



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
[ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ]

**[das_AR: μια εφαρμογή Επαυξημένης Πραγματικότητας στην
Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση]**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

της

Παυλίδου Δέσποινας MSc

Επιβλέπων : Κωστούλας Θεόδωρος

Μέλη εξεταστικής επιτροπής: Κωστούλας Θ., Βλάχου Α., Συμεωνίδης Π.

Σάμος, [Ιούνιος, 2022]

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.

Πρόλογος και ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών με τίτλο «Πληροφοριακά και Επικοινωνιακά Συστήματα» στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου, στο τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών & Επικοινωνιακών Συστημάτων κατά το ακαδημαϊκό έτος 2020-22.

Η εργασία αυτή αφορά στην δημιουργία μιας εφαρμογής Επαυξημένης Πραγματικότητας προσαρμοσμένης στις ανάγκες της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης στην Ελλάδα. Αφορά ειδικότερα στην διδασκαλία ορισμένων κεφαλαίων του βιβλίου Αγγλικά 2 του Γενικού Λυκείου. Η εφαρμογή `das_AR` δημιουργήθηκε με γνώμονα τις μαθησιακές ανάγκες μαθητών Λυκείου και το υλικό που προτάθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής πλαισιωμένο με υλικό που κρίθηκε κατάλληλο για την εισαγωγή των μαθητών στο εννοιολογικό πλαίσιο του εκάστοτε κεφαλαίου, την λεξιλογική και γραμματική τους κατάρτιση και την παρακολούθηση της εκτέλεσης ασκήσεων από αυτούς. Η εφαρμογή σχεδιάστηκε έτσι ώστε να είναι επεκτάσιμη και να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την διδασκαλία και άλλων επιστημονικών αντικειμένων στον χώρο της εκπαίδευσης.

Η εργασία χωρίστηκε σε έξι μέρη. Στο πρώτο μέρος αναλύθηκαν οι έννοιες που αφορούν το βασικό πλαίσιο στο οποίο στηρίχθηκε η εφαρμογή και η μελέτη παρόμοιων εφαρμογών όπως πρότειναν άλλοι ερευνητές. Στο δεύτερο μέρος παρουσιάστηκαν οι αρχές και το πλαίσιο που θα πρέπει να διέπουν μια εφαρμογή Επαυξημένης Πραγματικότητας στον χώρο της Εκπαίδευσης. Στο τρίτο μέρος αναλύθηκε η πλατφόρμα στην οποία δημιουργήθηκε η εφαρμογή και η έννοια της Μηχανικής Μάθησης. Στο τέταρτο μέρος παρουσιάστηκε και αναλύθηκε η εφαρμογή `das_AR`. Το πέμπτο μέρος αφορούσε την ποσοτική και ποιοτική της αξιολόγηση. Το έκτο μέρος φιλοξένησε τα συμπεράσματα της εργασίας.

Φυσικά θα ήταν παράλειψη να μην ευχαριστήσω θερμά τους καθηγητές μου στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου, κύριους Κωστούλα Θ., Σταματάτο, Κορμέντζα Ν., Κοκολάκη Σπ. και την κυρία Βλάχου Α. για την βοήθεια, την καθοδήγηση αλλά πρωτίστως την ευκαιρία που μου έδωσαν να συμμετέχω στο πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Αιγαίου.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τους εκπαιδευτές μου Bart Verswijvel και Arjana Blazic στο Future Classroom Lab στις Βρυξέλλες, οι οποίοι καθοδήγησαν τα πρώτα μου βήματα στην Επαυξημένη Πραγματικότητα.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στους καθηγητές μου στο Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, κύριο Φαχαντίδη Νικόλαο για την στήριξη και κύριο Ζαφειρόπουλο Κωνσταντίνο για την πολύτιμη καθοδήγηση στην μεθοδολογία της έρευνας και στην στατιστική ανάλυση. Η συνεισφορά τους αποτέλεσε απαραίτητο τμήμα της έρευνας.

Τέλος, ταπεινά να ευχαριστήσω την οικογένειά μου που έχει το κουράγιο να με στηρίζει σε κάθε μου εγχείρημα.

© [2022]

της

[ΠΑΥΛΙΔΟΥ ΔΕΣΠΟΙΝΑΣ MSc]

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.

