049.3377087. Conference: ICCA 2020: International Conference on Computing AdvancementsAt: Dhaka Bangladesh.

—**.Farheen, Hassan, et al. 2020.** 2020. DOI:10.1145/3377049.3377087, [https://www.researchgate.net/publication/340174586\\_Roles\\_of\\_Social\\_Influence\\_in\\_Expediting\\_Online\\_Learning\\_Acceptance\\_A\\_Preliminary\\_Study\\_on\\_Bangladeshi\\_Learners](https://www.researchgate.net/publication/340174586_Roles_of_Social_Influence_in_Expediting_Online_Learning_Acceptance_A_Preliminary_Study_on_Bangladeshi_Learners).

**Rozman, Jeremiah. 2020.** The Synthetic Training Environment. December 2020.

—**. 2018.** THE SYNTHETIC TRAINING ENVIRONMENT. *AUSA-ASSOCIATION OF THE UNITED STATES ARMY*. [Online] Directive-type Memorandum (DTM)-18-001, March 16, 2018. Close combat is defined as “ground combat executed by dismounted infantry squad-sized formations carried out within line of sight of the enemy and characterized by extreme violence.. <https://www.ausa.org/publications/synthetic-training-environment>.

**Shin, Kwang-seong, Kim, Howon and Jo, Dongsik. 2019.** MatchMR: Exploring the effects of scale and color differences on users’ perception in mixed reality devices. August 2019.

**Silva, Rodrigo L. S., Oliveira, Jauvane C. de and Giraldo, G. A. 2003.** Introduction to augmented reality. January 2003.

**Sirakaya, Mustafa and Alsancak Sirakaya, Didem. 2022.** Augmented reality in STEM education: a systematic review. 2022. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1722713>.

**SketchAR.tech. 2023.** SketchAR.tech. [Online] 2023. <https://sketchar.io/>.

*Software Development Life Cycle AGILE vs Traditional Approaches. Khong, Loo Wooi, et al. 2012.* 2012. Conference: International Conference on Information and Network TechnologyAt: Chennai, India.

**Solak, Ekrem and Cakir, Recep. 2015.** Exploring the effect of materials designed with augmented reality on language learners’ vocabulary learning. CC BY-NC-ND 4.0, July 2015, Vols. The Journal of Educators Online 13(2):50-72.

[https://www.researchgate.net/publication/298701064\\_Exploring\\_the\\_effect\\_of\\_materials\\_designed\\_with\\_augmented\\_reality\\_on\\_language\\_learners'\\_vocabulary\\_learning](https://www.researchgate.net/publication/298701064_Exploring_the_effect_of_materials_designed_with_augmented_reality_on_language_learners'_vocabulary_learning).

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

**Specht, Marcus, Ternier, Stefaan and Greller, Wolfgang. 2011.** Mobile Augmented Reality for Learning: A Case Study. May 2011. [https://www.researchgate.net/publication/277242629\\_Mobile\\_Augmented\\_Reality\\_for\\_Learning\\_A\\_Case\\_Study](https://www.researchgate.net/publication/277242629_Mobile_Augmented_Reality_for_Learning_A_Case_Study).

**Steinhausser, Sophia C., et al. 2019.** Fancy Fruits - An Augmented Reality Application for Special Needs Education. September 2019. DOI:10.1109/VS-Games.2019.8864547.

**Strauss, P. and Carey, Rikk. 1992.** An object-oriented 3D graphics toolkit. July 1992, Vol. DOI:10.1145/133994.134089. Proceedings of the 19th annual conference on Computer graphics and interactive techniques.

**Styliaras, Georgios, et al. 2015.** Σύγχρονες θεωρίες μάθησης και συνεισφορά στον σχεδιασμό εκπαιδευτικών υπολογιστικών περιβαλλόντων. 2015. <https://www.semanticscholar.org/paper/%CE%A3%CF%8D%CE%B3%CF%87%CF%81%CE%BF%CE%BD%CE%B5%CF%82-%CE%B8%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B5%CF%82-%CE%BC%CE%AC%CE%B8%CE%B7%CF%83%CE%B7%CF%82-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CF%83%CF%85%CE%BD%CE%B5%CE%B9%CF%83%CF%86%CE%BF%CF%81%CE>.

**Sung, Nak-Jun, et al. 2019.** Real-Time Augmented Reality Physics Simulator. September 2019.

**Sung, Nak-Jun, et al. 2017.** Simulation of Deformable Objects using GLSL 4.3. KSII Transactions on Internet and Information Systems 11(8):4120-4132, August 2017. [https://www.researchgate.net/publication/319929630\\_Simulation\\_of\\_Deformable\\_Objects\\_using\\_GLSL\\_4\\_3](https://www.researchgate.net/publication/319929630_Simulation_of_Deformable_Objects_using_GLSL_4_3).

