



Τεχνολογικό
Πανεπιστήμιο
Κύπρου

Σχολή Καλών και
Εφαρμοσμένων
Τεχνών

Πτυχιακή εργασία

**AR για εκπαίδευση σε περιβάλλοντα Makerspace: Μια
προσέγγιση σχεδιασμού με επίκεντρο τον χρήστη**

Αντρέας Κίτση

Λεμεσός, Δεκέμβριος 2020

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΚΑΛΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ ΚΑΙ ΓΡΑΦΙΚΩΝ ΤΕΧΝΩΝ

Πτυχιακή εργασία

AR για εκπαίδευση σε περιβάλλοντα Makerspace: Μια προσέγγιση
σχεδιασμού με επίκεντρο τον χρήστη

της/του

Αντρέα Κίτση

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια

Δρ. Άντρη Ιωάννου

Λεμεσός, Δεκέμβριος 2020

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Αντρέας Κίτση, 2020

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Πολυμέσων και Γραφικών Τεχνών του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την επιβλέπον καθηγήτρια μου Δρ. Αντρη Ιωάννου για την καθοδήγηση και βοήθεια της. Ταυτόχρονα θα ήθελα να ευχαριστήσω το Cyprus Interaction Lab και το Media Arts & Design Lab για την παροχή των τεχνολογιών τους. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τα άτομα που έλαβαν μέρος στις συνεντεύξεις για την διεκπεραίωση της έρευνας αυτής καθώς και τους συμμετέχοντες στις δοκιμές χρηστών. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την σύντροφο μου Χαραλαμπία Εγγλέζου για την συνεχή υποστήριξη μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Όλο και περισσότερα Makerspaces αναδύονται σε όλον τον κόσμο καθημερινά. Μαζί τους εμφανίζονται και οι σύγχρονες κατασκευαστικές τεχνολογίες που επιτρέπουν στους χρήστες να δημιουργήσουν και να μάθουν. Ως εκ τούτου, η ανάγκη εκμάθησης αυτών των τεχνολογιών αποτελεί σημαντική τόσο για την εκπαίδευση των μαθητών όσων και τον εκπαιδευτικών αλλά και βιβλιοθηκονόμων που καλούνται να αναθεωρήσουν τον ρόλο τους. Σε αυτή την έρευνα, παρουσιάζεται μια σχεδιαστική λύση για την εισαγωγή αλλά και εκμάθηση των σύγχρονων κατασκευαστικών τεχνολογιών σε περιβάλλοντα Makerspaces. Η σχεδιαστική λύση προσεγγίζεται με την χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας και περιστρέφεται γύρω από τον χρήστη.

Λέξεις κλειδιά: Επαυξημένη Πραγματικότητα, Σύγχρονες Κατασκευαστικές Τεχνολογίες, Εκπαίδευση, Makerspace

ABSTRACT

More and more Makerspaces are emerging around the world every day. Alongside them we also see modern fabrication technologies that allow users to create and learn. Therefore, the need for training on the use of these technologies is important. In this research, a design solution is presented for the introduction and training on modern fabrication technologies in Makerspace environments. The design solution is approached using augmented reality and user centered design.

Keywords: Augmented Reality, Modern Fabrication Technologies, Training, Makerspace

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Θεωρητικό Πλαίσιο	1
1.1 Ενσώματη και immersive μάθηση και εκπαίδευση	1
1.2 Σχεδιαστικές Αρχές για την ενσώματη και immersive μάθηση	1
1.3 Παιγνιδοποίηση	2
2 Εισαγωγή	3
2.1 Η κουλτούρα των «Makerspace»	3
2.2 Η πρόκληση και το κίνητρο	3
2.3 Η αξία των «XR» τεχνολογιών στην μάθηση και εκπαίδευση	4
2.4 Τα ερευνητικά ερωτήματα	4
3 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	6
3.1 Εικονική Πραγματικότητα για την εκμάθηση και εκπαίδευση	6
3.2 Εικονική Πραγματικότητα στα Makerspaces	11
3.3 Επαυξημένη Πραγματικότητα για την εκμάθηση και εκπαίδευση	11
3.4 Επαυξημένη Πραγματικότητα στα Makerspaces	18
3.5 «Μικτή Πραγματικότητα» για την εκμάθηση και εκπαίδευση	19
3.6 Μικτή Πραγματικότητα στα Makerspaces	21
3.7 Παιγνιδοποίηση	21
4 Μεθοδολογία	22
4.1 Μέρος Α: Κατανοώντας τις τεχνολογίες	22
4.2 Μέρος Β: Μια προσέγγιση σχεδιασμού με επίκεντρο τον χρήστη για την εκπαίδευση συγκεκριμένης σύγχρονης κατασκευαστικής τεχνολογίας	23
5 Μέρος Α: Κατανόηση των τεχνολογιών:	24
5.1 Μικτή Πραγματικότητα	24
5.1.1 Δοκιμή Magic Leap	25

5.1.2	Αποτελέσματα Magic Leap	25
5.1.3	Συμπεράσματα	26
5.2	Εικονική Πραγματικότητα	28
5.2.1	Έξυπνα κινητά τηλέφωνα / Head Mounted Displays	29
5.2.2	Αποτελέσματα 360° Βίντεο / Εικόνες	30
5.2.3	Δοκιμή HTC VIVE / OCULUS RIFT	30
5.2.4	Αποτελέσματα HTC VIVE / OCULUS RIFT	31
5.2.5	Δοκιμή Oculus Go / Oculus Quest	32
5.2.6	Αποτελέσματα Oculus Go / Oculus Quest	32
5.2.7	3Δ Γραφικά	33
5.2.8	Συμπεράσματα	33
5.3	Επαυξημένη Πραγματικότητα	34
5.3.1	Έξυπνά Κινητά Τηλέφωνα	35
5.3.2	Αποτελέσματα Έξυπνου Κινητού Τηλεφώνου	36
5.3.3	Αποτελέσματα Επαυξημένης Πραγματικότητας	36
5.3.4	Συμπέρασμα Επαυξημένης Πραγματικότητας	36
6	Μέρος Β: Σχεδιασμός και αξιολόγηση εργαλείου	37
6.1	Κύκλος εργασίας 1	37
6.1.1	Κύρια Σχεδιαστική ιδέα	37
6.1.2	Συλλογή Ποιοτικών Δεδομένων	38
6.1.2.1	Δοκιμές χρηστών	39
6.1.2.2	Συνέντευξη	39
6.1.2.3	Συλλογή δεδομένων και ανάλυση συνέντευξης	39
6.1.2.4	Εννοιολογικός Χάρτης Συνέντευξης	40
6.1.3	Ευρήματα συλλογής ποιοτικών δεδομένων	40
6.1.3.1	Ευρήματα Δοκιμές Χρηστών	40

6.1.3.2	Ευρήματα Συνέντευξης	41
6.1.4	Αποτελέσματα 1 ^{ου} Κύκλου εργασιών	43
6.2	Κύκλος Εργασίας 2	43
6.2.1	Περεταίρω Σχεδίαση	43
6.2.2	Συλλογή Ποιοτικών Δεδομένων	46
6.2.2.1	Δοκιμές Χρηστών	46
6.2.2.2	Συνέντευξη	46
6.2.2.3	Συλλογή δεδομένων και ανάλυση συνέντευξης	46
6.2.2.4	Εννοιολογικός Χάρτης Συνέντευξης	47
6.2.3	Ευρήματα συλλογής ποιοτικών δεδομένων	47
6.2.3.1	Ευρήματα δοκιμές χρηστών	47
6.2.3.2	Ευρήματα Συνέντευξης	48
6.2.4	Αποτελέσματα 2 ^{ου} Κύκλου εργασιών	49
6.3	Κύκλος Εργασίας 3	50
6.3.1	Επανασχεδιασμός	50
6.3.2	Συλλογή Ποιοτικών Δεδομένων	54
6.3.2.1	Δοκιμές Χρηστών	54
6.3.2.2	Συνέντευξη	54
6.3.3	Ευρήματα συλλογής ποιοτικών δεδομένων	54
6.3.3.1	Ευρήματα Δοκιμές Χρηστών	54
6.3.3.2	Ευρήματα Συνέντευξης	55
6.3.4	Αποτελέσματα 3 ^{ου} κύκλου εργασιών	56
8	Συζήτηση	57
8.1	Ευρήματα Έρευνας	57
8.2	Περιορισμοί	58
8.3	Μελλοντικά Σχέδια	58

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Προσωπική έρευνα τεχνολογιών σε 3 κύκλους.....	23
Διάγραμμα 2: Έρευνα Δράσεις με 3 κύκλους εργασίας.....	24
Διάγραμμα 3: Εννοιολογικός Χάρτης Συνέντευξης – 1ος Κύκλος.....	40
Διάγραμμα 4: Εννοιολογικός χάρτης συνέντευξης – 2ος Κύκλος Επανασχεδιασμού...	47

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1:Χρήση Εικονικής Πραγματικότητας στον Αμερικάνικο Στρατό.....	6
Εικόνα 2:Χρήση Εικονικής Πραγματικότητας για εκπαίδευση χειρουργών.....	7
Εικόνα 3:Εικονική Πραγματικότητα στο Βρετανικό Μουσείο – Viking VR.....	8
Εικόνα 4:Εικονική Πραγματικότητα εμπύθισης σε ωκεανό.....	9
Εικόνα 5:Επαυξημένη Πραγματικότητα συστήματος SMART.....	12
Εικόνα 6:Επαυξημένη Πραγματικότητα συστήματος SIKE.....	13
Εικόνα 7:Επαυξημένη Πραγματικότητα για αυτοψία.....	14
Εικόνα 8:Επαυξημένη Πραγματικότητα συστήματος Human Anatomy Atlas AR.....	15
Εικόνα 9:Επαυξημένη Πραγματικότητα για συνεργασία / οπτικοποίηση δεδομένων....	16
Εικόνα 10:Επαυξημένη Πραγματικότητα για καθοδήγηση επισκευής εκτυπωτή.....	16
Εικόνα 11:Συσκευή Μικτής Πραγματικότητας Magic Leap.....	25
Εικόνα 12:Συσκευή Μικτής Πραγματικότητας Holo Lense.....	27
Εικόνα 12:Lidar Scanner στο iPhone 12.....	28
Εικόνα 13:Κινητό Τηλέφωνο VR.....	29
Εικόνα 14:Εικονική Πραγματικότητα HTC VIVE.....	30
Εικόνα 15:Εικονική Πραγματικότητα Oculus Rift.....	30
Εικόνα 16:Εικονική Πραγματικότητα Oculus GO.....	32
Εικόνα 17:Εικονική Πραγματικότητα Oculus Quest.....	32
Εικόνα 18:Επαυξημένη Πραγματικότητα Έξυπνο Κινητό Τηλέφωνο.....	35
Εικόνα 19:Προτότυπο εργαλείου – 1ος Κύκλος Σχεδιασμού.....	38

Εικόνα 20:Προτότυπο εργαλείου – 2ος Κύκλος Επανασχεδιασμού.....	44
Εικόνα 21:Προτότυπο εργαλείου – 2ος Κύκλος Επανασχεδιασμού.....	45
Εικόνα 22:Προτότυπο εργαλείου – 3ος Κύκλος Σχεδιασμού.....	51
Εικόνα 23:Προτότυπο εργαλείου – 3ος Κύκλος Σχεδιασμού.....	53

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

DIY: Do It Yourself

STEAM: Science, Technology, Engineering, Art, Math

HMD: Head Mounted Display

ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ

Immersive / Immersion:	Εμβύθιση
Maker:	Κατασκευαστής
Maker Culture:	Κατασκευαστική Κουλτούρα
Start-ups:	Νεοσύστατες Επιχειρήσεις
Head-Mounted-Display:	Φορητή οθόνη κεφαλής
Viking:	Βίκινγκ
Artifact:	Τεχνούργημα
On-Site:	Στο χώρο
X-Ray:	Ακτίνες Χ
Affordances:	Νύξεις
Wireframes:	Κορνίζες Δόμησης Περιεχομένου
Developers:	Παραγωγοί
Lithium-ion Battery:	Μπαταρίες Λιθίου
Markers:	Μαρκαρισμένα Σημεία
Hints:	Βοήθειες
Challenges:	Προκλήσεις
Laser-Cut:	Μηχάνημα κοπής με φως λέιζερ
COVID-19:	Κορωναίος
Develop:	Παραγωγή
Game Engine:	Μηχανή Παιχνιδιού

Θεωρητικό Πλαίσιο

1.1 Ενσώματη και immersive μάθηση και εκπαίδευση

Σημαντικό στοιχείο της μάθησης σε περιβάλλοντα εμπύθισης αποτελεί το «immersion». Η αίσθηση Παρουσίας σύμφωνα με τον Glenberg (2018) αποτελεί «Συγκεκριμένη μορφή ψυχολογικής εμπύθισης, το συναίσθημα ότι βρίσκεστε σε μια τοποθεσία στον εικονικό κόσμο». Αυτό σύμφωνα με τον Glenberg επιτυγχάνεται συνήθως στα εικονικά περιβάλλοντα. Με ένα αρκετά ελκυστικό περιεχόμενο η αίσθηση παρουσίας μπορεί να επιτευχθεί και σε επαυξημένες / μικτές πραγματικότητες (Johnson-Glenberg, 2018).

Ο Minocha (2017) αναφέρει πως "... δίνοντάς τους έτσι μια αίσθηση ελέγχου και ενδυνάμωσης για τη δική τους εξερεύνηση". Δηλαδή όταν ο χρήστης νιώθει πως έχει τον έλεγχο σε ένα περιβάλλον τότε γίνεται έντονη η αίσθηση παρουσίας (Minocha et al., 2017). Τόσο η αίσθηση του ελέγχου όσο και αίσθηση της παρουσίας σύμφωνα με τους ερευνητές, προσφέρουν θετικά στην «immersive» εκπαίδευση.

Οι υποστηρικτές της ενσωμάτωσης μάθησης υποστηρίζουν ότι ο νους και το σώμα είναι άρρηκτα συνδεδεμένοι (Wilson, 2002). Για αυτό η ενσώματη μάθηση αναφέρει πως η ένταξη του σώματος του χρήστη στην διαδικασία μάθησης προσφέρει θετικά. Οι κιναισθητικές χειρονομίες ενεργούν μεγαλύτερα τμήματα του κιναισθητικού συστήματος τα οποία οδηγούν σε ισχυρότερη ανακλήση μνήμης (Goldin Meadow, 2011). Τέλος η ενσώματη μάθηση σύμφωνα με τους Kontra et al (2015) είναι πιο αποτελεσματική όταν ο χρήστης είναι ενεργός. Δηλαδή όταν ο εκπαιδευόμενος δεν παρακολουθεί παθητικά το περιεχόμενο (Kontra et al., 2015).

1.2 Σχεδιαστικές Αρχές για την ενσώματη και immersive μάθηση

Σύμφωνα με τον Glenberg (2018), οι σχεδιαστικές αρχές για την ενσώματη και «immersive» μάθηση αποτελούν:

- Να υποθέτεται πάντα πως ο χρήστης είναι αρχάριος με τεχνολογίες εμπύθισης
- Να εισάγονται όσο πιο λίγα στοιχεία διεπαφής.
- Η γνώση και το περιεχόμενο να εμφανίζεται βήμα προς βήμα και να χτίζει πάνω .στο προηγούμενο.
- Να παρέχεται μια καθοδηγημένη εμπειρία εξερεύνησης.

- Να είναι μειωμένη η ανάγνωση κειμένου.
- Να παρέχεται άμεση ανατροφοδότηση στον χρήστη.
- Να ενσωματώνονται ευκαιρίες αξιολόγησης.
- Ο χρήστης να έχει ενεργό ρόλο.
- Ο χρήστης πρέπει να νιώθει πως έχει τον έλεγχο.

1.3 Παιγνιδοποίηση

Σύμφωνα με τον Kapp η παιγνιδοποίηση αποτελεί: «την χρήση μηχανισμών βασισμένα στα παιχνίδια, την αισθητική και την "σκέψη" παιχνιδιού για να παρακινήσουν τους χρήστες και τις δράσεις, ούτως ώστε να προωθήσουν την μάθηση και να επιλυθούν προβλήματα» (Kapp, 2012). Σύμφωνα με την «EDUCAUSE» η θεωρία της παιγνιδοποίησης υποστηρίζει πως η εφαρμογή διαφόρων παιγνιώδεις στοιχείων σε ένα μη-παιχνίδι έχει τις ιδιότητες να παρακινεί τον χρήστη για την επίτευξη των μαθησιακών στόχων (Initiative, E. E. (7)). Αυτός ο μηχανισμός αποτελεί κύριο συστατικό στις εμπειρίες εμπύθυνας καθώς έχουν ως κύριο στόχο την παρακίνηση του χρήστη και αύξηση του ενδιαφέροντος του καθώς και την βελτίωση στη μάθηση του.

2 Εισαγωγή

2.1 Η κουλτούρα των «Makerspace»

Οι νέες τάσεις του 21ου αιώνα, οι κλιματικές αλλά και κοινωνικοοικονομικές αλλαγές έχουν ωθήσει την κοινωνία στο κίνημα αλλά και στην ποπ κουλτούρα του «maker». Η ιδέα του «DIY» αλλά και της δυνατότητας σχεδιασμού προϊόντος στα «Makerspaces» προσφέρουν στον άνθρωπο την δυνατότητα να σχεδιάσουν ή να επισκευάσουν τα δικά τους προϊόντα ή να σχεδιάσουν δικές τους λύσεις (Tanenbaum et al., 2013). Με αυτό τον τρόπο αποφεύγεται η αγορά νέων προϊόντων για την αποκατάσταση των σπασμένων, κάτι που προσφέρει θετικά στο περιβάλλον. Την ίδια στιγμή η πρόσβαση σε ακριβές σύγχρονες κατασκευαστικές τεχνολογίες επιτρέπει στους χρήστες πλέον να μπορούν να δημιουργήσουν τα προϊόντα τους χωρίς μεγάλο κόστος. Αυτό γίνεται καθώς το κίνημα προωθεί την ισότητα και εκδημοκράτιση της πρόσβασης σε «STEAM» αλλά και σε άλλους τεχνολογικούς και καλλιτεχνικούς τομείς μέσα από τα «Makerspaces» (Mohomed,& Dutta, 2015).

2.2 Η πρόκληση και το κίνητρο

Η χρήση των σύγχρονων κατασκευαστικών τεχνολογιών σε ανεπίσημα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα όπως τα «Makerspaces» δίνουν την δυνατότητα της δημιουργικής καινοτομίας και έχει υιοθετηθεί σε παγκόσμια κλίμακα (Schneider, 2006). Καθώς η ψηφιακή εποχή εξελίσσεται, η γνώση ηλεκτρονικών υπολογιστών, προγραμματισμού και οι σύγχρονες κατασκευαστικές τεχνολογίες έχουν όλο και περισσότερο μεγαλύτερη σημασία. Ο Eriksson (2018) αναφέρει πως σήμερα, η εκπαίδευση πρέπει να προσφέρει σε όλους όχι μόνο την ευκαιρία να χρησιμοποιούν αυτές τις τεχνολογίες αλλά και να τους παρέχει ευκαιρίες δημιουργικότητας, σχεδιασμού και ανάπτυξης (Eriksson et al., 2018). Η μεγαλύτερη πρόκληση στην εισαγωγή κατασκευαστικών τεχνολογιών σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα αποτελεί η έλλειψη γνώσης των εκπαιδευτικών για τα σχετικά εργαλεία καθώς και η σχεδιαστική λογική. Αυτό έχει ως συνέπεια οι εκπαιδευτικοί να βιώνουν μια έλλειψη ελέγχου των εκπαιδευόμενων όταν γίνεται η εισαγωγή των τεχνολογιών σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα. (Smith et al., 2015). Το «Maker Culture» αφοσιώνεται στο «μαθαίνω κάνοντας» κάτι το οποίο πολλά εκπαιδευτικά ιδρύματα έχουν υιοθετήσει είτε δημιουργώντας τα δικά τους «Makerspaces» είτε μετατρέποντας ένα κομμάτι της βιβλιοθήκης τους σε «Makerspace». Κατά συνέπεια υπάρχει η ανάγκη των βιβλιοθηκονόμων να εκπαιδεύονται

στις τεχνολογικές τάσεις των «Makerspaces»(Okpala, 2016). Η έρευνα στην εκπαίδευση, στην επαγγελματική κατάρτιση και στα μαθήματα των «Makerspaces» αποτελούν περιορισμένα. Οι χώροι εκμάθησης κατασκευών εξακολουθεί να αποτελούν ως νέοι χώροι έρευνας (Okpala, 2016). Καθώς τα «Makerspaces» ξεκινούν να μπαίνουν μέσα στις σχολικές βιβλιοθήκες και τάξεις, υπάρχει μια αυξανόμενη ανάγκη επαγγελματικής ανάπτυξης για να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς στην διεκπεραίωση του σχεδίου μαθήματος τους. Την ίδια στιγμή η ανάγκη εκπαίδευσης των μαθητών στις σύγχρονες κατασκευαστικές τεχνολογίες αποτελεί και θέμα ασφάλειας. Μερικές φορές η διαδικασία «trial and error» για την διεκπεραίωση μιας ιδέας μπορεί να οδηγήσει σε ακούσια ζημία τόσο του χρήστη όσο και της ιδέας της τεχνολογίας. Όπως αναφέρει ο Kurti, η ανάγκη εκπαίδευσης είναι σημαντική για την χρήση ακριβών και σχετικά επικίνδυνων μηχανημάτων για να αποφευχθεί αυτό το φαινόμενο (Kurti et al., 2014).

2.3 Η αξία των «XR» τεχνολογιών στην μάθηση και εκπαίδευση

Όπως αναφέρουν στην έρευνα τους οι Vasilchenki et al. (2020) προηγούμενες έρευνας αποδεικνύουν πως η τεχνολογίες «XR» έχουν την δυνατότητα να υποστηρίξουν τόσο τις τεχνικές ανάγκες της μάθησής (όπως οπτικοποίηση περιεχομένων σε περιβάλλοντα εμπύθιση) όσο και στην διαδικασία μάθησης του εκπαιδευόμενου. Συγκεκριμένα, παρουσιάζεται πως οι «XR» έχουν θετική επιρροή στα εκπαιδευτικά αποτελέσματα καθώς βελτιώνει περαιτέρω την κατανόηση, την συγκράτηση γνώση και την αύξηση κινήτρου. Τέλος, παρατηρείται ως η εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας έχει γίνει σε εκπαιδευτικούς τομείς όπως ιατρική, φυσική, χωρογραφίες αλλά και ποιο γενικές γνώσεις όπου απαιτείται η εκπαίδευση δεξιοτήτων (Vasilchenki et al., 2020) .