**Sung, N-J, Choi, Y-J and Hong, M. 2019.** Parallel Structure Design Method for Mass Spring Simulation. CC BY-NC 4.0, July 2019, Vols. Journal of the Korea Computer Graphics Society 25(3):55-63. [https://www.researchgate.net/publication/334169313\\_Parallel\\_Structure\\_Design\\_Method\\_for\\_Mass\\_Spring\\_Simulation](https://www.researchgate.net/publication/334169313_Parallel_Structure_Design_Method_for_Mass_Spring_Simulation).

**Tan, Chek Tien and Soh, Donny. 2011.** Augmented Reality Games: A Review. Medical Reference Services Quarterly, April 2011. Conference: Proceedings of The Asian Simulation and AI in Games Conference, GAMEON-ASIA, EUROSIS Volume: 2, [https://www.researchgate.net/publication/260480270\\_Augmented\\_Reality\\_Games\\_A\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/260480270_Augmented_Reality_Games_A_Review).

**Tesolin, Amy and Tsinakos, Avgoustos. 2018.** Opening Real Doors: Strategies for Using Mobile Augmented Reality to Create Inclusive Distance Education for Learners with Different-Abilities. DOI:10.1007/978-981-10-6144-8\_4, November 2018, Vols. In book: Mobile and Ubiquitous Learning (pp.59-80). [https://www.researchgate.net/publication/321150282\\_Opening\\_Real\\_Doors\\_Strategies\\_for\\_Using\\_Mobile\\_Augmented\\_Reality\\_to\\_Create\\_Inclusive\\_Distance\\_Education\\_for\\_Learners\\_with\\_Different-Abilities](https://www.researchgate.net/publication/321150282_Opening_Real_Doors_Strategies_for_Using_Mobile_Augmented_Reality_to_Create_Inclusive_Distance_Education_for_Learners_with_Different-Abilities).

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

*The Effect of Augmented Reality on Students' Learning Performance in Stem Education.* **Petrov, P.D. και Atanasova, T.V. 2020.** 4, s.l. : MDPI, 2020, Information, Τόμ. 11.

**2014.** The Future is Wild . [Online] 2014. <https://www.thefutureiswild.com/future-worlds/>.

**Thomas, B., et al. 1998.** A wearable computer system with augmented reality to support terrestrial navigation. Corpus ID: 7845475, October 1998. <https://www.semanticscholar.org/paper/A-wearable-computer-system-with-augmented-reality-Thomas-Demczuk/8f462bc5610e02afd6c89e5344ab6a765d1f9852>.

**Thornton, T., Ernst, V., J., and Clark, C., A. 2012.** Augmented Reality as a Visual and Spatial Learning Tool in Technology Education,. May - June 2012. Technology and Engineering Teacher.

**Tilbury, D., et al. 2018.** Asia-Pacific Guidelines for the Development of National ESD Indicators. *UNESCO: Bangkok, Thailand, 2017.* June 18, 2018. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000155283>.

**Tzortzoglou, Filippos and Sofos, Alivisos. 2016.** Η επαυξημένη πραγματικότητα στην εκπαίδευση: βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών και προοπτικές. June 2016. Conference: Πρακτικά 1ης Ημερίδας Υποψηφίων διδακτόρων Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο ΑιγαίουAt: Ρόδος.

**U.S. Government Accountability Office. 2022.** Science & Tech Spotlight: Extended Reality Technologies. [Online] 2022. <https://www.gao.gov/products/gao-22-105541>.

**UNESCO. 2013.** *UNESCO policy guidelines for mobile learning.* [Book] Paris , France : s.n., 2013. ISBN: 978-92-3-001143-7.

**Unity, technologies. 2013.** Using DirectX 11 in Unity 4. [Online] March 2013. <https://docs.unity3d.com/450/Documentation/Manual/DirectX11.html>.

**Uptodown. 2022.** WallaMe. [Online] 2022. <https://wallame.en.uptodown.com/android>.

*User Experience in Collaborative Extended Reality: Overview Study.* **Nguyen, Huyen και Bednarz, Tomasz. 2020.** Valencia, Spain : s.n., 2020. The 17th EuroVR International Conference,. σσ. 41-70.

*Using Augmented Reality as a Medium for Teaching History and Tourism.* **Kysela, Jiří and Štorková, Pavla. 2015.** s.l. : Elsevier, February 12, 2015, Procedia - Social and Behavioral Sciences, Vol. 174, pp. 926-931.