2.4 Τα ερευνητικά ερωτήματα

Τα ερευνητικά ερωτήματα που προκύπτουν από την παρούσα έρευνα αποτελούν:

Ερευνητικό ερώτημα 1: Ποια XR τεχνολογία αποτελεί την ιδανικότερη για την εκπαίδευση σύγχρονων κατασκευαστικών τεχνολογιών σε ανεπίσημα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα όπως τα Makerspaces;

Ερευνητικό ερώτημα 2: Μπορεί μια σχεδιαστική λύση να παρουσιαστεί για την εκπαίδευση σύγχρονων κατασκευαστικών τεχνολογιών σε ανεπίσημα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα όπως τα Makerspaces;

3 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

3.1 Εικονική Πραγματικότητα για την εκμάθηση και εκπαίδευση

Μια τεχνολογία «XR» αποτελεί η «Εικονική πραγματικότητα». Πολλοί αναλυτές, προβλέπουν πως η «εικονική πραγματικότητα» μπορεί να είναι το επόμενο μεγαλύτερο βήμα σε υπολογιστικές πλατφόρμες. Σύμφωνα με τους Benner και Wingfield (2016) έχουν επενδυθεί πάνω από 4 δισεκατομμύρια δολάρια σε «start-ups» «εικονικής πραγματικότητας» καθώς αναμένεται πως αυτή η τεχνολογία θα φέρει επανάσταση σε πολλούς τομείς. Ένας από αυτούς τους τομείς αποτελεί η επαγγελματική κατάρτιση και η εκπαίδευση. Πολλά επαγγέλματα χρησιμοποιούν την «Εικονική πραγματικότητα» για την εκπαίδευση των εργαζομένων τους. Οι προηγούμενες έρευνες δείχνουν πως με την «εικονική πραγματικότητα» μπορείς να εκπαιδεύεις σε εργασίες όπου το περιβάλλον εκπαίδευσης (εκφύσεις του επαγγέλματος) αποτελεί επικίνδυνο. Στο άρθρο του Webster (2014) αναφέρεται πως η «εικονική πραγματικότητα» χρησιμοποιείται και από τον Αμερικάνικο Στρατό (Εικ.1)για την εκπαίδευση πρόληψης και έλεγχου της διάβρωσης συστημάτων, αφού αποτελεί ένα επάγγελμα που γίνεται σε ένα επικίνδυνο περιβάλλον.



Εικόνα 1: Χρήση Εικονικής Πραγματικότητας στον Αμερικάνικο Στρατό

Ακόμη μια έρευνα δείχνει πως η «Εικονική Πραγματικότητα» αποτελεί αποτελεσματικό εργαλείο για την εκπαίδευση επαγγελματιών όπου τα λάθη μπορούν να είναι μοιραία (Yoshida et al., 2014). Ένα καλό παράδειγμα είναι η χρήση της «Εικονικής Πραγματικότητας» για την εκπαίδευση ιατρών σε χειρουργικές επεμβάσεις (Εικ.2). Στο άρθρο των Yoshida et al. (2014) γίνεται η χρήση ενός «Head Mounted Display» και αισθητήρες στα δάχτυλα που επιτρέπει στο χρήστη να χειρουργήσει εικονικά με παράλληλο «tracking» των χεριών του για μια αποτελεσματική ενσώματη μάθηση.



Εικόνα 2: Χρήση Εικονικής Πραγματικότητας για εκπαίδευση χειρουργών

Παράλληλα σύμφωνα με τους Makransky και Lilleholt (2018) πολλές από τις δεξιότητες απαιτούν εντατική πρακτική και συστηματική επανάληψη σε πραγματικό επαγγελματικό περιβάλλον. Αυτά καθιστούν την ανάπτυξη αναγκαίων δεξιοτήτων για την επαγγελματική κατάρτιση ως χρονοβόρα και οικονομικά ακριβά. Το πρόβλημα αυτό, έρχεται να λύσει η «Εικονική πραγματικότητα». Σύμφωνα με τους McGaghie et al. (2010) στην έρευνα τους παρουσιάζεται πως η «εικονική πραγματικότητα» αποτελεί ένα πρακτικό αλλά και οικονομικό εργαλείο εκπαίδευσης όσον αφορά δεξιότητες και «soft-skills». Με την χρήση

αυτής της τεχνολογίας οι εταιρείες μπορούν να εκπαιδεύσουν το προσωπικό τους σε μια προσομοίωση πραγματικού επαγγελματικού περιβάλλοντος χωρίς αρνητικές επιπτώσεις πιο γρήγορα και οικονομικά.

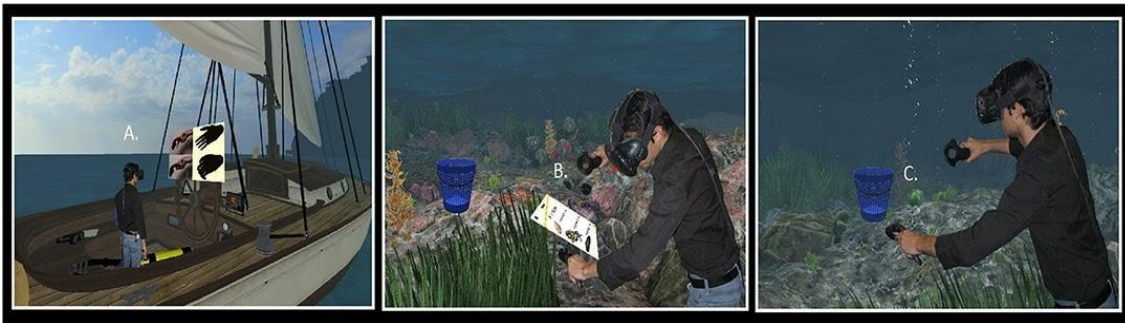
Στην έρευνα της Freina και της Ott (Freina & Ott, 2015) αναφέρεται πως το κίνητρο για την χρήση της εικονικής πραγματικότητας αποτελούν: α) Ο χρόνος β) η φυσική πρόσβαση γ) οι επικίνδυνες περιπτώσεις και δ) ηθικά προβλήματα.

Με την «εικονική πραγματικότητα» δίνεται η ευκαιρία στον χρήστη να ταξιδέψει στο παρελθόν και να βιώσει ιστορικά γεγονότα. Ένα παράδειγμα όπου χρησιμοποιείται η «Εικονική Πραγματικότητα» ως μέσο με το οποίο ο χρήστης μπορεί να ταξιδέψει στο παρελθόν αποτελεί η εφαρμογή «Viking VR» (Εικ.3). Το «Viking VR» αποτελεί εφαρμογή του Βρετανικού μουσείου όπου επιτρέπει τους χρήστες να ζήσουν στην εποχή των «Viking». Στόχος σε αυτή την περίπτωση είναι η χρήση της τεχνολογίας για την εκπαίδευση στην πολιτιστική κληρονομιά (Schofield et al., 2018).



Εικόνα 3: Εικονική Πραγματικότητα στο Βρετανικό Μουσείο – Viking VR

Ταυτόχρονα ο χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση σε περιβάλλοντα τα όποια θα ήταν αδύνατο (όπως κάτω από ωκεανούς, μέσα σε αρτηρίες αίματος ή στο διάστημα). Ένα παράδειγμα χρήσης της «Εικονικής Πραγματικότητας» για την εμπύθιση του χρήστη σε ένα μη-προσβάσιμο περιβάλλον αποτελεί το έργο των Markowitz et al (2018). Η εφαρμογή που ανέπτυξαν «βυθίζουν» τον χρήστη σε μια προσομοίωση ωκεανού (Εικ.4). Στόχος είναι η ευαισθητοποίηση του για τις οικολογικές επιπτώσεις που μπορεί να έχει η οξύτητα του νερού από τις ανθρώπινες αμελείς. Όντως, με τα αποτελέσματά τους, γίνεται ξεκάθαρο πως η εμπύθιση του χρήστη του δίνει μια εμπειρία που μπορεί να τον ευαισθητοποίηση καθώς πλέον μπορεί να έχει πρόσβαση σε περιβάλλοντα που με παραδοσιακά μέσα δεν θα μπορούσε.



Εικόνα 4: Εικονική Πραγματικότητα εμπύθισης σε ωκεανό

Την ίδια στιγμή η «εικονική πραγματικότητα» απελευθερώνει τον χρήστη από τους περιορισμούς που δημιουργούν οι επικίνδυνες καταστάσεις αφού μπορεί να εμπυθιστεί σε ένα εικονικό περιβάλλον απαλλαγμένος από τις επιπτώσεις ενός επικίνδυνου χώρου. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η χρήση της «Εικονικής πραγματικότητας» από τους στρατιώτες του Αμερικάνικου στρατού που αναφέρθηκε παραπάνω.

Επίσης, η εικονική πραγματικότητα δίνει λύση στα ηθικά προβλήματα, όπως η εξ- άσκηση ενός εκπαιδευμένου χειρουργού σε ασθενή με την δημιουργία μια ψηφιακής προσομοίωσης. Τόσο οι έρευνες των Lee και Wong (2014) όσο και των Bonde et al. (2014) συγκλίνουν στο πως η «Εικονική πραγματικότητα» μπορεί να έχει θετική επιρροή στις γνωστικές και μη-γνωστικές δεξιότητες του εκπαιδευόμενου. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η χρήση της «Εικονικής πραγματικότητας» για την δημιουργία ενός εικονικού χειρουργείου που αναφέρθηκε παραπάνω.

Παράλληλα μέσα από μερικές εμπειρικές μελέτες οι Bayraktar (2000) και Vogel (2006) καταλήγουν στο συμπέρασμα πως η αποτελεσματικές προσομοιώσεις έχουν στους εκπαιδευόμενους τουλάχιστον καλά ή καλύτερα γνωστικά αποτελέσματα και συμπεριφορές προς στην εκπαίδευση παρά πιο παραδοσιακοί τρόποι εκπαίδευσης. Αποτελέσματα από τον Merchant (2014) δείχνουν πως οι μαθητές που έλαβαν παραδοσιακά μέσα μάθησης σε συνδυασμό με την «εικονική πραγματικότητα» ξεπέρασαν τους μαθητές που έλαβαν μόνο παραδοσιακά μέσα μάθησης και δισδιάστατες εικόνες.

Ο Pantelidis (1995) αναφέρει πως η «Εικονική Πραγματικότητα» αποτελεί μια νέα μέθοδος οπτικοποίησης που βασίζεται στην αξία της οπτικής αναπαράστασης. Προσφέρει ένα εναλλακτικό τρόπο οπτικοποίησης περιεχομένου. Την ίδια στιγμή η «Εικονική Πραγματικότητα» μπορεί να οπτικοποιήσει στοιχεία καλύτερα και πιο αποτελεσματικά σε αντίθεση με τους παραδοσιακούς δισδιάστατους τρόπους. Ο Pantelidis υποστηρίζει πως με την χρήση αυτής της τεχνολογίας δίνεται η ευκαιρία στον μαθητή να γεφυρώσει το κενό μεταξύ αυτού και του «artifact» αφού του δίνεται η δυνατότητα να το επεξεργαστεί και να το περιεργαστεί από κοντά, κάτι που γαλουχεί την δεξιότητα της παρατηρητικότητας και την ενσώματη μάθηση. Συνεχίζει πως, καθώς η «εικονική πραγματικότητα» αποτελεί μια εμπειρία που ενθαρρύνει τον μαθητή να λαμβάνει μέρος ενεργά αντί παθητικά καθιστά αυτή την τεχνολογία ως ένα κίνητρο για την μάθηση. Τέλος ο Pantelidis(1995) σημειώνει πως καθώς η μάθηση γίνεται μέσα από μια εμπειρία, ο μαθητής παίρνει τον έλεγχο της διάρκειας αυτής της εμπειρίας. Σε αντίθεση με μια προκαθορισμένη διάρκεια διδακτέας ύλης που γίνεται σε επίσημα περιβάλλοντα εκπαίδευσης, η «Εικονική Πραγματικότητα» επιτρέπει τον μαθητή να μάθει στον δικό του χρόνο με τον δικό του ρυθμό, κάτι το οποίο ενεργά θετικά στην εκπαίδευση του.

Με όσα αναφέρθηκαν πιο πάνω είναι κοινός αποδεκτό τόσο από τις εκπαιδευτικές κοινότητες όσο και από τις επαγγελματικές πως η τεχνολογία της «Εικονικής Πραγματικότητας» προσφέρει δυνατότητες που κανένα άλλο εργαλείο δεν μπορεί να προσφέρει. Η χρήση της εφαρμόζεται για την επαγγελματική κατάρτιση σε επικίνδυνα περιβάλλοντα ενώ παράλληλα λύνει ηθικά θέματα. Επιτρέπει λάθη χωρίς πραγματικές επιπτώσεις κατά την διάρκεια της

εκπαίδευσης και χαρακτηρίζεται από την ταχύτητα και οικονομικότητα που έχει για την συστηματική εκπαίδευση σε σύγκριση με άλλα πιο παραδοσιακά μέσα. Την ίδια στιγμή δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να ταξιδεύει πίσω στο χρόνο και να ζήσει ιστορικά γεγονότα ενώ ταυτόχρονα να του παρέχει πρόσβαση σε μη-προσβάσιμους χώρους. Επίσης, η «Εικονική Πραγματικότητα» προσφέρει καλύτερα γνωστικά αποτελέσματα τόσο στους επαγγελματίες όσο και στους μαθητές. Είναι ένα αποτελεσματικό εργαλείο οπτικοποίησης που γεφυρώνει το κενό μεταξύ μαθητών και της εκπαιδευτικής ύλης. Τέλος επιτρέπει στο μαθητή να μάθει με τον δικό του ρυθμό κάτι που το κάνει ελκυστικό για την ενεργή μάθηση και που προσφέρει ευκαιρίες εξερεύνησης και παρατηρητικότητας.

3.2 Εικονική Πραγματικότητα στα Makerspaces

Στο άρθρο «Bridging distance: Practical and pedagogical implications of virtual Makerspaces» (Lock et al., 2019) αναφέρεται η χρήση της «Εικονικής Πραγματικότητας» ως εργαλείο γεφύρωσης και συνεργασίας των χρηστών για την δημιουργία ενός ρομπότ. Η έρευνα τους παρουσιάζει το πως μπορεί η τεχνολογία της «Εικονικής Πραγματικότητας» να χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία ενός εικονικού «Makerspace». Στόχος η εξερεύνηση, του πως ένα «Εικονικό Makerspace» διαφέρει με ένα φυσικό. Οι Lock et al., καταλήγουν στο πως η ζωντανή εμπειρία των συμμετεχόντων προσφέρει την ευκαιρία στο να σκεφτούν πως μπορεί να σχεδιαστεί μια εκπαιδευτική εμπειρία συγχρονισμένη με τεχνολογίες αλλά και παράλληλα πως προσφέρει θετικά στην εκπαιδευτική εμπειρία εξ αποστάσεως.

Αξίζει να σημειωθεί πως πολλά makerspaces έχουν στην συλλογή τους τεχνολογίες «Εικονικής Πραγματικότητας». Παρόλα αυτά, τα συστήματα «Εικονικής Πραγματικότητας» συνήθως εφαρμόζονται για την μάθηση η προσομοίωση άλλων θεματικών και όχι ως εργαλείο υποστήριξης η εκπαίδευσης των ίδιων των «Makerspaces» και των εργαλείων του καθώς παρατηρείται έλλειψη στην εφαρμογή αυτή και κενά στην βιβλιογραφία και έρευνα.

3.3 Επαυξημένη Πραγματικότητα για την εκμάθηση και εκπαίδευση

Το 1968 έγινε η πρώτη επιτυχής προσπάθεια δημιουργίας «Επαυξημένης Πραγματικότητας» που ταυτόχρονα αποτελούσε και το πρώτο σύστημα «Εικονικής πραγματικότητας» από τον Ivan Sutherland. Ο Sutherland χρησιμοποίησε ένα διαυγές «Head Mounted Display» όπου λόγω περιορισμένης υπολογιστικής δύναμης το μόνο που μπορούσε να δει κανείς υπερθετημένα στον πραγματικό κόσμο ήταν μερικά σχέδια υπό την μορφή «wireframes»

(Sutherland, 1968). Από τότε τόσο τα λογισμικά όσο και η τεχνολογία έχουν εξελιχθεί σε σημείο που πλέον μπορούμε να έχουμε «Επαυξημένη πραγματικότητα» σε προσωπικούς υπολογιστές, έξυπνα κινητά τηλέφωνα και ταμπλέτες, αλλά και σε φορητές τεχνολογίες όπως γυαλιά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία ενός τεράστιου φάσματος πιθανοτήτων στο τι μπορεί κανείς να πετύχει με την χρήση της «Επαυξημένης Πραγματικότητας».

Χαρακτηριστική είναι η χρήση της στον τομέα της εκπαίδευσης καθώς προσφέρει θετικά τόσο σε επίσημα όσο και σε ανεπίσημα περιβάλλοντα μάθησης όπως παρουσιάζεται από προηγούμενες έρευνες .

Ο Kerawalla (Kerawalla, et al, 2006) στην έρευνα του παρουσιάζει πως η «Επαυξημένη Πραγματικότητα» παρακινεί τους μαθητές στο να ανακαλύπτουν νέες πληροφορίες οι οποίες μπορούν να εφαρμόσουν στον πραγματικό κόσμο με τρόπο που δεν έχουν εφαρμόσει ποτέ πριν.

Ένα καλό παράδειγμα χρήσης της «Επαυξημένης Πραγματικότητας» για αυτό τον σκοπό αποτελεί το σύστημα «SMART» (System of augmented reality for teaching) των Freitas και Campos (2008). Το σύστημα αυτό αποτελεί εργαλείο εκπαίδευσης για τα μέσα μαζικής μεταφοράς και τα ζώα το οποίο γίνεται με την χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας στους μαθητές δευτέρας δημοτικού (Εικ.5). Τα αποτελέσματα των Freitas και Campos δείχνουν πως καθώς τα παιδιά περνούν αρκετό χρόνο παίζοντας παιχνίδια, μια εφαρμογή «Επαυξημένης Πραγματικότητας» με τρισδιάστατα μοντέλα παρακινεί τους μαθητές ενώ παράλληλα επιδρά θετικά στην εκπαίδευση τους, ειδικά σε ποιο αδύνατους μαθητές.



Εικόνα 5: Επαυξημένη Πραγματικότητα συστήματος SMART

Ένα πιο σύγχρονο παράδειγμα χρήσης της «Επαυξημένης Πραγματικότητας» που επιτρέπει τους μαθητές να ανακαλύψουν νέες πληροφορίες που μπορούν να εφαρμόσουν στον πραγματικό κόσμο αποτελεί η εφαρμογή «SIKE» (Εικ.6). Αυτή η εφαρμογή επιτρέπει στους μαθητές να βιώσουν ψηφιακά διάφορες χημικές αντιδράσεις καθώς η «Επαυξημένη Πραγματικότητα» μπορεί να οπτικοποιήσει τις χημικές αντιδράσεις δίνοντας έτσι την ευκαιρία στους μαθητές να τις επεξεργαστούν και να ανακαλύψουν νέες (Pochtoniuk et al., 2020) .



Εικόνα 6: Επαυξημένη Πραγματικότητα συστήματος SIKE

Ο Johnson (Johnson, et al., 2010) στα ευρήματά του αναφέρει πως η «Επαυξημένης Πραγματικότητα» παρέχει εκπαιδευτικές εμπειρίες (on-site) και την ευκαιρία στον εκπαιδευόμενο να ανακαλύψει και να εξερευνήσει την συσχέτιση μεταξύ της πληροφορίας που υπερθέτεται με τον πραγματικού κόσμο.

Ένα αρχικό παράδειγμα χρήσης της «Επαυξημένης Πραγματικότητας» για την συσχέτιση της ψηφιακής πληροφορίας με το πραγματικό περιβάλλον αποτελεί η εφαρμογή των Bajura et al. το 1992 (Εικ.7). Με την χρήση της Επαυξημένης πραγματικότητας οι γιατροί μπορούσαν να έχουν «X-Ray» όραση κατά την διάρκεια αυτοψίας ενός ασθενή (Bajura et al., 1992).



Εικόνα 7: Επαυξημένη Πραγματικότητα για αυτοψία

Μια πιο σύγχρονη εφαρμογή της «Επαυξημένης Πραγματικότητας» που ταυτίζει τις υπερθετημένες πληροφορίες με τον πραγματικό κόσμο, αποτελεί το «Human Anatomy Atlas AR» (Εικ.8) το οποίο επιτρέπει στους μαθητές να μάθουν για την ανθρώπινη ανατομία με την χρήση τρισδιάστατων μοντέλων. Την ίδια στιγμή ο χρήστης μπορεί να δει τις επιπτώσεις που μπορεί να έχει στο ανθρώπινο σώμα, η χρήση φαρμάκων ή μια χειρουργική επέμβαση ταυτίζοντας λοιπόν ένα ψηφιακό τρισδιάστατο μοντέλο ανθρώπου με το πραγματικό ανθρώπινο σώμα (Pochtoviuk et al., 2020).



Εικόνα 8: Επαυξημένη Πραγματικότητα συστήματος Human Anatomy Atlas AR

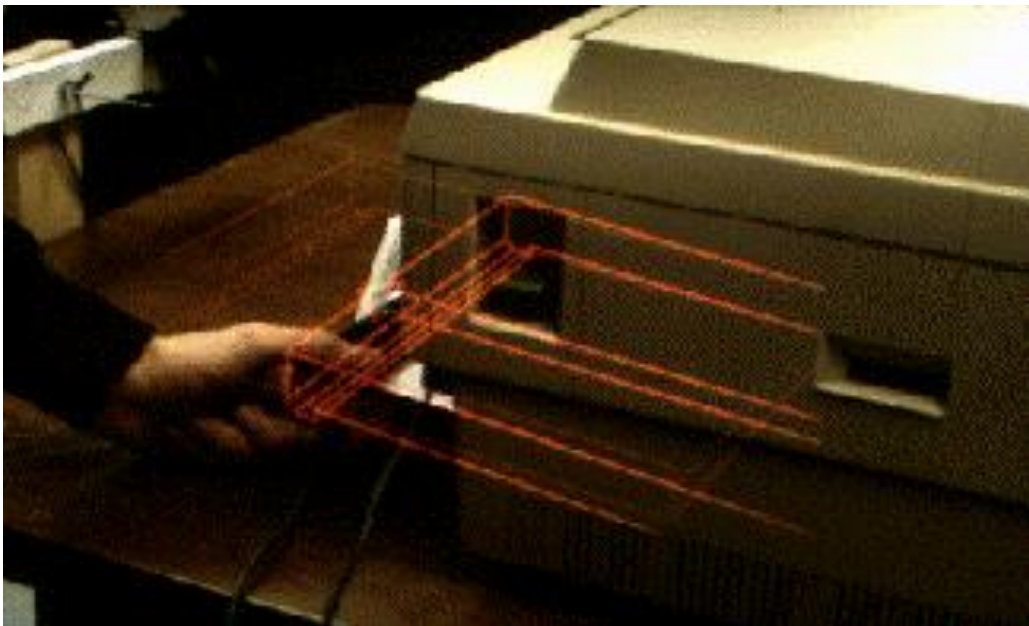
Ο Lee όπως παρουσιάζει στην έρευνα του καταλήγει στο πως η αξία της «Επαυξημένης Πραγματικότητας» παρουσιάζεται και σε χώρους εργασίας όπου αποτελεί αποτελεσματικό εργαλείο συνεργασίας καθώς και εκμάθησης δεξιοτήτων. Την ίδια στιγμή αποτελεί και ως ένα επεξηγηματικό εργαλείο που καθοδηγεί τους εργαζόμενους σε διάφορες δράσεις.

Στο συμπέρασμα πως η «επαυξημένη πραγματικότητα» αποτελεί ιδανικό εργαλείο συνεργασίας καταλήγουν και οι Schmalsteig et al στην έρευνα τους. Μια αρχική προσπάθεια εφαρμογής της «Επαυξημένης πραγματικότητας» ως εργαλείο συνεργασίας είχε γίνει το 1996 από τον Schmalsteig (Schmalsteig, et al., 1996) που στόχο είχε την οπτικοποίηση επιστημονικών δεδομένων στον πραγματικό κόσμο (Εικ.9).



Εικόνα 9: Επαυξημένη Πραγματικότητα για συνεργασία / οπτικοποίηση δεδομένων

Την ίδια στιγμή ο Feiner στην έρευνα του συμφωνεί με τον Lee αφού με την έρευνα του παρουσιάζει πως η «Επαυξημένη Πραγματικότητα» αποτελεί ισχυρό εργαλείο καθοδήγησης. Μια αρχική προσπάθεια χρήσης της «Επαυξημένης Πραγματικότητας» ως εργαλείο καθοδήγησης αποτελεί το έργο του Feiner το 1993 (Feiner, 1993). Οι χρήστες μπορούσαν να δουν ψηφιακές πληροφορίες στο πραγματικό περιβάλλον με στόχο την καθοδήγηση τους για την επιδιόρθωση μιας φωτοτυπικής μηχανής βήμα προς βήμα (Εικ.10).



Εικόνα 10: Επαυξημένη Πραγματικότητα για καθοδήγηση επισκευής εκτυπωτή

Ο Lee στο άρθρο του «Augmented reality in education and training» (Lee, 2012) συνεχίζει αναφέροντας τις δυναμικές που προσφέρει η «Επαυξημένη πραγματικότητα» στην εκπαίδευση οι οποίες αποτελούν: (α) Την διαδραστική εκπαίδευση, (β) την απλότητα, (γ) την ασφάλεια και (δ) την αποτελεσματικότητα και αποδοτικότητα που παρέχει.

Αρχικά με την διαδραστικότητα που παρέχει η «Επαυξημένης Πραγματικότητα» όπως παρουσιάζονται τα ευρήματα του Lee, η εκπαίδευση γίνεται με τρόπο ευχάριστο και παραγωγικό. Η απλότητα επίσης που παρέχει η «Επαυξημένης πραγματικότητα» δίνει την δυνατότητα μιας άμεσης και περιεκτικής εκπαιδευτικής εμπειρίας. Την ίδια στιγμή η ασφάλεια οφείλεται στην ανύπαρκτη συνέπεια ενός λάθους. Η «Επαυξημένη Πραγματικότητα» με αυτό τον τρόπο παρακινεί τον εκπαιδευόμενο με ένα πιο διασκεδαστικό τρόπο στο να μάθει καθώς οι αρνητικές επιπτώσεις ενός λάθους δεν υπάρχουν σε αντίθεση με τις επιπτώσεις ενός λάθους σε ένα επικίνδυνο περιβάλλον. Την ίδια στιγμή οι εκπαιδευτικές εφαρμογές «Επαυξημένης Πραγματικότητας» σύμφωνα με τον Lee αποτελούν ελκυστικές και ενδιαφέρον σε μαθητές και εργαζόμενους καθώς παρέχουν προσομοιώσεις και άμεση υποστήριξη στον χρήστη, κάνοντας έτσι αυτή την τεχνολογία αποτελεσματική και αποδοτική (Lee, 2012).

Ο Lee επίσης αναφέρει πως, η «Επαυξημένη Πραγματικότητα» αποτελεί μια αποτελεσματική τεχνολογία και στην ανώτερη εκπαίδευση. Οι φοιτητές έχουν την δυνατότητα να επεκτείνουν τις γνώσεις τους και τις επιδεξιότητες τους, όσον αφορά θεωρίες αλλά και δεξιότητες για την χρήση μηχανημάτων (Lee, 2012).

Αυτό υποστηρίζεται και από τον Liarokapis καθώς στο «World Transactions on Engineering and Technology Education» παρουσιάζει πως η «Επαυξημένη Πραγματικότητα» μπορεί να υποστηρίξει δύσκολες θεωρίες της ανώτερης εκπαίδευσης ενώ παράλληλα να εμπλουτίσει την εκμάθηση δεξιοτήτων με υπερθετημένες διαδράσεις (Liarokapis, et al., 2004).

Με τα παραπάνω προαναφερθέντα γίνεται ξεκάθαρη η αξία της «Επαυξημένης Πραγματικότητας» στο τομέα της εκπαίδευσης και τι έχουν παρουσιάσει προηγούμενες έρευνες. Αυτό γίνεται αφού αποτελεί εργαλείο που δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να εξερευνήσει νέες πληροφορίες και να αναπτύξει και να εφαρμόσει νέες δεξιότητες στον πραγματικό κόσμο. Την ίδια στιγμή αποτελεί ελκυστικό μέσο, ειδικά σε νέους μαθητές, ενώ παράλληλα ταυτίζει ψηφιακές πληροφορίες με τον πραγματικό κόσμο. Επίσης η επαυξημένη πραγματικότητα λειτουργεί ως εργαλείο συνεργασίας και καθοδήγησης με ένα απλό, διαδραστικό αποτελεσματικό και ασφαλή τρόπο. Τέλος, αποδεικνύεται ως μια τεχνολογία που μπορεί να βοηθήσει μαθητές στα σχολεία, φοιτητές στην τριτοβάθμια εκπαίδευση αλλά και επαγγελματίες στο χώρο εργασίας.

3.4 Επαυξημένη Πραγματικότητα στα Makerspaces

Έχουν γίνει κάποιες προσπάθειες ένταξης αυτής της «XR» τεχνολογίας σε ανεπίσημα περιβάλλοντα μάθησης όπως τα «Makerspaces». Η επαυξημένη πραγματικότητα παρέχει μια νέα διάσταση στους χρήστες για την διεκπεραίωση εργασιών που συμπεριλαμβάνουν σύγχρονες κατασκευαστικές τεχνολογίες στους χώρους των «Makerspace». Σύμφωνα με την έρευνα του Chung-Ming Own στο άρθρο «Making Without Makerspace, Another Study of Authentic Learning with Augmented Reality Technology» η χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας, προσφέρει μια βελτιωμένη ικανότητα για την διεκπεραίωση κατασκευαστικών έργων στους χρήστες σε αντίθεση με τους παραδοσιακούς τρόπους. Συνεχίζει, υποστηρίζοντας πως με τα δεδομένα απόδοσης που σύλλεξε, αποδεικνύεται πως η τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας έχει την δυνατότητα να ενισχύσει το κίνητρο μάθησης (Own, 2018). Παράλληλα, ο Own αναφέρει: «Για παράδειγμα, η επαυξημένη πραγματικότητα μπορεί να ελαχιστοποιήσει τις εσφαλμένες αντιλήψεις που συμβαίνουν λόγω αδυναμίας των μαθητών» (Own, 2018, p. 193). Αυτό καθιστά την «Επαυξημένη Πραγματικότητα» ως μια ιδανική τεχνολογία για την αποφυγή σφαλμάτων, αποφεύγοντας έτσι τις οποιεσδήποτε ζημιές που μπορεί να προκληθούν είτε στον χρήστη είτε στην κατασκευαστική τεχνολογία των «Makerspaces».

Στο άρθρο «Augmenting the Makerspace: Designing Collaborative Inquiry Through Augmented Reality» αναφέρεται πως η επαυξημένη πραγματικότητα προσφέρει «affordances» τα οποία προωθούν την συμμετοχή των μαθητών για την εξερεύνηση και

ολοκλήρωση εργασιών. Την ίδια στιγμή, τονίζεται η σημασία της εμπειρικής μάθησης και η μεταλαμπάδευση γνώσεων (Han et al., 2020). Παράλληλα, τα ίδια «affordances» έχουν την ιδιότητα να καθοδηγήσουν τον χρήστη για την διεκπεραίωση της εργασίας τεμαχίζοντας την σε ποιο ξεκάθαρα βήματα.

Επίσης, η επαυξημένη πραγματικότητα αποτελεί την ιδανικότερη τεχνολογία για την καθοδήγηση των χρηστών με στόχο την διεκπεραίωση μιας σχεδιαστικής εργασίας. Ο Knibe, ο Grossman και ο Fitzmaurice στην δημοσίευσή τους «Smart Makerspace: An Immersive Instructional Space for Physical Tasks» αναφέρουν ότι με την χρήση εργαλείων «Επαυξημένης Πραγματικότητας», δίνεται η δυνατότητα για την παρακολούθηση, καταγραφή και ανατροφοδότηση στους χρήστες καθ' όλη τη διάρκεια των εργασιών τους σε πραγματικό χρόνο. Αυτή η «έξυπνη» προσέγγιση, όπως την αναφέρουν, προσφέρει μια ελεγχόμενη ροή εργασίας με την μορφή δια-δραστικών οδηγιών (Knibe, Grossman and Fitzmaurice, 2015).

Μια επιτυχημένη εφαρμογή της «Επαυξημένης Πραγματικότητας» σε μια κατασκευαστική εργασία αποτελεί το παράδειγμα δημιουργίας ενός κυκλώματος όπως αναφέρεται στο «Learning in a Digital World: Perspective on Interactive Technologies for Formal and Informal Education». Οι μαθητές κλήθηκαν να εργαστούν σε ομάδες για την κατασκευή ενός παράλληλου κυκλώματος και κατάφεραν με την χρήση της «Επαυξημένης Πραγματικότητας» να πάρουν ανατροφοδότηση για την επιτυχή ολοκλήρωση του (Chew, Wai, and Chen, 2019). Με την χρήση της «Επαυξημένης Πραγματικότητας» επιτυγχάνεται μια αυτόνομη διαδικασία κατασκευής έργων. Αυτή η αυτονομία αποτελεί κύριο συστατικό για την δημιουργία ενός εργαλείου εκπαίδευσης σε ανεπίσημα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα.

3.5 «Μικτή Πραγματικότητα» για την εκμάθηση και εκπαίδευση

Μέσα από τα αποτελέσματα της έρευνας τους οι Aguayo et al.(2020) σημειώνουν πως οι παρεμβάσεις «Μικτής Πραγματικότητας» έχουν την δυνατότητα να προωθήσουν την κοινωνική μάθηση μεταξύ των μαθητών. Την ίδια στιγμή η «Μικτή Πραγματικότητα» σύμφωνα με τους Muller et al.(2007) αποτελεί αποτελεσματικό εργαλείο συνεργασίας.

Συνεχίζει υποστηρίζοντας πως κάποιους από τους σημαντικότερους λόγους χρήσης της μικτής πραγματικότητας αποτελούν την δυνατότητα της διαχείρισης φυσικών αντικειμένων σε αυτά τα περιβάλλοντα ενώ παράλληλα ενσωματώνεται και η οπτική επαφή (Muller et al. 2007).

Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουν και οι Vasilcenko et al. (2020) αναφέροντας πως ένα σημαντικό στοιχείο της μικτής πραγματικότητας είναι η δυνατότητα συνεργασίας και την αλληλεπίδραση με άλλους μαθητές μαζί με τα εικονικά «artifact» (Vasilcenko et al., 2020).

Παράλληλα η τεχνολογία αυτή παρέχει στους μαθητευομένους την ευκαιρία να διαδράσουν με αναλογικά αντικείμενα στον πραγματικό κόσμο, τα οποία έρχεται η τεχνολογία να υποστηρίξει. Τέλος, γίνεται και αναφορά στην ευελιξία μάθησης που προσφέρει η «Μικτή Πραγματικότητα» καθώς δίνεται η δυνατότητα της μάθησης μέσα στα πλαίσια της ελεύθερης επιλογής, σε σύγκριση με μια καθοδηγούμενο σχέδιο μάθησης (Vasilcenko et al., 2020).

Επίσης οι Aguago et al., 2020 μέσα από την έρευνα τους αναφέρουν πως η «Μικτή πραγματικότητα» επιτρέπει την εκπαίδευση του χρήστη καθώς του δίνει την δυνατότητα να εξερευνήσει νέα πράγματα χωρίς την ανάγκη έμπειρων εκπαιδευτών. Η ενεργή ένταξη του εκπαιδευόμενου στο εκπαιδευτικό περιβάλλον με την ελευθερία που του δίνεται έχει ως αποτέλεσμα στην καλύτερη απομνημόνευση γνώσεων (Aguago et al., 2020).

Οι Vasilchenko et al. (2020), στην έρευνα τους παρουσιάζουν πως η τεχνολογία της «Μικτής Πραγματικότητας» προσφέρει τρισδιάστατες χωρικές πληροφορίες το οποίο επιτρέπει την εκμετάλλευση των φυσικών συμπεριφορών των χρηστών για την εμπυθιση τους σε ένα εικονικό κόσμο μάθησης.

Επίσης οι Weng et al.(2019), υποστηρίζουν πως οι ερευνητές έχουν καταλήξει στο πως η «Μικτή πραγματικότητα» έχει χαρακτηριστικά τα οποία είναι αποτελεσματικά για την εμπυθιση και την διάδραση.

Ταυτόχρονα οι Helle et al. (2017) στην έρευνα τους, υποστηρίζουν πως η «Μικτή πραγματικότητα» εμπλουτίζει την γνώση του χρήστη στον πραγματικό κόσμο. Αυτό οφείλεται στην δυνατότητα που δίνει η τεχνολογία για την συνεργασία των χρηστών εξ αποστάσεως ενώ επιτρέπει την δημιουργία μιας νέας ψηφιακής εμπειρίας.

Ο Cheng (2016) στα αποτελέσματα της έρευνας της καταλήγει πως η «Μικτή Πραγματικότητα» βοηθά την απελευθέρωση της τρέχουσας μνήμης των μαθητών με αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης τους. Οι τεχνολογίες της «Μικτής Πραγματικότητας» προωθούν την διάδραση μέσω της κίνησης, το περπάτημα, τις ματιές αλλά και τις χειρονομίες και φωνές. Ενώ ο Cheng υποστηρίζει πως αυτή η τεχνολογία αποτελεί ιδανική για άτομα τα οποία εκ φύσεως δεν έχουν καλή χωρική αντίληψη.

Τέλος, αναφορά γίνεται και στους περιορισμούς της τεχνολογίας. Καθώς η «Μικτή Πραγματικότητα» απαιτεί την αναγνώριση διαφόρων επιφανειών στον πραγματικό κόσμο, δημιουργεί την ανάγκη μεγάλων πακέτων δεδομένων. Οι ερευνητές ελπίζουν πως το δίκτυο «5G» θα λύσει αυτό το πρόβλημα, επιτρέποντας στην «Μικτή Πραγματικότητα» να κάνει το επόμενο βήμα (Vasilchenko et al., 2020).

3.6 Μικτή Πραγματικότητα στα Makerspaces

Μεγαλύτερο αποτελεί το κενό και η έλλειψη εφαρμογής και έρευνας της «Μικτής Πραγματικότητας» για σκοπούς ενίσχυσης των «Makerspaces». Ο λόγος αποτελεί πως καθώς η «Μικτή Πραγματικότητα» αποτελεί μια επέκταση της «Επαυξημένης Πραγματικότητας» δεν υπάρχει η άμεση ανάγκη εφαρμογής της. Την ίδια στιγμή, το πειραματικό στάδιο που βρίσκεται η τεχνολογία, όπως αναφέρθηκε παραπάνω δεν επιτρέπει την ομαλή εφαρμογή της για την υποστήριξη τέτοιων πολυσύνθετων χώρων και συστημάτων.

3.7 Παιγνιδοποίηση

Ένα εργαλείο που εφαρμόζεται στα «X» περιβάλλοντα το οποίο αξίζει να σημειωθεί αποτελεί η παιγνιδοποίηση. Τα ψηφιακά περιβάλλοντα δίνουν τις δυνατότητες εφαρμογής αυτής της μεθόδου για την αποτελεσματικότερη επίτευξη των μαθησιακών στόχων. Σύμφωνα με τα ευρήματα των Villagrasa A. et al., η παιγνιδοποίηση έχει την δυνατότητα να εντάξει τους

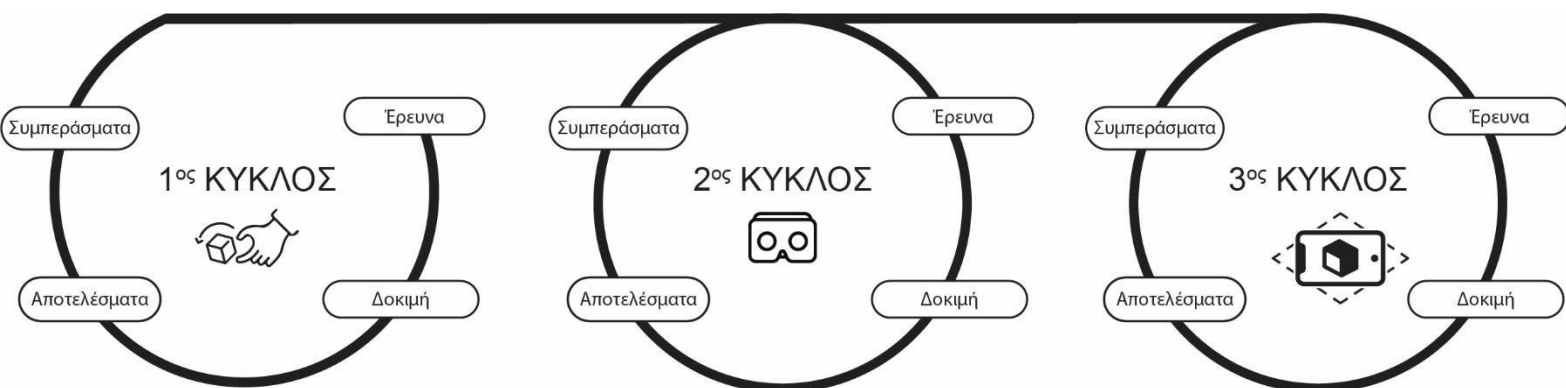
μαθητές στην εκπαιδευτική εμπειρία και να διευρύνει την μακροπρόθεσμη γνώση και τις δεξιότητες που μαθαίνουν πέρα από ένα επίσημο μάθημα. Η παρακίνηση αποτελεί και ως η κύρια λειτουργία της παιγνιδοποίηση (Villagrasa A. et al., 2014). Τα αποτελέσματα της έρευνας των Kiryakova et al., δείχνουν πως η παιγνιδοποίηση είναι μια αποτελεσματική προσέγγιση τόσο στην θετική αλλαγή όσο και στην στάση και συμπεριφορά των μαθητών απέναντι στο μάθημα. Την ίδια στιγμή, αναφέρει πως χρησιμοποιείται επίσης για να παρακινήσει τους μαθητές για να αυξήσουν την συγκέντρωση και αφοσίωση τους καθώς και να βελτιώσει τα κίνητρα τους. Τέλος, στην έρευνα γίνεται αναφορά πως η παιγνιδοποίηση μπορεί όχι μόνο να έχει θετική επιρροή τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών και την καλύτερη κατανόηση του περιεχομένου αλλά και για την δημιουργία μια αποτελεσματικής διαδικασίας μάθησης (Kiryakova et al., 2014).

4 Μεθοδολογία

Η παρούσα έρευνα έχει γίνει σε δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος, έχει γίνει η κατανόηση των «XR» τεχνολογιών ενώ στο δεύτερο μέρος εφαρμόστηκε μια έρευνα δράσης.

4.1 Μέρος Α: Κατανοώντας τις τεχνολογίες

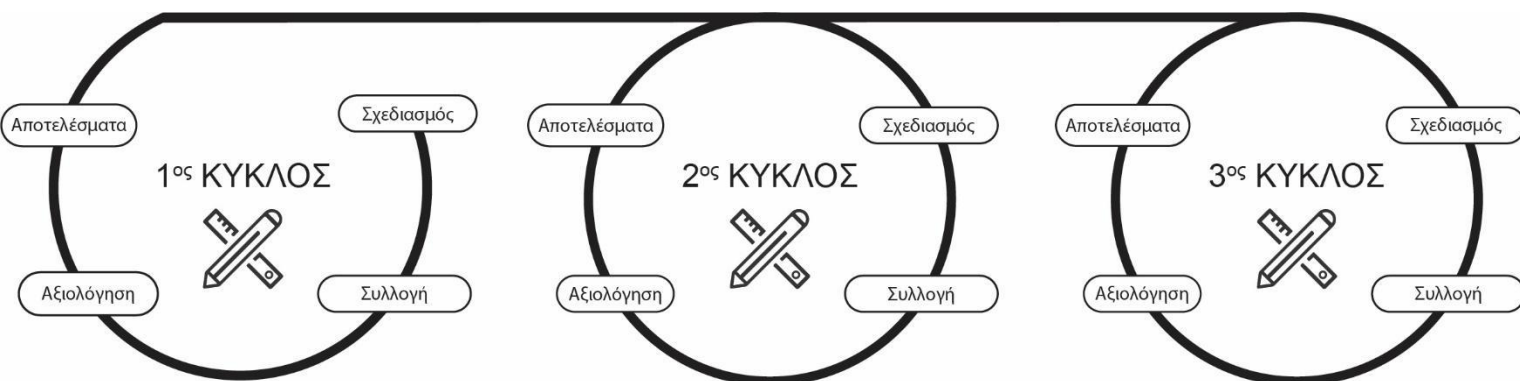
Στόχος του πρώτου μέρους της έρευνας αποτελεί η εξερεύνηση και κατανόηση τόσο των «XR» τεχνολογιών όσων και των συσκευών τους μέσα από τρεις κύκλους προσωπικής έρευνας (Διάγρ.1). Με την πλήρη κατανόηση όλων των περιορισμών τους γίνεται η επιλογή της ιδανικότερης «XR» τεχνολογίας για την λύση του προβλήματος. Το πρώτο μέρος της έρευνας αποσκοπεί επίσης στην απάντηση του πρώτου ερευνητικού ερωτήματος «Ποια XR τεχνολογία αποτελεί την ιδανικότερη για την εκπαίδευση σύγχρονων κατασκευαστικών τεχνολογιών σε ανεπίσημα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα όπως τα Makerspaces». Η επιλεγόμενη «XR» τεχνολογία χρησιμοποιείται κατά κόρο στη δεύτερο μέρος της έρευνας για τον σχεδιασμό της λύσης.