**Vassilev, Tzvetomir and Spanlang, Bernhard. 2002.** A mass-spring model for real time deformable solids. January 2002. Conference: East-West Vision.

**Vezhnevets, Vladimir, Sazonov, Vassili and Andreeva, Alla. 2004.** A Survey on Pixel-Based Skin Color Detection Techniques. March 2004. [https://www.researchgate.net/publication/2914327\\_A\\_Survey\\_on\\_Pixel-Based\\_Skin\\_Color\\_Detection\\_Techniques](https://www.researchgate.net/publication/2914327_A_Survey_on_Pixel-Based_Skin_Color_Detection_Techniques).

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

- Vito Technology. 2017.** Star Walk 2: STARGAZING GUIDE. [Online] 2017. <https://vitotechnology.com/apps/star-walk-2>.
- Vived. 2015.** The Rise of 3D Technology in Education: Highlights from ISTE Conference. [Online] 2015. Do, K. 3d Technology at ISTE 2015. Cyber Science 3D.. <https://vivedlearning.com/3d-technology-at-iste-2015-3/>.
- Vlahakis, V., et al. 2002.** Archeoguide: An augmented reality guide for archaeolog sites. IEEE Computer Graphics and Applications 22(5):52 - 60, October 2002, Vol. IEEE Xplore. [https://www.researchgate.net/publication/3208993\\_Archeoguide\\_An\\_augmented\\_reality\\_guide\\_for\\_archaeolog\\_sites](https://www.researchgate.net/publication/3208993_Archeoguide_An_augmented_reality_guide_for_archaeolog_sites).
- Wang, Huamin and Yang, Yin. 2016.** Descent methods for elastic body simulation on the GPU. DOI:10.1145/2980179.2980236, November 2016, Vols. ACM Transactions on Graphics 35(6):1-10. [https://www.researchgate.net/publication/310822926\\_Descent\\_methods\\_for\\_elastic\\_body\\_simulation\\_on\\_the\\_GPU](https://www.researchgate.net/publication/310822926_Descent_methods_for_elastic_body_simulation_on_the_GPU).
- Wang, Y.-H. 2017.** Using augmented reality to support a software editing course for college students. June 2017. <https://doi.org/10.1111/jcal.12199>.
- Wang, Zhendong, et al. 2018.** Parallel Multigrid for Nonlinear Cloth Simulation. October 2018, Vol. DOI:10.1111/cgf.13554, Computer Graphics Forum 37(7):131--141. [https://www.researchgate.net/publication/328245972\\_Parallel\\_Multigrid\\_for\\_Nonlinear\\_Cloth\\_Simulation](https://www.researchgate.net/publication/328245972_Parallel_Multigrid_for_Nonlinear_Cloth_Simulation).
- Wojciechowski, R. and Cellary, W. 2013.** Evaluation of learners' attitude toward learning in ARIES augmented reality environments. 2013.
- Yaksha Visual Technologies Pvt Ltd. 2023.** Animal AR. [Online] 2023. <https://play.google.com/store/apps/details?id=io.yaksha.AnimalAR>.
- Yang, S., Mei, B. and Yue, X. 2018.** Mobile augmented reality assisted chemical education: Insights from elements 4D. 2018.
- Yoon, S., et al. 2017.** How augmented reality enables conceptual understanding of challenging science content. 2017.
- Yuen, S. C, Yaoyuneyong, G and Johnson, E. 2011.** Augmented Reality: An Overview and Five Directions for AR in Education. 2011. <https://doi.org/10.18785/jetde.0401.10>.
- Yuen, S., Yaoyuneyong, G and Johnson, E. 2011.** Augmented Reality: An Overview and Five Directions for AR in Education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 4, 119-140. 2011. [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1788062](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1788062).

## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

**Yuen, Steve Chi-Yin, Yaoyuneyong, Gallayanee and Johnson, Erik. 2011.** Augmented Reality: An Overview and Five Directions for AR in Education. December 2011, Journal on Educational Technology. <https://www.semanticscholar.org/paper/Augmented-Reality%3A-An-Overview-and-Five-Directions-Yuen-Yaoyuneyong/0e34e57e99df094fe60066324daf20932c01bfbc>.

**Žára, Jiří, Havran, Vlastimil and Sýkora, Daniel. 2024.** Augmented Reality in School Environments (ARiSE). [Online] 2024. <https://dcgi.fel.cvut.cz/en/research/arise>.