Διάγραμμα 1: Προσωπική έρευνα τεχνολογιών σε 3 κύκλους

4.2 Μέρος Β: Μια προσέγγιση σχεδιασμού με επίκεντρο τον χρήστη για την εκπαίδευση συγκεκριμένης σύγχρονης κατασκευαστικής τεχνολογίας

Στόχος του δεύτερου μέρους αυτού είναι η σχεδίαση εργαλείου για την εκπαίδευση του μηχανήματος κοπής «Epilog Zing Laser Cutter». Η επιλογή αυτή έγινε καθώς αποτελεί μια από τις πιο χαρακτηριστικές σύγχρονες κατασκευαστικές τεχνολογίες στα «Makerspaces». Η επιλογή μάρκας, έγινε καθώς αποτελεί το μοντέλο που βρίσκεται στο «Makerspace» του τμήματος Πολυμέσων και Γραφικών Τεχνών στο Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου. Ο σχεδιασμός έγινε με τρεις κύκλους εργασίας και προσεγγίζοντας τον με επίκεντρο τον χρήστη (Διάγρ.2). Τέλος, απώτερος στόχος του μέρους αυτού αποτελεί η απάντηση του δεύτερου ερευνητικού ερωτήματος: «Μπορεί μια σχεδιαστική λύση να παρουσιαστεί για την εκπαίδευση σύγχρονων κατασκευαστικών τεχνολογιών σε ανεπίσημα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα όπως τα Makerspaces;».



Διάγραμμα 2: Έρευνα Δράσεις με 3 κύκλους εργασίας

5 Μέρος Α: Κατανόηση των τεχνολογιών:

5.1 Μικτή Πραγματικότητα

Στόχος του προτού κύκλου αποτελεί η δοκιμή και προσωπική έρευνα της «Μικτής Πραγματικότητας» και η εξέταση πιθανού εξοπλισμού που υποστηρίζει αυτή την τεχνολογία. Ο κύκλος αυτός αποτελείται από την προσωπική έρευνα της τεχνολογίας η οποία υποστηρίζεται από την βιβλιογραφική ανασκόπηση, την δοκιμή συσκευών και τα συμπεράσματα τόσο της τεχνολογίας όσο και των συσκευών αλλά και την συζήτηση τους.

Η «Μικτή Πραγματικότητα» αποτελεί την πιο υποσχόμενη τεχνολογία αφού αποτελεί την πιο σύγχρονη τεχνολογία εμπύθισης περιβάλλοντος. Την ίδια στιγμή αυτή η τεχνολογία επιτρέπει την αλληλεπίδραση του πραγματικού κόσμου με τον εικονικό. κάτι που έχει θετικά αποτελέσματα στην εκπαίδευση σύμφωνα με την πιο πάνω βιβλιογραφική ανασκόπηση. Σημειώνεται φυσικά, πως αυτή η τεχνολογία αποτελεί ως μια αναπτυσσόμενη του είδους της καθώς συνεχίζει να βρίσκεται σε πειραματικά στάδια.

5.1.1 Δοκιμή Magic Leap

Συγκεκριμένα, η δοκιμή έχει γίνει με την συσκευή «Magic Leap» (Εικ.11). Το «Magic Leap» αποτελεί ένα σύστημα γυαλιών που υπερθέτει ψηφιακές πληροφορίες στον πραγματικό κόσμο. Τα γυαλιά αυτά ενώνονται σε ένα μικροϋπολογιστή και με την χρήση ενός τηλεχειριστηρίου γίνεται δυνατόν η διάδραση για το ψηφιακό περιεχόμενο που επικοινωνεί με τον πραγματικό κόσμο. Η τεχνολογία αυτή έχει την δυνατότητα να σαρώνει το περιβάλλον για την άντληση χωρικών πληροφοριών που μπορεί στην συνέχεια να χρησιμοποιήσει για μια πιο διαδραστική εμπύθιση του χρήστη. Η δοκιμή της τεχνολογίας αυτής έχει γίνει τόσο με την εξέταση της γραφικής της διεπαφής όσο και με δοκιμές των προ εγκατεστημένων εφαρμογών της.



Εικόνα 11: Συσκευή Μικτής Πραγματικότητας Magic Leap

5.1.2 Αποτελέσματα Magic Leap

Η χρήση της συσκευής αυτής εγκαταλείπεται, παρόλο που αποτελεί την πιο σύγχρονη συσκευή υποστήριξης της τεχνολογίας «XR». Οι λόγοι απορρίψεως αυτής της συσκευής αφορούν την προσιτότητα, την δυσκολία εκμάθησης και τους τεχνολογικούς περιορισμούς. Αρχικά η συσκευή αυτή αποτελεί εξοπλισμό μερικών χιλιάδων ευρώ κάτι που καθιστά

δύσκολη την πρόσβαση της τόσο στους μέσους χρήστες όσο και σε ανεπίσημα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα όπως τα «Makerspaces». Την ίδια στιγμή παρόλο που το «Head Mounted Display» δίνει την δυνατότητα προσαρμογής σε διάφορα μεγέθη κεφαλιών, δύστυχος δεν επιτρέπει την ομαλή χρήση του με άτομα τα οποία έχουν προβλήματα όρασης και χρησιμοποιούν διορθωτικά γυαλιά . Όσον αφορά την δυσκολία εκμάθησης, το σύστημα αυτό αποτελεί από μόνο του ένα είδος «μικροϋπολογιστή» μαζί με το δικό του τηλεχειριστήριο. Απαιτείται λοιπόν, η εξοικείωση αυτής της τεχνολογίας τόσο για τον τρόπο διάδρασης όσο και με την γραφική διεπαφή του. Η εκμάθηση μιας τεχνολογίας για την χρήση της με στόχο την εκμάθηση μιας άλλης τεχνολογίας δεν αποτελεί την ιδανικότερη λύση. Τέλος οι τεχνολογικοί περιορισμοί της συσκευής αυτής αποτελούν ακόμα ένα σημαντικό λόγο εγκατάλειψης της. Αρχικά το πεδίο όρασης του «Head Mounted Display» είναι περιορισμένο στις 40° με αποτέλεσμα να μην επιτυγχάνεται μια ολοκληρωτική εμπύθιση του χρήστη στο περιβάλλον. Πολλές πληροφορίες χάνονται από το πεδίο όρασης του χρήστη καθώς κινείται ή δεν βλέπει απέναντι του. Την ίδια στιγμή η απαιτούμενη χρήση ενός τηλεχειριστηρίου αυτόματα περιορίζει το ένα χέρι του χρήστη για την αλληλεπίδραση του με το πραγματικό περιβάλλον. Σε αυτή την περίπτωση τις σύγχρονες κατασκευαστικές τεχνολογίες που βρίσκονται στα «Makerspaces». Επίσης, η χρήση μιας τέτοιας τεχνολογίας που χρειάζεται την σάρωση του περιβάλλοντος απαιτεί μια σχετικά αρκετή υπολογιστική δύναμη, με αποτέλεσμα να είναι απαραίτητη η χρήση ενός μικροϋπολογιστή (που καρφιτσώνεται στην τσέπη του χρήστη). Τέλος, λόγω αυτού γίνεται η χρήση καλωδίων από τον μικροϋπολογιστή στο «Head Mounted Display» με αποτέλεσμα τα καλώδια να μπλέκονται με τον χρήστη και το πραγματικό περιβάλλον, ενώ παράλληλα η εκτεταμένη χρήση αυτού του εξοπλισμού προκαλεί μια αισθητή θερμότητα του μικροϋπολογιστή. Όλα αυτά δεν συνεισφέρουν σε μια απρόσκοπτη εμπειρία.

5.1.3 Συμπεράσματα

Η χρήση της «Μικτής Πραγματικότητας» όπως αναφέρθηκε και στην πιο πάνω βιβλιογραφική ανασκόπηση όντως δεν βρίσκεται ακόμα σε επίπεδο που μπορεί να προσφερθεί στο καταναλωτικό κοινό. Η χρήση των μεγάλων πακέτων δεδομένων που προκύπτουν από την σάρωση του χώρου απαιτεί αρκετή υπολογιστική δύναμη και την χρήση καλωδίων. Το πρόβλημα αυτό, αναμένουν οι επιστήμονες να λυθεί με την χρήση του «5G» στα επόμενα χρόνια. Τέλος αυτοί οι περιορισμοί δεν καθιστούν ένα γερό έδαφος για τους

παραγωγούς εφαρμογών (app developers) με αποτέλεσμα να μην υπάρχει μια μεγάλη γκάμα εφαρμογών που μπορεί να κάνει αποτελεσματική χρήση αυτής της τεχνολογίας.

Μια παρόμοια τεχνολογία αποτελεί και το «Hollo Lens» (Εικ.12) της «Microsoft». Σε αντίθεση με το «Magic Leap» αυτή η τεχνολογία δεν απαιτεί την χρήση ενός εξωτερικού μικροεπεξεργαστή καθώς γίνεται ενσωματωμένος μέσα στο ίδιο το «Head Mounted Display» του. Παράλληλα η αναγνώριση των χειρονομιών απελευθερώνει τα χέρια του χρήστη. Από την άλλη όμως, καθώς η τεχνολογία αυτή είναι ακόμα σε ένα στάδιο εξέλιξης, η τιμή του κυμαίνεται σε μερικές χιλιάδες ευρώ που κάνει κι αυτή την τεχνολογία μη προσβάσιμη τόσο στους χρήστες όσο και στα «Makerspaces». Τέλος, ακόμα ένα χαρακτηριστικό που μοιράζονται με το «Magic Leap» αποτελεί το πως το πεδίο όρασης του χρήστη εξακολουθεί να είναι περιορισμένο και συγκριτικά πιο μικρό στις μόλις 30°.



(Εικόνα 12: Συσκευή Μικτής Πραγματικότητας Holo Lense)

Μέχρι η τεχνολογία να φτάσει σε επίπεδα που να μπορεί να επεκτείνει το πεδίο όρασης αυτών των συσκευών και να χαμηλώσει το κόστος τους, η χρήση αυτής της τεχνολογίας δεν είναι ιδανική. Θετικά είναι όμως τα βήματα που παίρνει η τεχνολογία αυτή, αφού για πρώτη φορά βλέπουμε την χρήση τεχνολογιών «Lidar» (τεχνολογία μέτρησης απόστασης με laser light) (Εικ.13) σε καταναλωτικές συσκευές όπως το iPhone 12, φυσικά, σε αρχικά στάδια.



Εικόνα 13: Lidar Scanner στο iPhone 12

Παρόλα αυτά, η χρήση της «Μικτής πραγματικότητας» για την δημιουργία ενός ψηφιακού εργαλείου για την εκπαίδευση των σύγχρονων κατασκευαστικών τεχνολογιών ενός «Makerspace» εγκαταλείπεται. Απαιτείται περαιτέρω έρευνα και δοκιμασία προχωρώντας έτσι σε ένα επόμενο κύκλο προσωπικής έρευνας.

5.2 Εικονική Πραγματικότητα

Στόχος του δεύτερου κύκλου προσωπικής έρευνας αποτελεί η δοκιμή και έρευνα της «Εικονικής Πραγματικότητας» και η εξέταση πιθανού εξοπλισμού που υποστηρίζει αυτή την τεχνολογία. Ο κύκλος αυτός αποτελείται από την έρευνα της τεχνολογίας η οποία υποστηρίζεται από την βιβλιογραφική ανασκόπηση, την δοκιμή συσκευών και τα αποτελέσματα τόσο της τεχνολογίας όσο και των συσκευών αυτών καθώς και τα συμπεράσματα τους.

Μεγάλη είναι η αξία της «Εικονικής Πραγματικότητας» καθώς έχει φτάσει σε ένα αρκετά ικανοποιητικό επίπεδο τόσο τεχνολογικά όσο και στον τομέα πρόσβασης. Πολλά είναι τα θετικά που προσφέρει αυτή η τεχνολογία στην εκπαίδευση και την επαγγελματική κατάρτιση όπως αναφέρθηκε παραπάνω στην βιβλιογραφική ανασκόπηση. Η «Εικονική Πραγματικότητα» χωρίζεται σε δύο κατηγορίες. Η δημιουργία ενός εικονικού περιβάλλοντος με την χρήση υλικού 360° (φωτογραφίες και βίντεο) και η άλλη κατηγορία συνθέτη το εικονικό περιβάλλον με τρισδιάστατα γραφικά.

5.2.1 Έξυπνα κινητά τηλέφωνα / Head Mounted Displays

Για την χρήση συσκευών «Εικονικής Πραγματικότητας» (360° Βίντεο / Εικόνες) δεν απαιτεί σχετικά μεγάλη υπολογιστική δύναμη. Για αυτό τον λόγο η πιο προσβάσιμη τεχνολογία αποτελεί η χρήση έξυπνων κινητών τηλεφώνων με την χρήση «Head Mounted Display» για κινητά. Η δοκιμή έχει γίνει με την χρήση ενός κινητού τηλεφώνου μέσα σε ένα «HMD» και με την χρήση μιας εφαρμογή «Εικονικής Πραγματικότητας» 360° Εικόνας και βίντεο.

Τόσο η χρήση έξυπνων κινητών τηλεφώνων όσο και η χρήση των «HMD» (Εικ.14) για κινητά προσφέρουν αρκετά θετικά αλλά και αρνητικά στοιχεία στην εμπειρία. Αρχικά, και τα δύο αποτελούν αρκετά οικεία για τον χρήστη ενώ ταυτόχρονα αποτελούν προσβάσιμες συσκευές τόσο για τους μέσους χρήστες όσο και για τα «Makerspaces». Φυσικά, υπάρχουν κάποιοι τεχνικοί περιορισμοί στις κινητές συσκευές όπως την υποστήριξη των εφαρμογών «Εικονικής Πραγματικότητας» και την ανάγκη απαίτησης εξαρτημάτων όπως γυροσκόπια. Η τεχνολογία όμως, έχει φτάσει αρκετά μπροστά με αποτέλεσμα αυτές οι απαιτήσεις να μην κοστίζουν πολύ. Ένα αρνητικό στοιχείο της χρήσης τέτοιας συσκευής αποτελεί η έλλειψη μιας πιο ενστικτώδης μέθοδος διάδρασης. Ο τρόπος με τον οποίο επιτρέπεται η διάδραση στο «ψηφιακό περιβάλλον» παρέχεται μόνο με την χρήση ενός κουμπιού. Κάτι τέτοιο, μειώνει την εμπάθунση του χρήστη σε σύγκριση με την αναγνώριση χειρονομιών όπως της συσκευής «Hollo Lens».



Εικόνα 14: Εικονική Πραγματικότητα με HMD και έξυπνο κινητό τηλέφωνο

5.2.2 Αποτελέσματα 360° Βίντεο / Εικόνες

Η χρήση της «Εικονική Πραγματικός» με υλικό όπως 360° φωτογραφίες και βίντεο παρόλο που αποτελεί μια ιδανική λύση για την αναπαράσταση ενός πραγματικού περιβάλλοντος, σε αυτή την περίπτωση ένα «Makerspace», έχει τους δικούς του τεχνολογικούς περιορισμούς. Η χρήση του υλικού 360° δεν επιτρέπει την ελεύθερη περιήγηση των χρηστών στο περιβάλλον, καθώς περιορίζονται στο υλικό που παρουσιάζεται εκείνη την στιγμή. Μεγαλύτερο αποτελεί και το πρόβλημα που δεν επιτρέπει τον χρήστη να περιηγηθεί σε βάθος (Άξονα Υ) μέσα στο περιβάλλον. Παράλληλα δεν προσφέρει κάποια δυνατότητα διάδρασης με το ίδιο το περιβάλλον παρά μόνο το ψηφιακό περιεχόμενο που υπερτίθεται όπως κείμενα, εικόνες και βίντεο. Αυτό, συγκρούεται με τις λειτουργικές ανάγκες της λύσης, που απαιτεί την εξοικείωση του χρήστη με τις τεχνολογίες στα «Makerspaces».

5.2.3 Δοκιμή HTC VIVE / OCULUS RIFT

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα ιδανικότερη κατηγορία «Εικονικής Πραγματικότητας» για την έρευνα αυτή αποτελεί η «Εικονική Πραγματικότητα» με 3D γραφικά. Ως εκ τούτου, αρχικά εξετάζονται οι συσκευές Εικονικής Πραγματικότητας όπως Oculus Rift και HTC Vive (Εικ.15 & 16).



Εικόνα 15: HTC VIVE



Εικόνα 16: Oculus Rift

Τόσο το HTC Vive όσο και το Oculus Rift, αποτελούν συστήματα υψηλής ποιότητας «Εικονικής Πραγματικότητας». Την ίδια στιγμή και τα δύο συστήματα προσφέρουν τηλεχειριστήρια και αισθητήρες παρακολούθησης. Αυτό δίνει την δυνατότητα της αναγνώρισης του χρήστη μέσα στο χώρο και την διά δράση του με το εικονικό περιβάλλον. Η δοκιμή των συσκευών έγινε με την χρήση δωρεάν εφαρμογών που βρίσκονται στα ψηφιακά καταστήματα τους αλλά και με το γραφικό σύστημα διεπαφής τους.

5.2.4 Αποτελέσματα HTC VIVE / OCULUS RIFT

Και τα δυο συστήματα παρουσιάζουν αρκετή υπολογιστική δύναμη για το «render» 3D γραφικών υψηλής ποιότητας. Αυτό γίνεται καθώς η χρήση τους γίνεται με την χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών υψηλών προδιαγραφών (VR Ready). Από την μία δημιουργεί ένα αρκετά πιστό ψηφιακό περιβάλλον εμπήθυνσης, ενώ από την άλλη, όμως, αυξάνει το κόστος τους. Αν και τα δύο συστήματα είναι σχετικά πιο φθηνά από τις συσκευές «Μικτής Πραγματικότητας» η απαίτηση ισχυρών υπολογιστών αυξάνει το ολικό τους κόστος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην είναι τόσο προσβάσιμες ως συσκευές για τον μέσο χρήστη. Κατά συνέπεια, οι συσκευές αυτές δεν αποτελούν συσκευές οι οποίες είναι οικείες στον χρήστη, δημιουργώντας την ανάγκη εξοικείωσης τους. Η εξοικείωση απαιτείται να γίνει τόσο στις συσκευές των τηλεχειριστηρίων και τους αισθητήρες παρακολούθησης όσο και με τα γραφικά διεπαφής. Η ανάγκη εκμάθησης μιας συσκευής για την εκμάθηση μιας άλλης, δεν αποτελεί την ιδανικότερη λύση όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Την ίδια στιγμή οι τεχνολογίες αυτές απαιτούν την εγκατάσταση τους σε συγκεκριμένο χώρο όπου οι αισθητήρες παρακολούθησης μένουν σταθεροί. Αυτό απαιτεί από την μεριά του εκπαιδευτικού περιβάλλοντος όπως ένα «Makerspace» την παραχώρηση συγκεκριμένου χώρου για την εγκατάσταση μιας τέτοιας συσκευής. Τόσο το κόστος και η ανάγκη χώρου όσο και η απαιτούμενη εξοικείωση με την τεχνολογία καθιστά αυτές τις συσκευές μη ιδανικές για την δημιουργία ενός ψηφιακού εργαλείου εκπαίδευσης για τις σύγχρονες κατασκευαστικές τεχνολογίες.

5.2.5 Δοκιμή Oculus Go / Oculus Quest

Τα παραπάνω προβλήματα προσπαθούν να λύσουν οι αυτόνομες συσκευές «Εικονικής Πραγματικότητας» όπως Oculus Go και Oculus Quest (Εικ.17 & 18). Και οι δύο συσκευές αποτελούν συστήματα «Εικονικής Πραγματικότητας» που έχουν εγκατεστημένα στο «Head Mounted Display» τους, υπολογιστικό επεξεργαστή. Οι συσκευές δοκιμάστηκαν με δωρεάν εφαρμογές από το ψηφιακό τους κατάστημα καθώς και με την γραφική τους διεπαφή.



Εικόνα 17:Εικονική Πραγματικότητα Oculus GO



Εικόνα 18:Εικονική Πραγματικότητα Oculus Quest

5.2.6 Αποτελέσματα Oculus Go / Oculus Quest

Η φορητότητα και αυτονομία των συσκευών αυτών τις απαλλάσσει από την ανάγκη ενός ακριβού υπολογιστή. Την ίδια στιγμή, οι συσκευές αυτές προορίζονται για τους καταναλωτές με αποτέλεσμα να έχουν χαμηλό κόστος, και να αποτελούν συσκευές οι οποίες είναι γνώριμες στους χρήστες. Την ίδια στιγμή η φορητότητα και αυτονομία που έχουν, απαλλάσσει τα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα στην παραχώρηση συγκεκριμένου χώρου, καθώς δεν χρειάζονται ούτε αισθητήρες κινήσεις. Λόγω όμως των παραπάνω, οι επεξεργαστική τους δύναμη δεν είναι αρκετά ισχυρή για την πιστή αναπαραγωγή ενός ψηφιακού περιβάλλοντος. Παράλληλα η εκτεταμένη χρήση των συσκευών αυτών προκαλεί θερμότητα, κάτι το οποίο μπορεί να

μείωση την ζωή τους καθώς η μπαταρία τους (Lithium-ion battery) είναι επιρρεπής στις υψηλές θερμοκρασίες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μειωμένη εμπύθιση του χρήστη. Αυτές οι συσκευές, προορίζονται για ελαφριά παιχνίδια και παρακολούθηση πολυμεσικού υλικού σε «Εικονικό περιβάλλον». Τέλος λόγω της απουσίας αισθητήρων κίνησης για την ανίχνευση του χρήστη στο περιβάλλον παρατηρείται μια περιορισμένη είτε μηδαμινή αναγνώριση τοποθεσίας του χρήστη, μη επιτρέποντας έτσι τον χρήστη στην απρόσκοπτη περιήγησή του στο ψηφιακό περιβάλλον.

5.2.7 3D Γραφικά

Η χρήση της «Εικονικής Πραγματικότητας» με τρισδιάστατα μοντέλα επιτρέπει στον χρήστη την ελεύθερη περιήγηση στο περιβάλλον και την διάδραση με τον ψηφιακό κόσμο και τα επιμέρους στοιχεία του. Ένα σημαντικό στοιχείο εμπύθυνσης του χρήστη σε περιβάλλοντα όπως αναφέρθηκε παραπάνω στην βιβλιογραφική ανασκόπηση, αποτελεί η πιστότητα του περιβάλλοντος που ταυτίζεται με το πραγματικό. Δηλαδή σε ποιο βαθμό το ψηφιακό περιβάλλον μπορεί να προκαλέσει μια ικανοποιητική εμπάθυνση στον χρήστη. Θετικά είναι τα στοιχεία που προσφέρει η τεχνολογία αυτή για σκοπούς εκπαίδευσης.

5.2.8 Συμπεράσματα

Παρόλο που τα αυτόνομα συστήματα «Εικονικής Πραγματικότητας» προσπαθούν να λύσουν τα προβλήματα των πιο ισχυρών συστημάτων αυτής της τεχνολογίας, έχουν και αυτά τους περιορισμούς τους. Αν και η τεχνολογικοί περιορισμοί δεν ευνοούν τις συσκευές αυτές για την επίλυση του προβλήματος, θετικά αποτελούν τα βήματα με τα οποία εξελίσσεται αυτή τη τεχνολογία. Συγκεκριμένα η εγκατάσταση κάμερας στο «Head Mounted Display» του Oculus Quest προσφέρει την δυνατότητα του χρήστη στο να βλέπει μέσα από το «HMD» του το πραγματικό περιβάλλον. Αυτό ανοίγει δυνατότητες χρήσης μιας τέτοιας συσκευής για την εν αλλαγή της «Επαυξημένη Πραγματικότητα» με την «Εικονική Πραγματικότητα», και πιθανότητα την δημιουργία μιας «Μικτής Πραγματικότητας». Φυσικά, οι κάμερες δεν προσφέρουν κάποια άλλη λειτουργικότητα καθώς δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τις εφαρμογές και βρίσκονται σε ένα αρχικό στάδιο, ενώ παράλληλα είναι χαμηλής ποιότητας μαυρόασπρες. Παράλληλα η πιο καινούργια έκδοση, το Oculus Quest 2 επιτρέπει την μεγαλύτερη καταγραφή κίνησης του χρήστη στο περιβάλλον. Από την άλλη όμως, λόγω των

περιορισμών των συσκευών που αναφέρθηκαν πιο πάνω, η χρήση της «Εικονικής Πραγματικότητας» για την δημιουργία ενός ψηφιακού εργαλείου με στόχο την εκπαίδευση των σύγχρονων κατασκευαστικών τεχνολογιών ενός «Makerspace» εγκαταλείπεται. Απαιτείται περαιτέρω έρευνα και δοκιμασία προχωρώντας έτσι σε ένα επόμενο προσωπικό κύκλο έρευνας.

5.3 Επαυξημένη Πραγματικότητα

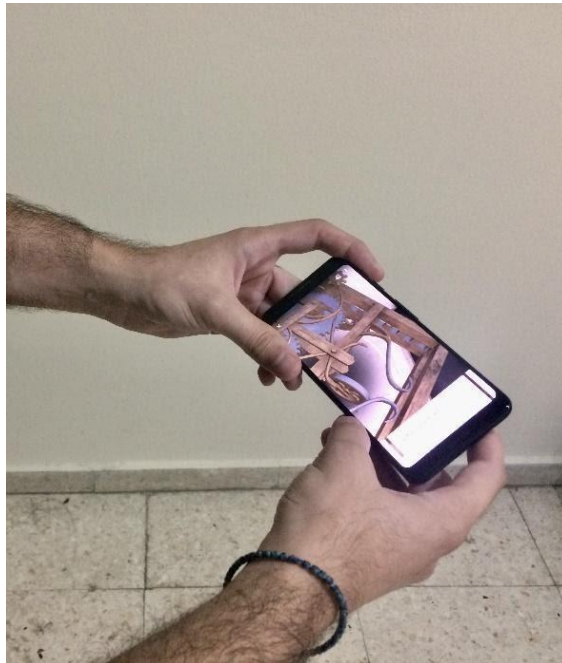
Στόχος του τρίτου κύκλου της προσωπικής έρευνας αποτελεί η δοκιμή και έρευνα της «Επαυξημένης Πραγματικότητας» και η εξέταση πιθανού εξοπλισμού που υποστηρίζει αυτή την τεχνολογία. Ο κύκλος αυτός αποτελείται από την έρευνα της τεχνολογίας η οποία υποστηρίζεται από την βιβλιογραφική ανασκόπηση, την δοκιμή συσκευών και τα αποτελέσματα τόσο της τεχνολογίας όσο και της συσκευής αλλά και τα συμπεράσματα τους.

Σύμφωνα με την βιβλιογραφική ανασκόπηση η «Επαυξημένη Πραγματικότητα» αποτελεί τεχνολογία που προσφέρει αρκετά θετικά τόσο στην εκπαίδευση όσο και στην επαγγελματική κατάρτιση. Αντίθετα με την «Εικονική Πραγματικότητα» η «Επαυξημένη Πραγματικότητα» δίνει την δυνατότητα εκμάθησης στο πραγματικό περιβάλλον. Την ίδια στιγμή μια τέτοια τεχνολογία μπορεί να συνοδευτεί με την χρήση φορητών συσκευών όπως ταμπλέτες και έξυπνα κινητά τηλέφωνα. Παράλληλα, με το πέρασμα του χρόνου έχουν δημιουργηθεί πολλές τεχνικές που μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τεχνολογία αυτή. Αρχικά με την σάρωση πολλαπλών σημείων «markers» γίνεται εφικτή η σάρωση πολλών σημείων στο χώρο κάτι που επεκτείνει τις δυνατότητες εφαρμογή της τεχνολογίας αυτής. Ακόμα μια τεχνική αποτελεί η σάρωση αντικειμένων ή χώρων. Αυτή η τεχνική γίνεται με βάση τρισδιάστατων μοντέλων ή σάρωση ολοκλήρων δωματίων. Με αυτό τον τρόπο γίνεται επιτυχής χρήση της «Επαυξημένης Πραγματικότητας» χωρίς την ανάγκη σημείων «markers». Μια τέτοια τεχνική, γίνεται και σε χρήσεις για εκπαίδευση μηχανημάτων σε επαγγελματικούς χώρους, κάτι που παραλληλίζεται με τον σκοπό αυτής της εργασίας. Ακόμη, η «Επαυξημένη Πραγματικότητα» προσφέρεται και με την σάρωση δισδιάστατων εικόνων αλλά και με γεωγραφική σάρωση. Με την σάρωση δισδιάστατων εικόνων μπορεί να ζωντανέψει κανείς τις εικόνες ενώ με την γεωγραφική σάρωση, την λεγόμενη «GEO AR», δίνει την δυνατότητα στη «Επαυξημένη Πραγματικότητα» να χρησιμοποιηθεί με τη γεωγραφική θέση της συσκευής. Μια τέτοια

χρήση της τεχνολογίας γίνεται για την υπερθέτιση πληροφοριών συνήθως σε τουριστικές ατραξιόν ή άλλους γεωγραφικού χώρους, χωρίς την ανάγκη των «markers».

5.3.1 Έξυπνά Κινητά Τηλέφωνα

Καθώς η «Επαυξημένη Πραγματικότητα» αποτελεί ένα βήμα πίσω από την «Μικτή Πραγματικότητα» οι φορητές συσκευές που υποστηρίζουν αυτή την τεχνολογία αποτελούν και συσκευές «Μικτής Πραγματικότητας». Τόσο το Magic Leap όσο και το Holo Lense έχουν εξεταστεί στους προηγούμενους κύκλους εργασίας και έχουν εγκαταλειφθεί. Από την άλλη, η «επαυξημένη πραγματικότητα» δεν απαιτεί την σάρωση πολλαπλών χωρικών στοιχείων του πραγματικού περιβάλλοντος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την δυνατότητα χρήσης αυτής της τεχνολογίας από φορητές συσκευές όπως έξυπνα τηλέφωνα και ταμπλέτες(Εικ.19). Η δοκιμή, λοιπόν, έχει γίνει με την χρήση εφαρμογών «επαυξημένης πραγματικότητας» με ένα έξυπνο κινητό τηλέφωνο.



**Εικόνα 19:Επαυξημένη Πραγματικότητα
Έξυπνο Κινητό Τηλέφωνο**

5.3.2 Αποτελέσματα Έξυπνου Κινητού Τηλεφώνου

Οι συσκευές που υποστηρίζουν την «Εικονική Πραγματικότητα» όπως «έξυπνα» κινητά τηλέφωνα και ταμπλέτες αποτελούν συσκευές γνώριμες στους χρήστες και αρκετά προσιτές οικονομικά. Την ίδια στιγμή η τεχνολογία αυτή με την χρήση τέτοιων συσκευών απαλλάσσει τον χρήστη από την ανάγκη χρήσης ενός ειδικά διαμορφωμένου τηλεχειριστήριου. Η απουσία τέτοιου τηλεχειριστήριου, απελευθερώνει το χέρι του χρήστη για να δια δράσει με τον πραγματικό κόσμο. Τέλος, η μόνη τεχνική προϋπόθεση των συσκευών για την υποστήριξη τέτοιας τεχνολογίας αποτελεί η χρήση κάμερας, χαρακτηριστικό το οποίο στο 2020 είναι αρκετά διαδεδομένο. Τόσο η προσιτή τιμή, όσο και η οικειότητα που έχουν οι χρήστες για αυτές τις συσκευές τις καθιστά ως ιδανικές συσκευές για την εκπαίδευση σε ανεπίσημα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα όπως τα «Makerspaces».

5.3.3 Αποτελέσματα Επαυξημένης Πραγματικότητας

Τόσο λοιπόν η τιμή όσο και η οικειότητα του χρήστη με την τεχνολογία αποτελούν ως κύρια χαρακτηριστικά της προσβασιμότητας αυτής της τεχνολογίας. Την ίδια στιγμή, μια μεγάλη γκάμα από πακέτα παραγωγής εφαρμογών (AR kit) «επαυξημένης πραγματικότητας» όπως το WikiTude το ARCore και Vuforia, προσφέρουν στην προσβασιμότητα της τεχνολογία αυτής και στους παραγωγούς εφαρμογών. Τέλος, η χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας δεν απαιτεί ισχυρή υπολογιστική δύναμη ενώ το μόνο που απαιτείται είναι μια κάμερα, κάτι που όλες οι σύγχρονες συσκευές έχουν. Όλα αυτά συνθέτουν μια θετική εικόνα για την τεχνολογία αυτή.

5.3.4 Συμπέρασμα Επαυξημένης Πραγματικότητας

Για τους παραπάνω λόγους, τόσο τα θετικά στοιχεία που προσφέρει στην εκπαίδευση σύμφωνα με την πιο πάνω βιβλιογραφική ανασκόπηση όσο και με της ποικιλίες τεχνικών εφαρμογής, αποτελούν θετικά στοιχεία για την χρήση της. Την ίδια στιγμή η προσβασιμότητα των συσκευών έρχεται να υποστηρίξει όλα αυτά καθιστώντας την ως ιδανική για την δημιουργία ενός ψηφιακού εργαλείου εκπαίδευσης. Τόσο η τεχνολογία όσο και η συσκευή υποστήριξης της επιτρέπουν την έναρξη σχεδιασμού του εργαλείου στον επόμενο κομμάτι έρευνας.

6 Μέρος Β: Σχεδιασμός και αξιολόγηση εργαλείου

6.1 Κύκλος εργασίας 1

Στόχος του 1ου κύκλου εργασίας αποτελεί η σχεδίασή ενός ψηφιακού εργαλείου εκπαίδευσης σύγχρονων κατασκευαστικών τεχνολογιών. Ο κύκλος αυτός αποτελείται από τον σχεδιασμό του εργαλείου, συνεχίζει με ποιοτικές συλλογές δεδομένων χρησιμοποιώντας τα εργαλεία της συνέντευξης και τις δοκιμές χρηστών. Τέλος, ακολουθεί μια αξιολόγηση των δεδομένων και τα αποτελέσματα του.

Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα των προηγούμενων κύκλων, η τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί ως κύριο χαρακτηριστικό αποτελεί την «Επαυξημένη Πραγματικότητα» η οποία θα γίνεται μέσα από την χρήση ενός έξυπνου κινητού τηλεφώνου. Τόσο η χρήση της τεχνολογίας αυτής όσο και της συσκευής γίνεται καθώς αποτελούν τα ιδανικότερα εργαλεία τόσο σε προσβασιμότητα, λειτουργικότητα αλλά και των τεχνολογικών απαιτήσεων.

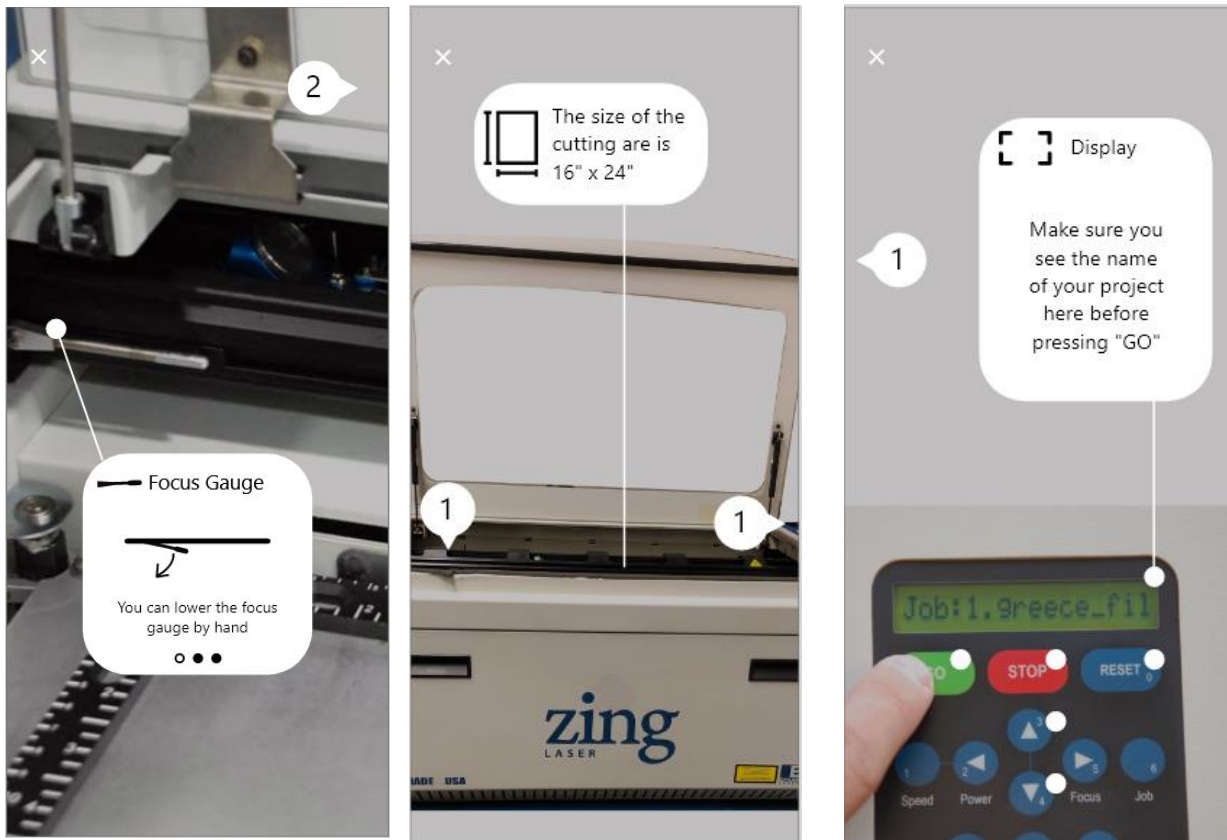
6.1.1 Κύρια Σχεδιαστική ιδέα

Η κύρια σχεδιαστική ιδέα του εργαλείου αυτού αποτελεί μια εφαρμογή όπου με την χρήση της «Επαυξημένης Πραγματικότητας» γίνεται η δυνατότητα εκπαίδευσης του χρήστη στις σύγχρονες κατασκευαστικές τεχνολογίες τόσο σε ανεπίσημα περιβάλλοντα εκπαίδευσης όπως τα «Makerspaces».

Η εφαρμογή αυτή θα υποστηρίζει μια γκάμα σύγχρονων κατασκευαστικών τεχνολογιών που μπορεί κανείς να βρει σε «Makerspaces». Παρόλα αυτά, σε αυτή την έρευνα θα αναπτυχθεί μέχρι τα διαδραστικά πρωτότυπα υψηλής πιστότητας για την εκπαίδευση του συστήματος κοπής και χάραξης «Laser Cutter». Το λογισμικό δημιουργίας του πρωτότυπου αποτελεί το λογισμικό Adobe XD.

Η εφαρμογή με στόχο την εισαγωγή του συστήματος κοπής «Laser Cutter» σε ένα νέο χρήστη γίνεται με την εξερεύνηση του μηχανήματος σαρώνοντας το με την κάμερα του κινητού και χρησιμοποιώντας «Επαυξημένη Πραγματικότητα». Η ιδέα της εξερεύνησης προέρχεται από την βιβλιογραφική ανασκόπηση καθώς οι τεχνολογίες XR (σε αυτή την περίπτωση η «Επαυξημένη Πραγματικότητα») δίνουν την ευκαιρία ενεργής εξερεύνησης με τον ρυθμό ταχύτητας του κάθε χρήστη προσφέροντας θετικά αποτελέσματα στους εκπαιδευτικούς στόχους. Καθώς ο χρήστης σαρώνει το «Laser Cutter» η εφαρμογή ξεκινά να υπερθέτει

ψηφιακές κουκίδες σε «σημεία-κλειδιά» του πραγματικού περιβάλλοντος (σε αυτή την περίπτωση, μέρη τους «Laser Cutter» με τα οποία χρειάζεται να γνωρίζει για την χρήση του). Πατώντας τις κουκίδες αυτές, ο χρήστης μπορεί να μάθει περισσότερο τόσο για το τι κάνει το κάθε κομμάτι του μηχανήματος αυτού, αλλά και πως μπορεί να το χρησιμοποιήσει καθώς υπερθέτονται ψηφιακά πάνω από το πραγματικό περιβάλλον. Τέλος, με την υπερθέτιση των αριθμητικών «bubble» ο χρήστης ενημερώνεται για τα οποιαδήποτε άλλα σημεία που μπορεί να εξερευνήσει, τα οποία δεν βρίσκονται στο οπτικό πεδίο της κάμερας (Εικ.20).



Εικόνα 20:Προτότυπο εργαλείου – 1^{ος} Κύκλος Σχεδιασμού

6.1.2 Συλλογή Ποιοτικών Δεδομένων

Για την συλλογή δεδομένων χρησιμοποιείται της συνέντευξης. Στόχος, η συλλογή ποιοτικών δεδομένων για την απάντηση των ερευνητικών ερωτημάτων αλλά και για την βελτιστοποίηση του εργαλείου και την εξέταση πιθανών άλλων λειτουργικών απαιτήσεων που πρέπει να συμπεριληφθούν σε αυτό.

6.1.2.1 Δοκιμές χρηστών

Το δείγμα είναι σκόπιμο. Πρόκειται για δύο φοιτητές που είτε είχαν έρθει σε επαφή με τέτοιου είδους τεχνολογίες στο παρελθόν είτε δεν γνωρίζουν τίποτα για αυτές. Ο λόγος είναι για την άντληση πληροφοριών από χρήστες που έχουν κάποια επίγνωση της τεχνολογίας αλλά και άντληση πληροφοριών από άτομα που πρώτη φορά έρχονται σε επαφή με κάτι τέτοιο.

6.1.2.2 Συνέντευξη

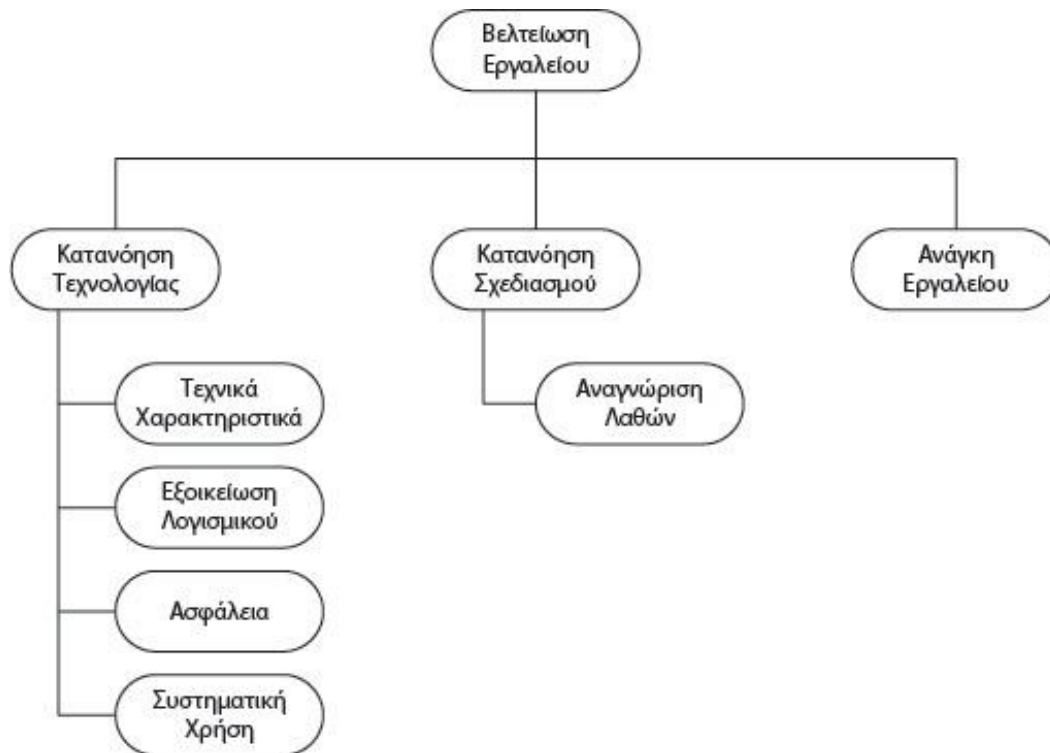
Ο Συμμετέχοντας ήταν ειδικό εκπαιδευτικό προσωπικό Πανεπιστημίου και διαχειριστή Πανεπιστημιακού Makerspace καθώς και ιδρυτή ιδιωτικού Makerspace. Οι εικοσαετή εμπειρία του δείγματος σε επίσημα και ανεπίσημα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα όπως ανώτατα εκπαιδευτικά ιδρύματα και Makerspace αλλά και σύγχρονες κατασκευαστικές τεχνολογίες την καθιστούν ως ιδανική για την διεξαγωγή της συνέντευξης.