**Zhang, Zhengyou. 2012.** Microsoft Kinect Sensor and Its Effect. DOI: 10.1109/MMUL.2012.24, February 2012, Vol. INSPEC Accession Number: 12694803 . Page(s): 4 - 10.

**Zoellner, Michael, et al. 2007.** iTACITUS - Novel Interaction and Tracking Paradigms for Mobile AR. January 2007. [https://www.researchgate.net/publication/242559707\\_iTACITUS\\_-\\_Novel\\_Interaction\\_and\\_Tracking\\_Paradigms\\_for\\_Mobile\\_AR](https://www.researchgate.net/publication/242559707_iTACITUS_-_Novel_Interaction_and_Tracking_Paradigms_for_Mobile_AR).

**Zou, Y., et al.** Comparing Sustainable Universities between the United States and China: Cases of Indiana University and Tsinghua University. Sustainability 2015, 7, 11799–11817.

**zSpace. 2020.** zSpace. Learning through AR/VR Experiences. [Online] February 29, 2020. <https://zspace.com/>.

**Αβούρης, Νικόλαος. 2000.** ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΑΝΘΡΩΠΟΥ - ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ. 1150-0157. 2000. <https://www.politeianet.gr/books/9789605310981-abouris-nikolaos-diaulos-eisagogi-stin-epikoinonia-anthropou-upologisti-1037>.

**Αράπογλου, Αριστείδης, και συν. Πληροφορική Α', Β', Γ' Γυμνασίου.** [επιμ.] Έρευνας και Θρησκευμάτων, Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής Υπουργείο Παιδείας. Αθήνα : Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διοφαντος».

**Αράπογλου, Αριστείδης, και συν. Πληροφορική Α', Β', Γ' Γυμνασίου, Βιβλίο Εκπαιδευτικού.** [επιμ.] Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής Υπουργείο Παιδείας Έρευνας και Θρησκευμάτων. Αθήνα : Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτοκτικών Βιβλίων.

**Δημητριάδης, Σ. 2015.** Θεωρίες μάθησης και εκπαιδευτικό λογισμικό. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/gr>. 2015. σ. 300. <http://hdl.handle.net/11419/3397>.

**ΕΛ.Λ.Α.Κ. 2017.** SchoolAR: Η πρώτη δωρεάν εφαρμογή Επαυξημένης Πραγματικότητας για σχολικά βιβλία. [Online] 2017. <https://edu.ellak.gr/2017/04/10/schoolar-i-proti-dorean-efarmogi-epafximenis-pragmatikotitas-gia-scholika-vivlia/>.

**Μουστάκας, Κ., et al. 2015.** Γραφικά και Εικονική Πραγματικότητα. 2015, pp. Κεφάλαιο 10, Επαυξημένη Πραγματικότητα (Ιστότοπος). [http://repfiles.kallipos.gr/html\\_books/50/Chapter\\_10/index.html](http://repfiles.kallipos.gr/html_books/50/Chapter_10/index.html).



## Η Χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

**Ντολιοπούλου, Έλση. 1999.** *ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΠΡΟΣΧΟΛΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ*. 4330-0063. 1999. <https://www.politeianet.gr/books/9789607643919-ntoliopoulou-elsi-tupothito-dardanos-sugchrones-taseis-tis-proscholikis-agogis-159104>.

**Παπαδάκης, Σπυρίδων Χ. και Χατζηπερής, Νικόλαος Θ. 2001.** *ΒΑΣΙΚΕΣ ΔΕΞΙΟΤΗΤΕΣ ΣΤΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ*. ΑΘΗΝΑ : s.n., 2001. <https://e-wall.net/wp-content/uploads/2022/04/%CE%92%CE%B9%CE%B2%CE%BB%CE%B9%CE%BF.pdf>.

**Φύκαρης, Ιωάννης Μ. 2010.** *ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ ΚΑΙ ΡΟΛΟΥ ΤΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ*. 2430-0723. 2010. <https://www.politeianet.gr/books/9789604670635-fukaris-m-ioannis-kuriakidi-afoi-sugchrones-diastrateis-tou-didaktikou-ergou-kai-rolou-tou-ekpaideutikou-107908>.

**Φύκαρης, Ιωάννης Μόσχος. 2016.** «Η εφαρμοστική δυναμική των θεωριών μάθησης στη διδακτική διαδικασία». CC BY-NC-SA 4.0, October 2016. [https://www.researchgate.net/publication/310815135\\_H\\_epharmostike\\_dynamike\\_ton\\_theorion\\_mathesis\\_ste\\_didaktike\\_diadikasia](https://www.researchgate.net/publication/310815135_H_epharmostike_dynamike_ton_theorion_mathesis_ste_didaktike_diadikasia).