6.1.2.3 Συλλογή δεδομένων και ανάλυση συνέντευξης

Στόχος της συνέντευξης αυτή, είναι η άντληση προδιαγραφών που ιδανικά ένα ψηφιακό εργαλείο θα πρέπει να προσφέρει σύμφωνα με ειδικό εκπαιδευτικό προσωπικό σε επίσημους χώρους εκπαίδευσης όπως τα Makerspaces. Την ίδια στιγμή αποτελεί και ευκαιρία ανατροφοδότησης σχετικά με την πρώτη σχεδιαστική λύση του τέταρτου κύκλου εργασιών.

Με το πέρας της συνέντευξης η συμμετέχοντας έφερε στην επιφάνεια αρκετά στοιχεία τα οποία θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και να ενταχθούν στον σχεδιασμό του επόμενου κύκλου.

6.1.2.4 Εννοιολογικός Χάρτης Συνέντευξης



Διάγραμμα 3: Εννοιολογικός Χάρτης Συνέντευξης – 1^{ος} Κύκλος

6.1.3 Ευρήματα συλλογής ποιοτικών δεδομένων

6.1.3.1 Ευρήματα Δοκιμές Χρηστών

Θετικά αποτελούν τόσο τα σχόλια όσο και οι αντιδράσεις των συμμετεχόντων. Αξιοσημείωτο αποτελεί ο ενθουσιασμός των χρηστών για την χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας κατά την χρήση της εφαρμογής. Τόσο η σχεδιαστική προσέγγιση της εξερεύνησης όσο και η εμφάνιση φαίνεται να είχαν θετική επιρροή στους χρήστες. Παρατηρήθηκε έντονη χρήση του «αριθμητικού bubble» που αποδεικνύει την χρησιμότητα του αφού η χρήση του επαναλαμβάνεται. Ωστόσο, σχολιάστηκε πως δεν υπάρχει η επεξήγηση του λογισμικού αυτής της σύγχρονης κατασκευαστικής τεχνολογίας, που θεωρούσαν πως είναι εξίσου σημαντικό.

6.1.3.2 *Ευρήματα Συνέντευξης*

Απαραίτητη είναι η ανάγκη του εργαλείου να προσφέρει μια πλήρη τεχνολογική κατανόηση της σύγχρονης κατασκευαστικής τεχνολογίας. Αυτό, μπορεί να επιτευχθεί με την ενημέρωση των τεχνικών χαρακτηριστικών της τεχνολογίας όπως η ακρίβεια κοπής, και το πληκτρολόγιο του.

[“... Δηλαδή, η ακρίβεια του laser είναι 0,001mm ενώ το cnc είναι 3mm... / ...δηλαδή το βάζω πάνω στο keypad του laser, και μου θυμίζει τι κάνουν...”]

Παράλληλα η εξοικείωση της τεχνολογίας είναι σημαντικό να επιτευχθεί και στο λογισμικό επίπεδο. Κάτι το οποίο παρατηρήθηκε και στην προηγούμενη συλλογή δεδομένων. Το λογισμικό αποτελεί το εργαλείο με το οποίο καθίσταται δυνατή η χρήση της τεχνολογίας ενώ επιτρέπει τον χρήστη να αλλάξει τις οποιεσδήποτε προδιαγραφές απαιτείται για τον σχεδιασμό του.

[“Το interface του κάθε συστήματος είναι διαφορετικό, οπότε δεν μπορεί επειδή ξέρεις να χειρίζεσαι ένα laser cutter να δοκιμάσεις ένα άλλο (άλλη μάρκα) πάντα, μάλλον σχεδόν ποτέ...”]

Σημαντικό επίσης αποτελεί και η ένταξη πληροφοριών ασφαλείας καθώς αυτές οι τεχνολογίες με λανθασμένη χρήση αποτελούν επικίνδυνα εργαλεία. Οπότε σημαντικό στοιχείο αποτελούν τα μέτρα που πρέπει να παίρνεις.

[“...Να φορούν τα προστατευτικά γυαλιά, τα γάντια τους, και να μην βλέπεις κατευθείας στην ακτίνα...”]

Όσον αφορά την κατανόηση της τεχνολογίας αυτής, η συμμετέχον τονίζει πως η συστηματική χρήση της τεχνολογίας αποτελεί κλειδί στην πλήρη εξοικείωση του χρήστη.

[“...αλλά αν θες να κάνεις έπιπλα ή προϊόντα θες πολλές δοκιμές.../Σίγουρα η χρήση της. Η επαναλαμβανόμενη.”]

Ακόμα ένα σημαντικό στοιχείο για τον επιτυχή σχεδιασμό ενός τέτοιου εργαλείου αποτελεί το πως μπορεί να βοηθήσει τον χρήστη να κατανοήσει τον τρόπο σχεδιασμού. Τόσο η εξοικονόμηση χρόνου αλλά και υλικού πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στην διαδικασία σχεδιασμού. Την ίδια στιγμή ένα από τα πιο σημαντικά προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι νέοι χρήστες σύμφωνα με την συμμετέχον είναι το πως να αντιλαμβάνονται το τι θα κοπεί και τι όχι (θετικό / αρνητικό).

[“..Καταρχήν το να μπορέσεις να τοποθετήσετε τα σχήματα πιο κοντά για να έχεις όσο πιο πολύ γίνεται λιγότερο αποκόμματα.../Σίγουρα, και θα ξεκινήσει να ψάχνει τρόπους να εξοικονομεί χρόνο γιατί όλη η ιστορία με αυτές τις τεχνολογίες (ειδικά με το 3d Printing) είναι το πόσο πολύ μπορείς να το περιμένεις.../Πρέπει να ξέρεις πως λειτουργεί από την ώρα που σχεδιάζεις.../Νομίζω το πρώτο πράγμα που πρέπει να καταλάβεις είναι το τι αφήνει πίσω και που είναι το χρήσιμο..”]

Τέλος, θετικά αποτελούν τα σχόλια της συμμετέχοντας για την χρήση της «Επαυξημένης Πραγματικότητας» στην εκπαίδευση σύγχρονων κατασκευαστικών τεχνολογιών στα «Makerspace». Σύμφωνα με την συμμετέχοντα παρατηρείται μεγάλη ανάγκη για την χρήση ενός τέτοιου εργαλείου.

[.“Όποτε αυτό πιστεύω θα ήταν πάρα πολύ χρήσιμο τώρα που το σκέφτομαι, αν περνούσε μέσα σε “επαυξημένη πραγματικότητα../Ναι, ναι. Σίγουρα. Αυτό που βλέπω εδώ θα είναι πάρα πολύ βοηθητικό../ Οπότε αν είχα ένα τέτοιο εργαλείο θα μάθαινα από την πρώτη.../... Αυτό νομίζω θα ήταν πολύ σημαντικό! Είναι ένα πρόβλημα που υπάρχει και στην βιομηχανία.../...Σκέφτομαι πως μέχρι να εξασκηθείς, πως ναι θα θέλεις να το δεις 5 με 6 φορές με την “Επαυξημένη πραγματικότητα” δηλαδή το βάζω πάνω στο keypad του laser, και μου θυμίζει τι κάνουν. Οπότε εξοικειώνομαι πολύ πιο γρήγορα. Ίσως και για ποιο μικρούς, μιας και τώρα είναι πιο δημοφιλείς και για δωδεκάχρονα.”]

6.1.4 Αποτελέσματα 1^{ου} Κύκλου εργασιών

Τα αποτελέσματα του 1ου κύκλου αποτελούν θετικά, που αποδεικνύει την σωστή προσέγγιση της σχεδιαστικής λύσης αυτής. Θετικά αποτελούν τα ποιοτικά δεδομένα που συλλέχθηκαν τα οποία ξεκινούν να υποδεικνύουν προς την απάντηση των ερευνητικών ερωτημάτων.

Παράλληλα ενθουσιώδης παρατηρείτε η αντίδραση των δειγμάτων για την σχεδιαστική προσέγγιση που συνδυάζει τις «XR» τεχνολογίες μαζί με τις σύγχρονες κατασκευαστικές τεχνολογίες στα «Makerspaces». Παρόλα αυτά, σημαντική αποτελεί η έλλειψη δύο λειτουργικών αναγκών του εργαλείου. Πρώτον η ανάγκη ένταξης του λογισμικού στο εργαλείο και δεύτερον η δημιουργία μιας πιο ενεργής εμπειρίας όπου ο χρήστης καλείται να χρησιμοποιήσει ουσιαστικά το «Laser Cutter». Στόχος αυτών των λειτουργιών είναι η εξοικείωση του χρήστη με το λογισμικό αλλά και η μάθηση μέσω της εμπειρίας ούτως ώστε να μπορεί ο χρήστης να μάθει μέσα από την εκτεταμένη χρήση του τόσο την συσκευή όσο και την σχεδιαστική λογική. Για τους παραπάνω λόγους ακολουθεί ο επανασχεδιασμός του εργαλείου αυτού στον επόμενο κύκλο εργασιών.

6.2 Κύκλος Εργασίας 2

Στόχος του 2ου κύκλου αποτελεί η περεταίρω σχεδίασή και βελτίωση του ψηφιακού εργαλείου που σχεδιάστηκε στον προηγούμενο κύκλο με απώτερο στόχο την απάντηση των ερευνητικών ερωτημάτων και την βελτιστοποίηση του τελικού εργαλείου. Ο κύκλος αυτός αποτελείται από την περεταίρω σχεδίαση του εργαλείου, συνεχίζει με ποιοτικές συλλογές δεδομένων χρησιμοποιώντας τα εργαλεία της συνέντευξης και τις δοκιμές χρηστών. Τέλος, ακολουθεί μια αξιολόγηση των δεδομένων και τα αποτελέσματα του.

6.2.1 Περεταίρω Σχεδίαση

Σύμφωνα με τα δεδομένα που αντλήθηκαν στον προηγούμενο κύκλο, το εργαλείο βελτιώθηκε, προσθέτοντας έτσι το κομμάτι του λογισμικού. Δηλαδή, με το που σαρώνει ο χρήστης την οθόνη και η κάμερα αναγνωρίζει το λογισμικό, ξεκινούν να υπερθέτονται ψηφιακά κουκίδες πάνω από κάθε μέρος του προγράμματος. Αυτό δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να

διαδράσει ψηφιακά και να εμφανίσει πληροφορίες με τις οποίες μπορεί να μάθει και να εξοικειωθεί με το ίδιο το λογισμικό (Εικ.21). Η ίδια λογική εφαρμόζεται όπως εφαρμόστηκε και με το μηχάνημα.



Εικόνα 21:Προτότυπο εργαλείου – 2^{ος} Κύκλος Επανασχεδιασμού

Την ίδια στιγμή μέσα από τις συλλογές δεδομένων κατανοείται πως μια πιο βελτιστοποιημένη εμπειρία μάθησης είναι η δημιουργία καθοδηγούμενης διαδικασίας. Στον καινούριο επανασχεδιασμό επίσης προσθέτετε και το κομμάτι «βήμα προς βήμα». Αυτό το κομμάτι αποτελεί μια καθοδηγούμενη διαδικασία χρήσης, όπου η εφαρμογή υπερθέτει ψηφιακά πάνω στον πραγματικό κόσμο διάφορες ψηφιακές οδηγίες για το πως να χρησιμοποιήσει ο χρήστης

την τεχνολογία αυτή στον πραγματικό χρόνο. Στόχος είναι η εξοικείωση του χρήστη με τα βήματα της διαδικασίας χρήσης του συστήματος αυτού. Τέλος, η εφαρμογή αυτής της σχεδιαστικής λύσης αντλείται από την βιβλιογραφική ανασκόπηση, καθώς η «Επαυξημένη πραγματικότητα» δίνει την δυνατότητα τεμάχισης και ελεγχόμενης καθοδήγησης μιας διαδικασίας (Εικ.22).



Εικόνα 22:Προτότυπο εργαλείου – 2^{ος} Κύκλος Επανασχεδιασμού

6.2.2 Συλλογή Ποιοτικών Δεδομένων

Για την συλλογή δεδομένων χρησιμοποιείται το εργαλείο συνέντευξης. Στόχος, η συλλογή ποιοτικών δεδομένων σχετικά με την εκπαιδευτική κατεύθυνση για την απάντηση του ερευνητικού ερωτήματος αλλά και για την βελτιστοποίηση του εργαλείου και την εξέταση πιθανών άλλων λειτουργικών απαιτήσεων που πρέπει να συμπεριληφθούν σε αυτό όσον αφορά το εκπαιδευτικό κομμάτι.

6.2.2.1 Δοκιμές Χρηστών

Το δείγμα είναι σκόπιμο. Πρόκειται για δύο φοιτητές που είτε είχαν έρθει σε επαφή με τέτοιου είδους τεχνολογίες στο παρελθόν είτε δεν γνωρίζουν τίποτα για αυτές. Ο λόγος είναι για την άντληση πληροφοριών από χρήστες που έχουν κάποια επίγνωση της τεχνολογίας αλλά και άντληση πληροφοριών από άτομα που πρώτη φορά έρχονται σε επαφή με κάτι τέτοιο.

6.2.2.2 Συνέντευξη

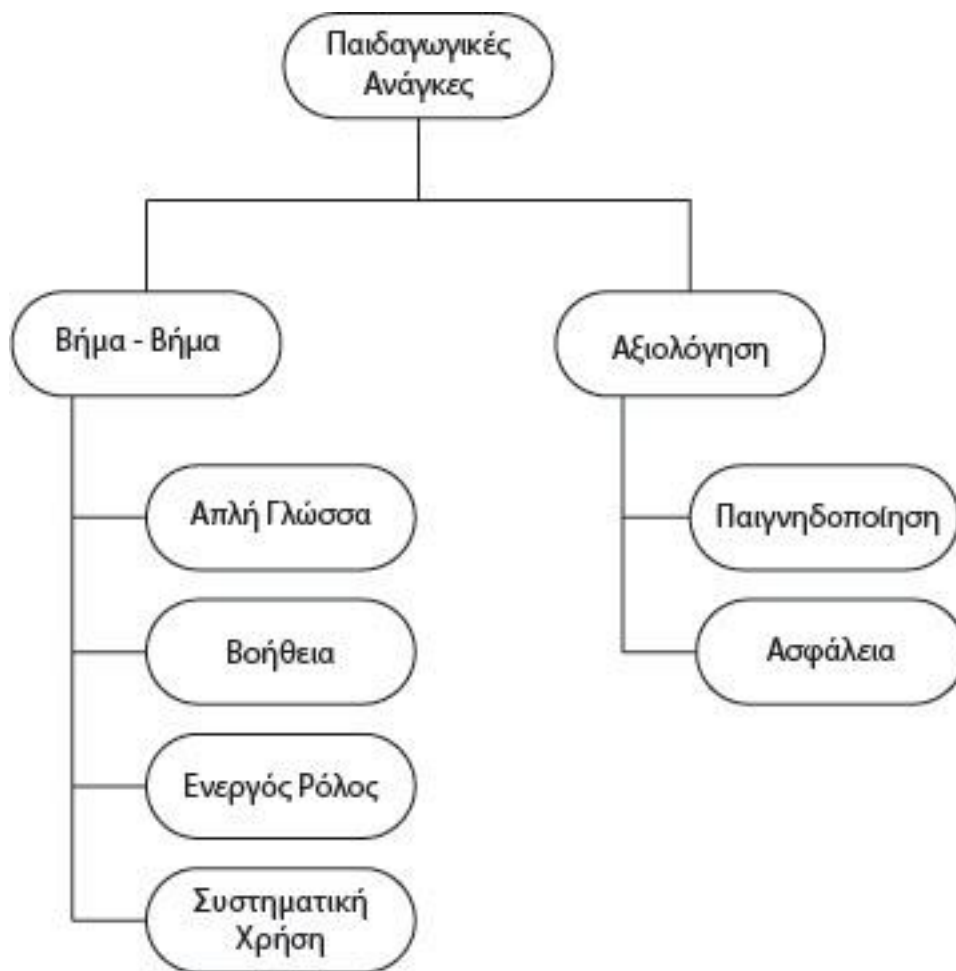
Ο συμμετέχοντας ήταν εκπαιδευτικός με ερευνητικές δραστηριότητες σε «Makerspaces». Τόσο το εκπαιδευτικό ιστορικό του δείγματος όσο και οι ερευνητικές του δραστηριότητες στα «Makerspaces» το καθιστούν ως ιδανικό για την διεξαγωγή της συνέντευξης για την άντληση παιδαγωγικών πληροφοριών.

6.2.2.3 Συλλογή δεδομένων και ανάλυση συνέντευξης

Στόχος της συνέντευξης αυτή, είναι η άντληση στοιχείων στον παιδαγωγικό άξονα για την επιτυχή των εκπαιδευτικών στόχων του εργαλείου. Την ίδια στιγμή αποτελεί και ευκαιρία ανατροφοδότησης του καινούριου σχεδιασμού της εφαρμογής.

Με την συνέντευξη του εκπαιδευτικού αντλήθηκαν πολύτιμες πληροφορίες για τον εκπαιδευτικό άξονα ο οποίος επιστράφηκε γύρω από δύο θεματολογίες. Την ιδεολογία του σχεδιασμού «βήμα προς βήμα» και την αξιολόγηση μέσω της παιγνιδοποίησης.

6.2.2.4 Εννοιολογικός Χάρτης Συνέντευξης



Διάγραμμα 4: Εννοιολογικός χάρτης συνέντευξης – 2ος Κύκλος
Επανασχεδιασμού

6.2.3 Ευρήματα συλλογής ποιοτικών δεδομένων

6.2.3.1 Ευρήματα δοκιμές χρηστών

Η παρατήρηση στις δοκιμές χρηστών της εφαρμογής έχει ως στόχο, την εξέταση των σχεδιαστικών αλλαγών που έχουν γίνει σε αυτό τον κύκλο εργασιών. Την ίδια στιγμή μέσα από την παρατήρηση αντλήθηκαν και πληροφορίες για την βελτιστοποίηση της ευχρηστίας και εμπειρίας του χρήστη.

Παρατηρείται πως τα δείγματα με την καινούρια εισαγωγή του λογισμικού προγράμματος της μηχανής έχουν περισσότερη αυτοπεποίθηση. Θετική αποτελεί επίσης και η στάση τους

απέναντι στο δεύτερο μέρος της εφαρμογής. Αφού κλήθηκαν να ακολουθήσουν βήμα προς βήμα την διαδικασία κοπής με το «laser cutter» παρατηρήθηκε πως σε κάποια σημεία οι χρήστες μπορούσαν να αναγνωρίσουν τα μέρη της τεχνολογίας ενώ σε κάποια άλλα όχι. Ενδιαφέρον αποτελεί το πως αυτό το φαινόμενο παρατηρήθηκε σε όλα τα δείγματα αλλά σε διαφορετικά σημεία. Αυτό, έκανε τους χρήστες να ξανά επιστρέψουν στο εισαγωγικό κομμάτι για να ξαναδούν αυτά που δεν αναγνώρισαν.

6.2.3.2 Ευρήματα Συνέντευξης

Αρκετά θετικά χαρακτήρισε η συμμετέχοντας την χρήση της ενεργής δράσης του χρήστη, μέσω βημάτων. Φυσικά η σύσταση χρήσης της απλής γλώσσας αλλά και την χρήση «hints» για βοήθεια θα πρέπει να ληφθούν υπόψη στον περαιτέρω σχεδιασμό της εφαρμογής.

[...Δηλαδή να είσαι ενεργός την ώρα που μαθαίνεις το οτιδήποτε και να χρησιμοποιείς τι αισθήσεις σου και το σώμα σου, η βιβλιογραφία λέει πως μαθαίνεις πολύ πιο καλά και σου μένει στην μακροπρόθεσμη γραμμή. Επόμενος αν ψάξεις από την βιβλιογραφία, θα σου πει πως ο ενεργός ρόλος του εκπαιδευόμενου είναι πολύ πιο σωστός για να μάθει κάτι. Αυτό που είπες με τα βελάκια είναι πολύ σημαντικό/ Να έχεις μικρή πληροφορία σε κάθε βήμα, δηλαδή όντας να είναι βήμα προς βήμα / .. Οπότε να τους έχει βήμα προς βήμα ακούγεται είδη καλό/ Ναι. Σίγουρα βήμα προς βήμα.../ ... Πρέπει να σκεφτείς σίγουρά και κάποιες δυσκολίες που έχει ένα εργαλείο για να τις εντοπίσεις εσύ ο ίδιος για να μπορείς να τα εισάγεις στην εφαρμογή, για να μπορούν να είναι βοηθητικά, like hints or Notos/ Και με γλώσσα την οποία μπορούν να καταλαβαίνουν.]

Επίσης, όσον αφορά την αξιολόγηση μέσω της παιγνιοποίησης δόθηκε μεγάλη βαρύτητα. Η ανάγκη αξιολόγησης του χρήστη τόσο στην εισαγωγή όσο και στην διαδικασία εξοικείωσης του με τα βήματα αποτελούν πολύ σημαντικά. Με την αξιολόγηση επιτυγχάνεται η βεβαίωση του πως όντως οι πληροφορίες απορροφούνται από την χρήστη ενώ ταυτόχρονα τον βάζει στην διαδικασία να σκεφτεί. Την ίδια στιγμή με την χρήση του εργαλείου αξιολόγησης ο χρήστης νιώθει πιο σίγουρος για την χρήση μιας νέας τεχνολογίας κάτι που συνεισφέρει και στην ίδια του την ασφάλεια. Τέλος, σημαντικός είναι ο τρόπος με τον οποίο θα εφαρμοστεί η αξιολόγηση. Η συμμετέχοντας σύστησε πως ο ιδανικότερος τρόπος αξιολόγησης είναι να γίνει σε μικρό μέγεθος για να μην αποτελεί παρεμβατικό εργαλείο στις δράσεις του χρήστη στα

Makerspace. Επίσης, σημαντικό είναι να γίνει μέσω την παιγνιδοποίηση για την καλύτερη προσέγγιση του, και φυσικά η παιγνιδοποίηση του εργαλείου σε γενικό επίπεδο σύμφωνα με την συμμετέχοντα θα έχει θετικά εκπαιδευτικά αποτελέσματα.

[Τώρα για την εισαγωγή ήταν να σου έλεγα να το κάνεις και σαν assessment μετά για να καταλάβει πριν να ξεκινήσει να δουλεύει πάνω στο εργαλείο να βάλεις ένα assessment για να δεις αν κατάλαβε κάποιος σαν παιχνίδι για να απαντήσουν ερωτήσεις. Να το έχουν υπόψη τους και να έχεις σωστές και λάθος απαντήσεις, έτσι ώστε να βάλουν το μυαλό τους να σκεφτεί και να είναι και πιο ελκυστικό για εκείνους να το κάνουν. Τουλάχιστον για να ελέγξουν πως κατάλαβα αυτά που τους έδειξες. / Και σίγουρα το assessment θα χρειαστεί σε αυτή την φάση για να αντιληφθείς αν όντως έχουν καταλάβει το περιεχόμενο. / Αλλά σύντομά , επειδή αν τους έχεις παράπονα, θα είναι intrusive το εργαλείο στην εργασία τους. Φυσικά αφού έχει να κάνει με την εισαγωγή σε ένα εργαλείο είναι σημαντικό να ξέρουν τα βασικά έτσι να μπορούν να προχωρήσουν στην διεκπεραίωση της εργασίας τους. Και με ασφάλεια, που είναι σημαντικό στα Makerspace. / Σίγουρα να το χωρίσεις σε μικρά-μικρά κομματάκια, και αν τους έχεις assessment. / Σημαντικό κομμάτι είναι το assessment για να είναι και οι ίδιοι confident αν χρησιμοποιήσετε το εργαλείο, Σίγουρα όταν καταλαβαίνουν και οι ίδιοι και τους έχεις διαφορετικού τύπου assessment, όπως multiple choice ή να βάλουν σε σωστή σειρά τα βήματα, ή να βρουν ένα συγκεκριμένο κομμάτι εργαλείου. / Σίγουρα όταν είναι σε μια ποιο παιγνιώδεις μορφή θα είναι πολύ πιο ελκυστικό για εκείνους να το κάνουν].

6.2.4 Αποτελέσματα 2^{ου} Κύκλου εργασιών

Σύμφωνα με τα ποιοτικά δεδομένα που αντλήθηκαν σε αυτό τον κύκλο γίνεται ξεκάθαρη η βελτιστοποίηση της εφαρμογής σε σχέση με τον προηγούμενο κύκλο. Παρόλα αυτά, υπάρχουν αρκετά σημεία τα οποία θα πρέπει να ξανασχεδιαστούν ή ακόμα και να προστεθούν για την δημιουργία αυτού του εκπαιδευτικού εργαλείου. Θετικά αποτελούν τα σχολεία μέχρι τώρα τόσο από τους χρήστες όσο και από τους συμμετέχοντες στις συνεντεύξεις. Με την ένταξη πλέον και των εκπαιδευτικών χαρακτηριστικών στον σχεδιασμό, προβλέπεται να δημιουργηθεί ένα πιο ολοκληρωμένο εργαλείο. Τόσο από

τεχνικής πλευράς όσο και από εκπαιδευτικής. Τέλος, με την αφορμή όσον συστήθηκαν αλλά και των αλλαγών, απαιτείται η συνέχεια του σχεδιασμού στον επόμενο κύκλο εργασιών.

6.3 Κύκλος Εργασίας 3

Στόχος του 3ου κύκλου αποτελεί η σχεδιαστική εξέλιξη του ψηφιακού εργαλείου εκπαίδευσης σύγχρονων κατασκευαστικών τεχνολογιών με απώτερο στόχο την απάντηση των ερευνητικών ερωτημάτων. Ο κύκλος αυτός αποτελείται από τον εξελικτικό σχεδιασμό του εργαλείου, συνεχίζει με ποιοτικές συλλογές δεδομένων χρησιμοποιώντας τα εργαλεία της συνέντευξης και τις δοκιμές χρηστών. Τέλος, ακολουθεί μια αξιολόγηση των δεδομένων και ακόλουθος τα αποτελέσματα του.

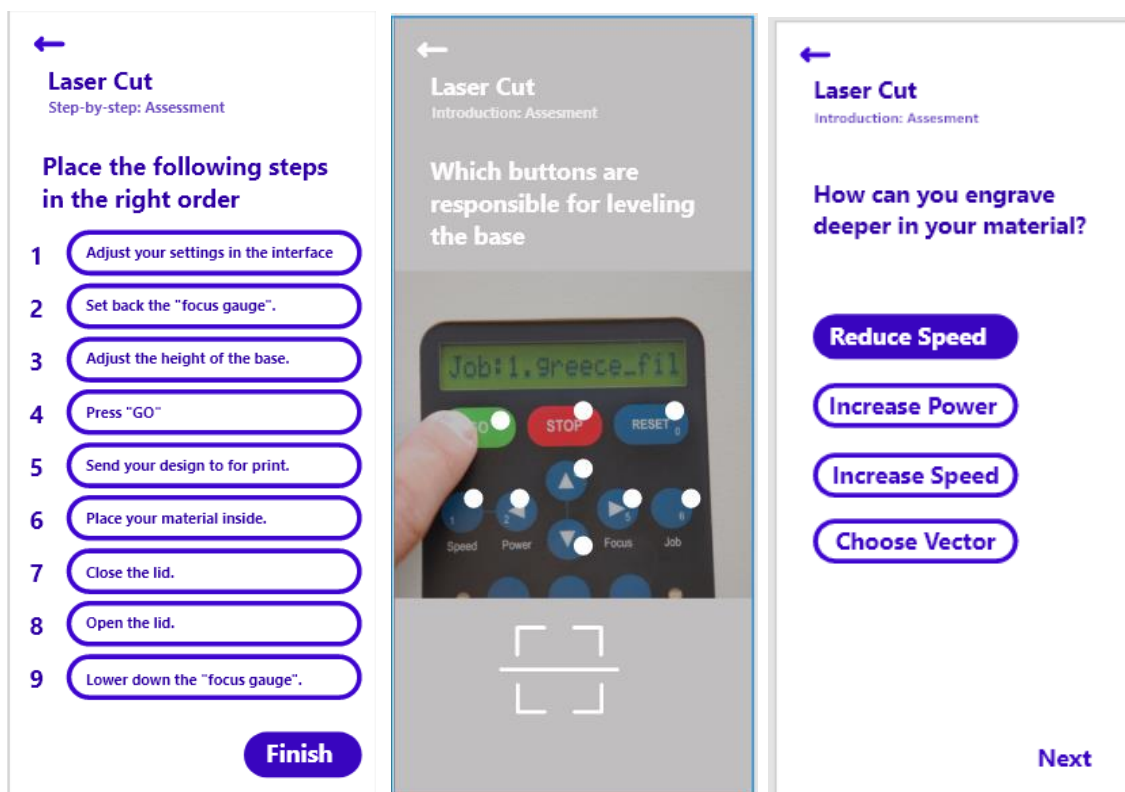
6.3.1 Επανασχεδιασμός

Ο σχεδιασμός στον 3ου κύκλου αποτελείται από 2 μέρη. Ο επανασχεδιασμός τόσο του εισαγωγικού σταδίου όσο και του σταδίου «βήμα-προς-βήμα». Και δεύτερο, ο πρόσθεση ενός τρίτου σταδίου προκλήσεων «challenges». Και οι δύο αυτές σχεδιαστικές αλλαγές χαρακτηρίζονται από την παιγνιοποίηση τους.

Σύμφωνα με τα ποιοτικά δεδομένα που αντλήθηκαν από τον προηγούμενο κύκλο, είναι αδιαμφισβήτητη η ανάγκη αξιολόγησης του πρώτου αλλά και του δεύτερου μέρους εφαρμογής. Για αυτό το λόγο, σχεδιάστηκε ένα τεστ αξιολογήσεις υπό την μορφή παιχνιδιού το οποίο θα εμφανίζεται με το που τελειώνει ο χρήστης την εισαγωγή του. Δηλαδή με το που εξαντλεί όλα τα σημεία εξερεύνησης της «Σύγχρονης κατασκευαστικής τεχνολογίας». Στόχο, έχει την αξιολόγηση του χρήστη στο κατά πόσο έχει μάθει τις πληροφορίες που υπερτίθενται πάνω στα διάφορα σημαντικά σημεία του συστήματος αλλά και τις γενικές πληροφορίες (όπως κανόνες ασφαλείας, τεχνικά χαρακτηριστικά κ.α.). Την ίδια στιγμή η σχεδιαστική αυτή λύση κάνει τον χρήστη να νιώθει πιο βέβαιος και σίγουρος, κάτι που τον βοηθά στο επόμενο βήμα του ψηφιακού εργαλείου εκμάθησης. Τέλος, η αξιολόγηση αυτή έχει ως στόχο να προσφέρει θετικά και στην ασφάλεια του χρήστη, καθώς μειώνει τις πιθανότητες οποιονδήποτε λαθών. Χαρακτηριστικός είναι ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η αξιολόγηση αυτή. Ο χρήστης καλείται να απαντήσει μερικές ερωτήσεις πολλαπλών επιλογών, ενώ στην συνέχεια καλείται να υποδείξει χρησιμοποιώντας την «επαυξημένη πραγματικότητα» διάφορα σημεία της κατασκευαστικής τεχνολογίας. Η αξιολόγηση γίνεται σύντομη για να

μην αποτελεί ως παρεμβατικό κομμάτι στις δράσεις του χρήστη στα «Makerspace». Με την επιτυχή αξιολόγηση του, ο χρήστης ξεκλειδώνει το επόμενο στάδιο του ψηφιακού εργαλείου που αποτελεί το μέρος όπου καθοδηγείται «βήμα-προς-βήμα».

Η ίδια λογική αξιολόγησης εφαρμόζεται και σε αυτό το κομμάτι(Εικ.23). Δηλαδή με το που τελειώνει η όλη διαδικασίας καθοδηγούμενης χρήσης της «σύγχρονης κατασκευαστικής τεχνολογίας» ο χρήστης καλείται να αξιολογηθεί με την μορφή ενός σύντομου μικρού παιχνιδιού. Καθώς στόχος του κομματιού αυτού του κομματιού είναι η εξοικείωση του χρήστη με όλα τα βήματα χρήσης της τεχνολογίας, η άσκηση αξιολόγησης καλεί τον χρήστη να τοποθέτηση σε σωστή σειρά όλα τα βήματα που έχει διδαχθεί τα οποία του δίνονται σε τυχαία σειρά. Με τη επιτυχή αξιολόγηση του, δίνεται πλέον στον χρήστη και η πρόσβαση στο τρίτο κομμάτι του εργαλείου που σχεδιάστηκε σε αυτό τον κύκλο.



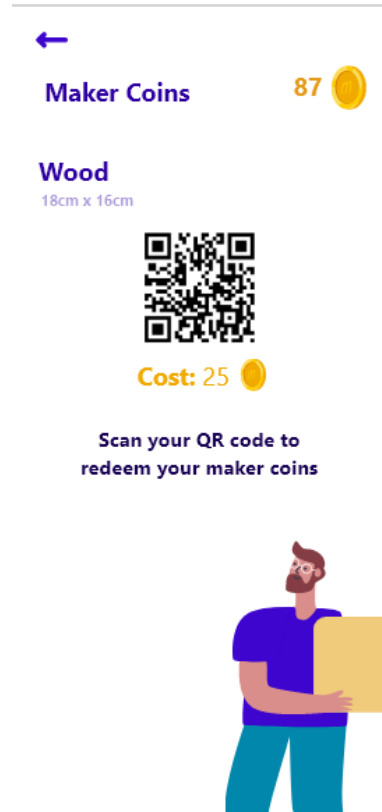
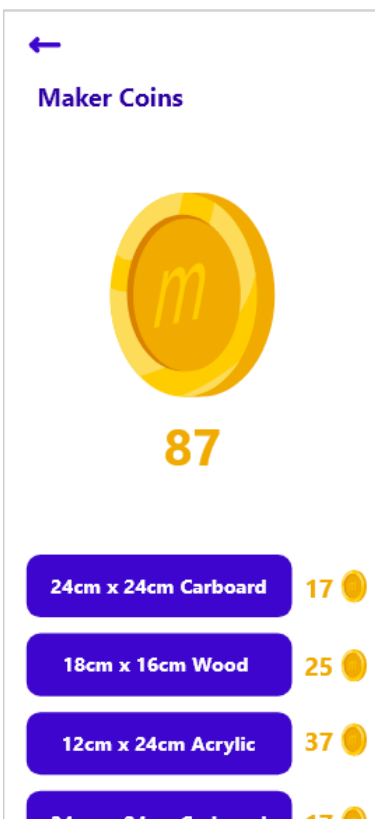
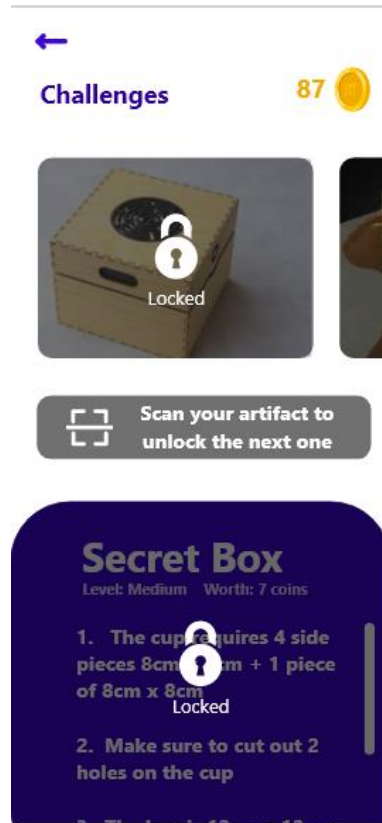
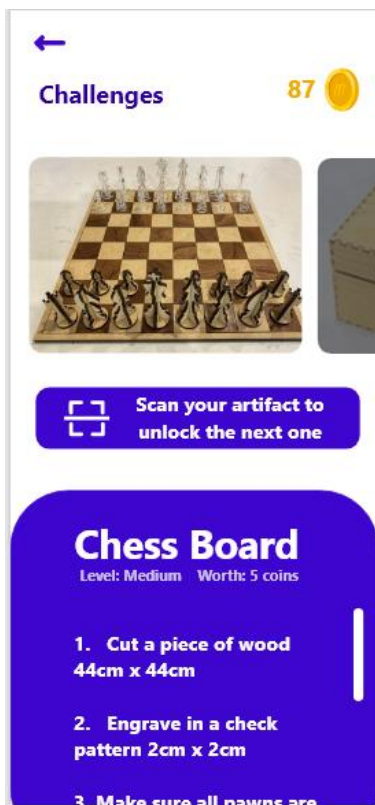
Εικόνα 23:Προτότυπο εργαλείου – 3^{ος} Κύκλος Σχεδιασμού

Το τρίτο κομμάτι του εργαλείου αυτού αποτελεί τις προκλήσεις «challenges». Το κομμάτι αυτό αποτελείται από διάφορες «συνταγές» κατασκευών που γίνονται με την τεχνολογία που προσπαθεί να μάθει. Προσφέρεται τόσο η εικόνα του όσο και τα τεχνικά χαρακτηριστικά αλλά και συμβουλές. Στόχος, του κομματιού αυτού είναι να βάλει τον χρήστη στην διαδικασία να σκεφτεί με τους πόρους που του δίνονται και να διεκπεραιώσει τον σχεδιασμό κατασκευών με απώτερο στόχο να εμβαθύνει στην χρήση της κατασκευαστικής τεχνολογίας και να ξεκινήσει να σκέφτεται με την σχεδιαστική λογική (δηλαδή πως μπορεί με λιγότερα πρώτα υλικά, πιο γρήγορα αλλά και αποτελεσματικά να διεκπεραιώσει ένα έργο). Σύμφωνα με τα ποιοτικά αποτελέσματα, ο καλύτερος τρόπος μάθησης της κάθε τεχνολογίας είναι η συνεχής χρήση της.

Τέλος για να προσελκύσει τον χρήστη, η εφαρμογή του επιτρέπει να ξεκλειδώσει τις επόμενες «συνταγές» κατασκευών εφόσον τις έχει ολοκληρώσει. Με την ολοκλήρωση της κάθε πρόκλησης, ο χρήστης καλείται να σκανάρει με το αυτό το ψηφιακό εργαλείο χρησιμοποιώντας την «επαυξημένη πραγματικότητα» το τελικό του αποτέλεσμα το οποίο αντιλαμβάνεται αν έγινε σωστά. Με την επιτυχή ολοκλήρωση της κατασκευής, ο χρήστης ξεκλειδώνει την επόμενη «συνταγή» (η οποία βρίσκεται σε πιο δύσκολο επίπεδο) ενώ παράλληλα βραβεύεται με «Maker coins».

Τα «Maker coins» αποτελούν ως ανταμοιβή για τον χρήστη ο οποίος μπορεί να συλλέξει ολοκληρώνοντας κατασκευές επιτυχώς με τις «συνταγές» που του δίνονται. Ο χρήστης μπορεί να εξαργυρώσει τα «Maker coins» του στα «Makerspaces» για πρώτες ύλες όπως ξύλα, χαρτόκουτα και ακρυλικά κομμάτια (Εικ.24). Υλικά τα οποία μπορεί να χρησιμοποιήσει για να συνεχίσει να μαθαίνει την σύγχρονη κατασκευαστική τεχνολογία.

Η πρόσθεση και των δύο νέων σχεδιαστικών λύσεων στο εργαλείο περιστρέφονται γύρω από την παιγνιοποίηση της και την αξιολόγηση του υλικού που προσφέρεται.



Εικόνα 24:Προτότυπο εργαλείου – 3^{ος} Κύκλος Σχεδιασμού

6.3.2 Συλλογή Ποιοτικών Δεδομένων

Για την συλλογή δεδομένων χρησιμοποιείται το εργαλείο συνέντευξης. Στόχος, η ανατροφοδότηση τόσο από χρήστες όσο και από ειδικούς για το εργαλείο μέχρι στιγμής, την αποτελεσματικότητα του αλλά και την αξία του.

6.3.2.1 Δοκιμές Χρηστών

Το δείγμα είναι σκόπιμο. Πρόκειται για δύο φοιτητές που είτε είχαν έρθει σε επαφή με τέτοιου είδους τεχνολογίες στο παρελθόν είτε δεν γνωρίζουν τίποτα για αυτές. Ο λόγος είναι για την άντληση πληροφοριών από χρήστες που έχουν κάποια επίγνωση της τεχνολογίας αλλά και άντληση πληροφοριών από άτομα που πρώτη φορά έρχονται σε επαφή με κάτι τέτοιο.

6.3.2.2 Συνέντευξη

Ο συμμετέχοντας ήταν προσωπικό ενός δημόσιου «Makerspace». Με μια εκτεταμένη εμπειρία χρήσης στις σύγχρονες κατασκευαστικές τεχνολογίες όπως το σύστημα κοπής «laser cutter» καθώς και της ερευνητικής τους δραστηριότητας στις XR τεχνολογίες, αποτελεί ως ιδανικό συμμετέχοντα.

6.3.3 Ευρήματα συλλογής ποιοτικών δεδομένων

6.3.3.1 Ευρήματα Δοκιμές Χρηστών

Για πρώτη φορά κατά την παρατήρηση των συμμετεχόντων δεν παρατηρήθηκε πως αντιμετωπίζουν κάποιο πρόβλημα. Ο σχεδιασμός των κομματιών αξιολόγησης παρατηρήθηκε να λειτουργούν θετικά. Αντίθετα με τις προηγούμενες δοκιμές χρηστών, αυτή τη φορά δεν παρατηρήθηκε πως οι χρήστες ξεχνούσαν τις πληροφορίες που υπερθέτονται ή αν ξεχνούσαν, το εργαλείο δεν τους άφηνε να προχωρήσουν με αποτέλεσμα να ξανά περνούσαν από τις πληροφορίες μέχρι την απορρόφηση τους. Την ίδια στιγμή, η χρήση πιο απλής γλώσσας συνέβαλε στην καλύτερη κατανόηση των πληροφοριών. Τέλος, πολύ θετικά αντιμετωπίστηκε το τρίτο κομμάτι «challenges» στο οποίο οι χρήστες έδειξαν ενθουσιασμό.

6.3.3.2 *Ευρήματα Συνέντευξης*

Με την τελευταία συλλογή ποιοτικών δεδομένων έγινε ξεκάθαρη η αποτελεσματικότητα του εργαλείου. Τα σχόλια του συμμετέχοντα ήταν θετικά αφού χαρακτηρίστηκε την εφαρμογή ως ένα καλά δομημένο εργαλείο που σίγουρα θα βοηθήσει στα «Makerspaces».

[Είμαι πολύ ενθουσιασμένος στο πως μπορείς να συνδυαστεί την «Επαυξημένη πραγματικότητα με το laser cutter. / Αρχικά είναι πάρα πολύ ενδιαφέρον η θεματική. Μου άρεσε πάρα πολύ η Τρίτη κατηγορία με τα challenges. Είναι πάρα πολύ ενδιαφέρον, γιατί έτσι είναι σαν να δίνει τροφή για σκέψη στον χρήστη με το να του βάλεις νέες δυσκολίες στο τι μπορείς να κάνεις. Όντως είναι πάρα πολύ καλό που δίνεις στον χρήστη πληροφορία και γενικά τροφή για σκέψη για να φτιάξει πράγματα, πολύ καλό./ Σε μικρή κλίμακα, εξαρτάται από τον οργανισμό. Εμείς συγκεκριμένα με το laser cutter και επειδή είναι μια τεχνολογία σε ένα χώρο που τώρα αρχίζει να δίνει στον κόσμο τεχνολογία και σκέψη στο να δημιουργήσει πράγματα. Δεν υπάρχει τόσο πολύς κόσμος, ειδικά τώρα με τον Κορωναίο, όποτε αν έρθει ένας τώρα που θέλει να φτιάξει αυτό, δεν θα του πω όχι. Δεν υπάρχουν πόλοι χρήστες άρα έχουν πλεονέκτημα αυτή που έρχονται τώρα. / Αλλά αυτό με τα coins είναι πολύ-πολύ ενδιαφέρον στην εφαρμογή. / Το concept πιστεύω πω το έχεις. / Γενικά η ιδέα είναι εξαιρετική Ειδικά για τέτοιο υ είδους τεχνολογίες οι οποίες είναι απίστευτες βοηθητικές για τον χρήστη για τι μπορείς να κάνεις, τα πάντα. / Το πρόβλημα με αυτές τις τεχνολογίες είναι πως είναι πολύ ακριβές , οπότε δύσκολα μπορεί να τις έχει κάποιος σπίτι του, θα πρέπει να πας σε κάποιο χώρο. Που αν πας σε κάποιο χώρο πρέπει να είσαι full προσεκτικός να μην κάνεις κάποια βλακεία και χαλάσεις κάτι στο σύστημα. / Για αυτό είναι όντως πολύ σημαντικό manual που θα σε βοηθάει με κάποια τρόπο. Θα πετύχει είναι πολύ καλό. Ειδικά με την «επαυξημένη πραγματικότητα» που μπορείς στον πραγματικό χώρο να δημιουργήσεις εικονική πληροφορία είτε είναι κείμενο, ήχος, βίντεο. / Νομίζω είναι αρκετά δομημένη η εφαρμογή, έχει μια άλφα λογικά και θα βοηθήσει, δεν έχω κάποιο σχόλιο. Είμαι πολύ ευχαριστημένος με αυτό που είδα. Πολύ καλό.]

6.3.4 Αποτελέσματα 3^{ου} κύκλου εργασιών

Τα δεδομένα που αντλήθηκαν από τον 3ο κύκλο εργασιών ήταν πάρα πολύ καλά. Τόσο οι χρήστες όσο και ο συμμετέχοντας στην συνέντευξη αισθάνθηκαν ικανοποιημένοι από την εφαρμογή ενώ δεν ένιωσαν πως λείπει κάτι. Οι αντιδράσεις αποτελούσαν θετικές και ενθουσιώδεις. Σύμφωνα με τα παραπάνω ο σχεδιασμός του εργαλείου φτάνει στο τέλος του μαζί με αυτό τον κύκλο καθώς έχει επιτευχθεί το θεμιτό αποτέλεσμα.

8 Συζήτηση

8.1 Ευρήματα Έρευνας

Με την παρούσα έρευνα απαντώνται τα δυο ερευνητικά ερωτήματα

Ερευνητικό Ερώτημα 1:

Ποια XR τεχνολογία αποτελεί την ιδανικότερη για την εκπαίδευση σύγχρονων κατασκευαστικών τεχνολογιών σε ανεπίσημα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα όπως τα Makerspaces;

Με βάση την έρευνα και αξιολόγηση τόσο των τεχνολογιών XR όσο και των συσκευών τους, αλλά και λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς ενός «Makerspace», η ιδανικότερη τεχνολογία για την εκπαίδευση σύγχρονων κατασκευαστικών τεχνολογιών είναι η «Επαυξημένη Πραγματικότητα» μέσω των «Έξυπνων» κινητών τηλεφώνων.

Ερευνητικό Ερώτημα 2:

Μπορεί μια σχεδιαστική λύση να παρουσιαστεί για την εκπαίδευση σύγχρονων κατασκευαστικών τεχνολογιών σε ανεπίσημα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα όπως τα Makerspaces;

Με βάση την ανατροφοδότηση και δοκιμές χρηστών αλλά και σύμφωνα με συνεντεύξεις εμπειρών εκπαιδευτικών δευτεροβάθμιας και τριτοβάθμιας εκπαίδευσης αλλά και τεχνικών, μπορεί να παρουσιαστεί μια σχεδιαστική λύση για την εκπαίδευση σύγχρονων κατασκευαστικών τεχνολογιών μέσω ενός ψηφιακού εργαλείου.

Γενικά, στο πλαίσιο των έργων που έχουν προηγηθεί πριν από αυτή την έρευνα παρατηρούνται πολλά στοιχεία που επαληθεύονται. Όντως η τεχνολογία της «Επαυξημένης Πραγματικότητας» αποτελεί ιδανικό εργαλείο μάθησης και εκπαίδευσης. Την ίδια στιγμή μαθαίνουμε μέσα από την παρούσα έρευνα πως η χρήση της Επαυξημένης πραγματικότητας σε συνδυασμό με παιδαγωγικούς άξονες και παιγνιοποίηση μπορεί να δημιουργήσει ένα αρκετά αποτελεσματικό εργαλείο για την προώθηση και εκπαίδευση των σύγχρονων κατασκευαστικών τεχνολογιών. Τέλος, παρατηρείται πως η εφαρμογή της «Επαυξημένης Πραγματικότητας» στα «Makerspaces» αποτελεί ένα αρκετά κίνητρο που ενθουσιάζει τους χρήστες, κάτι που συνεισφέρει θετικά στην επίτευξη των μαθησιακών στόχων.

8.2 Περιορισμοί

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία κρίνεται σκόπιμο να γίνει αναφορά στους περιορισμούς που υπήρξαν. Σημειώνεται πως το ψηφιακό εργαλείο σχεδιάστηκε συγκεκριμένα για το μηχάνημα κοπής «Laser Cut» Epilog Zing το οποίο χρησιμοποιείται στο πανεπιστήμιο. Ως εκ τούτου η χρήση τους εργαλείου που σχεδιάστηκε δεν μπορεί να γενικευθεί σε άλλα συστήματα.

Ακόμη ένας περιορισμός της έρευνας αποτελεί ο αριθμός των συμμετεχόντων στις δοκιμές χρηστών αλλά και ο τρόπος εκτέλεσης των δοκιμών αυτών. Οι δοκιμές χρηστών έγιναν δύο σε κάθε κύκλο με επαναλαμβανόμενους συμμετέχοντες. Την ίδια στιγμή οι δοκιμές έγιναν εξ-αποστάσεως διαδικτυακά.

Οι λόγοι των περιορισμών αυτών είναι εν μέρη αποτέλεσμα της προσπάθειας που καταβάλλεται Παγκύπρια για τον περιορισμό της διάδοσης του ιού «COVID-19» με την κοινωνική αποστασιοποίηση.

8.3 Μελλοντικά Σχέδια

Περαιτέρω έρευνα μπορεί να γίνει για την άντληση περισσότερων δεδομένων τόσο για την βελτίωση του ψηφιακού εργαλείου όσο και για την επέκτασή του. Την ίδια στιγμή, ένας μελλοντικός επανασχεδιασμός του εργαλείου, μπορεί να προσθέσει στοιχεία όπως ήχο, αφήγηση, και βίντεο. Τέλος, η προσαρμογή αυτής της σχεδιαστικής λύσης μπορεί να επεκταθεί και σε άλλες σύγχρονες κατασκευαστικές τεχνολογίες, ενώ ταυτόχρονα να γίνει ανάπτυξη του εργαλείου (π.χ. με Unity και του AR kit WikiTude).

9 Συμπέρασμα

Η ανάγκη εκπαίδευσης τόσο των μαθητών όσο και των εκπαιδευτικών για τις σύγχρονες κατασκευαστικές τεχνολογίες σε ανεπίσημα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα όπως τα «Makerspaces» αποτελεί κίνητρο της έρευνας αυτής.

Ως αποτέλεσμα του κινήτρου αυτού, έχει σχεδιαστεί ένα ψηφιακό εργαλείο με βάση την «Επαυξημένη Πραγματικότητα» για την εκπαίδευση των χρηστών για τις σύγχρονες κατασκευαστικές τεχνολογίες.

Το εργαλείο αποτελείται από τρία μέρη. Την εισαγωγή, την καθοδηγούμενη εμπειρία «βήμα προς βήμα» και τις προκλήσεις «challenges».

Με την εισαγωγή, ο χρήστης καλείται να εξερευνήσει την κατασκευαστική τεχνολογία και το λογισμικό της μέσω της επαυξημένης πραγματικότητας. Με την πλήρη εξερεύνηση της, ο χρήστης περνά στο στάδιο αξιολογήσεις όπου μέσα από ένα σύντομο τεστ/παιχνίδι καλείται να απαντήσει σωστά ερωτήσεις πολλαπλών απαντήσεων και να εντοπίσει σχετικά κομμάτια της τεχνολογίας.

Με την επιτυχή αξιολόγηση του, ξεκλειδώνεται η καθοδηγούμενη εμπειρία «βήμα προς βήμα» δηλαδή το δεύτερο κομμάτι. Το κομμάτι αυτό έχει ως στόχο την εξοικείωση του χρήστη με το κάθε βήμα που απαιτείται μέσα από την επαυξημένη πραγματικότητα. Με το πέρας της εμπειρίας, ο χρήστης περνά στην αξιολόγηση όπου καλείται να βάλει σε σειρά όλα τα βήματα τα οποία του παρουσιάζονται τυχαία.

Με την επιτυχή αξιολόγηση του, ξεκλειδώνονται οι προκλήσεις «challenges» το οποίο αποτελεί το τρίτο μέρος της εφαρμογής. Στόχος των προκλήσεων είναι η να μπει ο χρήστης στην διαδικασία σκέψης του πως μπορεί να χρησιμοποιήσει την τεχνολογία για την ολοκλήρωση των προκλήσεων, να του δώσει τροφή για σκέψη αλλά και να γαλουχήσει την σχεδιαστική λογική αυτής της τεχνολογίας. Η κάθε πρόκληση προσφέρει μια εικόνα του τελικού αποτελέσματος καθώς και κάποιες βοήθειες (hints). Σημειώνεται πως η κάθε πρόκληση έχει το δικό της επίπεδο δυσκολίας το οποίο αυξάνεται καθώς ο χρήστης συνεχίζει να ολοκληρώνει προκλήσεις. Εφόσον, ο χρήστης έχει πλέον ολοκλήρωση την πρόκληση, καλείται να σκανάρει το έργο του με την «Επαυξημένη Πραγματικότητα». Εφόσον έχει επαληθευτεί πως όντως έχει ολοκληρώσει επιτυχώς την πρόκληση, ξεκλειδώνεται η επόμενη και κερδίζει ένα ποσό Maker coins.

Ο χρήστης μπορεί να εξαργυρώσει τα Maker coins στα «Makerspaces» με αντάλλαγμα πρώτες ύλες όπως, χαρτόκουτα, ξύλα ή ακρυλικά. Έτσι μπορεί να συνεχίζει να πειραματίζεται και να μαθαίνει.

Το διαδραστικό πρωτότυπο της εφαρμογής μπορεί να βρεθεί εδώ:

<https://xd.adobe.com/view/48a1053e-38ca-4b06-788a-affd3db657d8-3e90/>

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Lee, K. (2012). Augmented reality in education and training. *TechTrends*, 56(2), 13-21.
23-72

Aguayo, C., Eames, C., & Cochrane, T. (2020). A framework for mixed reality free-choice, self-determined learning. *Research in Learning Technology*, 28.

Bajura, M., Fuchs, H., Ohbuchi, R. (1992) "Merging Virtual Objects with the Real World:

Bayraktar, S. (2000). A meta-analysis on the effectiveness of computer-assisted instruction in science education. *Journal of Research on Technology in Education*, 34(2), 173–189.
<https://doi.org/10.1080/15391523.2001.10782344>.

Benner, K., & Wingfield, N. (2016). Apple sets its sights on virtual reality. *New York Times*. Retrieved from <http://www.nytimes.com/2016/01/30/technology/apple-sets-its-sights-on-virtual-reality.html>.

Biocca, Frank. "Virtual Reality Technology: A Tutorial." *Journal of Communication* 42.4 (1992):

Bonde, M. T., Makransky, G., Wandall, J., Larsen, M. V., Morsing, M., Jarmer, H., et al. (2014). Improving biotech education through gamified laboratory simulations. *Nature Biotechnology*, 32(7), 694–697. <https://doi.org/10.1038/nbt.2955>.

Cheng, G. T. (2016). How can mixed reality help in learning? Retrieved from <https://www.accenture.com/us-en/blogs/blogs-how-mixed-reality-help-learning>

Chew, Sie Wai, and Nian-Shing Chen. "Designing Learning Activities Using Different Augmented Reality." *Learning in a Digital World: Perspective on Interactive Technologies for Formal and Informal Education* (2019): 239

Environment for Collaboration in Augmented Reality." In *CVE '96 Workshop Proceedings*, 19-20th September 1996, Nottingham, Great Britain.

Eriksson, E., Heath, C., Ljungstrand, P., & Parnes, P. (2018). Makerspace in school—Considerations from a large-scale national testbed. *International journal of child-computer interaction*, 16, 9-15.

Feiner, S., MacIntyre, B., and Seligmann, D. (1993) "Knowledge-Based Augmented Reality." *Communications of the ACM*, Vol. 36(7), pp. 53-62

Freina, L., & Ott, M. (2015, April). A literature review on immersive virtual reality in education: state of the art and perspectives. In *The international scientific conference elearning and software for education* (Vol. 1, No. 133, pp. 10-1007).

Freitas, R., & Campos, P. (2008). SMART: a System of augmented reality for teaching 2nd grade students. *Proceedings of the 22nd British Computer Society Conference on Human-Computer Interaction (HCI 2008)*, 27-30. Liverpool John Moores University, UK.

Han, X., Liu, Y., Li, H., Fan, Z., & Luo, H. (2020, August). Augmenting the Makerspace: Designing Collaborative Inquiry Through Augmented Reality. In *International Conference on*

Blended Learning (pp. 148-159). Springer, Cham. handbook-guidelines for mixed reality applications for culture and learning experiences. Turku, Finland: University of Turku

Helle, S., Lehtonen, T., Woodward, C., Turunen, M. & Salmi, H. (Eds.),. (2017). *Miracle*

Hoffmann, M., Meisen, T., & Jeschke, S. (2016). Shifting virtual reality education to the next level—Experiencing remote laboratories through mixed reality. In *Engineering Education 4.0* (pp. 235-249). Springer, Cham.

I. E. Sutherland, “A head-mounted three dimensional display,” in *Proceedings of the December 9-11, 1968, Fall Joint Computer Conference, Part I, AFIPS '68 (Fall, part I)*, (New York, NY, USA), pp. 757–764, ACM, 1968

Johnson, L., Levine, A., Smith, R., & Stone, S. (2010). Simple augmented reality. *The 2010 Horizon Report*, 21-24. Austin, TX: The New Media Consortium.

Kerawalla, L., Luckin, R., Seljeflot, S., & Woolard, A. (2006). Making it real: Exploring the potential of augmented reality for teaching primary school science. *Virtual Reality* , 10(3-4), 163-174. London, United Kingdom: Springer-Verlag London Ltd.

Knibbe, J., Grossman, T., & Fitzmaurice, G. (2015, November). Smart makerspace: An immersive instructional space for physical tasks. In *Proceedings of the 2015 International Conference on Interactive Tabletops & Surfaces* (pp. 83-92).

Kurti, R. S., Kurti, D. L., & Fleming, L. (2014). The philosophy of educational makerspaces part 1 of making an educational makerspace. *Teacher Librarian*, 41(5), 8.

Lee, E. A.-L., & Wong, K. W. (2014). Learning with desktop virtual reality: Low spatial ability learners are more positively affected. *Computers & Education*, 79, 49–58.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014>.

Liarokapis, F., Mourkoussis, N., White, M., Darcy, J., Sifniotis, M., Petridis, P., . . . Lister, P. (2004). Web3D and augmented reality to support engineering education. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 2004 UICEE Vol. 3. No. Melbourne, Australia.

Lock, J., Redmond, P., Orwin, L., Powell, A., Becker, S., Hollohan, P., & Johnson, C. (2020). Bridging distance: Practical and pedagogical implications of virtual Makerspaces. *Journal of Computer Assisted Learning*.

Makransky, G., & Lilleholt, L. (2018). A structural equation modeling investigation of the emotional value of immersive virtual reality in education. *Educational Technology Research and Development*, 66(5), 1141-1164.

Markowitz, D. M., Laha, R., Perone, B. P., Pea, R. D., & Bailenson, J. N. (2018). Immersive virtual reality field trips facilitate learning about climate change. *Frontiers in psychology*, 9, 2364.

Masters, J. (1995). The history of action research. *Action research electronic reader*, 22, 2005.

McGaghie, W. C., Issenberg, S. B., Petrusa, E. R., & Scalese, R. J. (2010). A critical review of simulation based medical education research: 2003-2009. *Medical Education*.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2009.03547.x>.

Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A metaanalysis. *Computers & Education*, 70, 29–40.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033.07.010>.

Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 77(12), 1321-1329.

Müller, D., Bruns, F. W., Erbe, H. H., Robben, B., & Yoo, Y. H. (2007). Mixed reality learning spaces for collaborative experimentation: A challenge for engineering education and training. *International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)*, 3(4).

Okpala, H. N. (2016). Making a makerspace case for academic libraries in Nigeria. *New Library World*.

Own, C. M. (2018). Making Without Makerspace, Another Study of Authentic Learning with Augmented Reality Technology. In *Authentic Learning through Advances in Technologies* (pp. 189-201). Springer, Singapore.

Pantelidis, V. S. (1997). Virtual reality in education and Howard Gardner's Theory of Multiple Intelligences. Retrieved from <http://vr.coe.ecu.edu/gardner1.htm>

Pantelidis, V. S. (2010). Reasons to use virtual reality in education and training courses and a model to determine when to use virtual reality. *Themes in Science and Technology Education*, 2(1-2), 59-70.

Pochtoviuk, S. I., Vakaliuk, T., & Pikilnyak, A. V. (2020). Possibilities of application of augmented reality in different branches of education. In *Augmented Reality in Education: Proceedings of the 2nd International Workshop (AREdu 2019)*, Kryvyi Rih, Ukraine, March 22, 2019 (No. 2547, pp. 92-106). CEUR Workshop Proceedings.

Rapoport, R. N. (1970). Three dilemmas in action research: with special reference to the

Tavistock experience. *Human relations*, 23(6), 499-513.

Schmalsteig, D., Fuhrmann, A., Szalavari, Z., Gervautz, M., (1996) "Studierstube - An

Schneider, D. (2006). FAB: The Coming Revolution on Your Desktop--From Personal Computers to Personal Fabrication. *American Scientist*, 94(3), 284-285.

Schneider, D. (2019). The Impact of Immersive Virtual Reality on Learning, Post-Hoc; a Cautionary Tale. *Issues and Trends in Educational Technology*, 7(1).

Schofield, G., Beale, G., Beale, N., Fell, M., Hadley, D., Hook, J., ... & Thresh, L. (2018, June). Viking VR: Designing a virtual reality experience for a museum. In *Proceedings of the 2018 Designing Interactive Systems Conference* (pp. 805-815).

Seeing Ultrasound Imagery Within the Patient." In *Proceedings of SIGGRAPH '92*, New York: ACM Press, pp. 203-210.

Vasilchenko, A., Li, J., Ryskeldiev, B., Sarcar, S., Ochiai, Y., Kunze, K., & Radu, I. (2020, April). Collaborative Learning & Co-Creation in XR. In *Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-4).

Vidal-Balea, A., Blanco-Novoa, O., Fraga-Lamas, P., Vilar-Montesinos, M., & Fernández-Caramés, T. M. (2020). A Collaborative Augmented Reality Application for Training and Assistance during Shipbuilding Assembly Processes. In *Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings* (Vol. 54, No. 1, p. 4).

Vogel, J. J., Vogel, D. S., Cannon-Bowers, J., Bowers, C. A., Muse, K., & Wright, M. (2006). Computer gaming and interactive simulations for learning: A meta-analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 34(3), 229–243. <https://doi.org/10.2190/FLHV-K4WA-WPVQ-H0YM>.

Wang, M., Ryoo, J., & Winkelmann, K. (2020). Preface to the special issue on Cross Reality (XR) and Immersive Learning Environments (ILE) in education.

Webster, R. D. (2014). Corrosion Prevention and Control Training in an Immersive Virtual Learning Environment.

Weng, C., Rathinasabapathi, A., Weng, A., & Zagita, C. (2019). Mixed reality in science education as a learning support: a revitalized science book. *Journal of Educational Computing Research*, 57(3), 777-807.

Kiryakova, G., Angelova, N., & Yordanova, L. (2014). Gamification in education. *Proceedings of 9th International Balkan Education and Science Conference*.

Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education*. John Wiley & Sons.

Villagrasa, S., Fonseca, D., Redondo, E., & Duran, J. (2014). Teaching case of gamification and visual technologies for education. *Journal of Cases on Information Technology (JCIT)*, 16(4), 38-57.

Initiative, E. E. (7). Things You Should Know About Gamification. Retrieved from Educause. edu: <https://net.educause.edu/ir/library/pdf/ELI7075.pdf> [PDF].

Tanenbaum, J. G., Williams, A. M., Desjardins, A., & Tanenbaum, K. (2013, April). Democratizing technology: pleasure, utility and expressiveness in DIY and maker practice. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 2603-2612).

Mohomed, I., & Dutta, P. (2015). THE Age of DIY and Dawn of the Maker Movement. *GetMobile: Mobile Computing and Communications*, 18(4), 41-43.

Minocha, S., Tudor, A., and Tilling, S. (2017). “Affordances of mobile virtual reality and their role in learning and teaching,” in *Proceedings of British HCI, Digital Make Believe*, Vol. 1. (Sunderland, UK).

Johnson-Glenberg, M. C. (2018). Immersive VR and education: Embodied design principles that include gesture and hand controls. *Frontiers in Robotics and AI*, 5, 81.

Goldin-Meadow, S. (2011). Learning through gesture. *WIREs Cognit. Sci.* 2, 595–607. doi: 10.1002/wcs.132

Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychon. Bull. Rev.* 9, 625–636. doi: 10.3758/BF03196322

Kontra, C., Lyons, D., Fischer, S., and Beilock, S. L. (2015). Physical experience enhances science learning. *Psychol. Sci.* 26, 737–749. doi: 10.1177/0956797615569355

Vasilchenko, A., Li, J., Ryskeldiev, B., Sarcar, S., Ochiai, Y., Kunze, K., & Radu, I. (2020, April). Collaborative Learning & Co-Creation in XR. In *Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-4).