Πίνακας περιεχομένων

1	Εισαγωγή	1
1.1	Εικονική και Επαυξημένη Πραγματικότητα	3
1.2	Η Επαυξημένη Πραγματικότητα: τι είναι και πως ακριβώς λειτουργεί	4
1.3	Τύποι AR	5
1.4	Δομή της διπλωματικής	6
2	Η Επαυξημένη Πραγματικότητα στον χώρο της Εκπαίδευσης	8
2.1	Πλατφόρμες Επαυξημένης Πραγματικότητας	8
2.2	Τα πλεονεκτήματα εφαρμογών AR στην εκπαίδευση	13
2.3	Η δομή μιας κατάλληλης εφαρμογής ΤΠΕ στην εκπαίδευση	14
3	Η χρήση της Πλατφόρμας Unity	16
3.1	Unity και Vuforia	17
3.2	Περιβάλλον λειτουργίας του Unity	17
3.3	Περιβάλλον λειτουργίας του Vuforia	24
3.4	Η τεχνολογία AR	26
3.4.1	Ορολογία, επεξήγηση και Αλγόριθμος	26
3.4.2	Οι δυνατότητες του συνδυασμού της AR και της Μηχανικής Μάθησης	30
4	Η εφαρμογή das_AR	33
4.1	Δημιουργία της εφαρμογής σε Unity και Vuforia	34
4.2	Επεμβάσεις στην εφαρμογή das_AR και μετατροπές στον κώδικα	49
4.3	Δυνατότητες επεκτασιμότητας και προσαρμοστικότητα της εφαρμογής das_AR	52
5	Αξιολόγηση της εφαρμογής das_AR	54
5.1	Σχεδιασμός της διαδικασίας αξιολόγησης	54
5.2	Ποσοτική Αξιολόγηση	55
5.2.1	Οργάνωση-Διεξαγωγή	55
5.2.2	Περιγραφική Ανάλυση	57
5.3	Ποιοτική Αξιολόγηση	66
5.4	Αποτύπωση των αποτελεσμάτων της αξιολόγησης	70
6	Συμπεράσματα και προκλήσεις για το μέλλον	74
	Βιβλιογραφία	78
	Παράρτημα I [πίνακες- υλικό στατιστικής ανάλυσης]	88
	Παράρτημα II [ερωτηματολόγια αξιολόγησης]	107

Παράρτημα III [Οδηγίες εγκατάστασης προγραμμάτων και Δημιουργίας της εφαρμογής] 111

Λίστα Εικόνων

1. Εικόνα 1: κύκλος ανάπτυξης των αναδυόμενων τεχνολογιών για το 2016 σύμφωνα με τον οίκο Gartner, σελ.2
2. Εικόνα 2: στιγμιότυπα από χρήση της εφαρμογής Quiver App, σελ 9
3. Εικόνα 3: στιγμιότυπα από χρήση της εφαρμογής Blippar App, σελ 10
4. Εικόνα 4: στιγμιότυπο από το Elements 4D, σελ 11
5. Εικόνα 5: στιγμιότυπο από AR στο Aurasma, σελ 12
6. Εικόνα 6: μοντέλο Technology, Pedagogical, Content Knowledge σελ. 15
7. Εικόνα 7: περιβάλλον εγκατάστασης Vuforia AR component κατά το κατέβασμα του Unity, σελ. 17
8. Εικόνα 8: Προσθήκη ή άνοιγμα του έργου στην αρχική οθόνη του Unity, σελ. 18
9. Εικόνα 9: Βασικό περιβάλλον-Οθόνη έναρξης στο Unity, σελ. 18
10. Εικόνα 10: επιλογή λειτουργικού Android, σελ. 19
11. Εικόνα 11: Μενού επιλογών από το File, σελ. 20
12. Εικόνα 12: Μενού επιλογών από το Game Object, σελ. 21
13. Εικόνα 13: Στιγμιότυπο οθόνης πριν την εισαγωγή πακέτων στο Unity, σελ. 21
14. Εικόνα 14: Στιγμιότυπο από την εισαγωγή πακέτων στο Unity, σελ. 22
15. Εικόνα 15 :Οι Βάσεις δεμένων που δημιουργήθηκαν και ο αριθμός εικόνων-στόχων, σελ. 23
16. Εικόνα 16: Σύνδεση στο Vuforia engine developer portal, σελ. 24
17. Εικόνα 17: Licence manager από όπου προμηθεύεται το «κλειδί-άδεια» για την εφαρμογή, σελ. 24
18. Εικόνα 18: Η σχέση ανάμεσα στην AI, ML και CV, σελ. 26
19. Εικόνα 19: Η ιεραρχία στην τεχνολογία AR από τον πυρήνα προς την άκρη, σελ. 27
20. Εικόνα 20: Κάθε εικόνα-στόχος με την αξιολόγηση της σε αστέρια, σελ. 28
21. Εικόνα 21: στιγμιότυπο από την σελίδα 107 του σχολικού βιβλίου με τίτλο «Αγγλικά 2» κεφάλαιο 7, σελ. 28
22. Εικόνα 22: Η εικόνα με τα σημεία που θα χρησιμοποιηθούν για εντοπισμό και αναγνώριση, σελ. 29
23. Εικόνα 23 : Η εικόνα που περιέχει τις λύσεις, σελ. 30
24. Εικόνα 24: Δημιουργία της βάσης Δεδομένων στη Vuforia, σελ. 33
25. Εικόνα 25: Η εικόνα που προστέθηκε στο Vuforia, σελ. 34
26. Εικόνα 26: Η αξιολόγηση της εικόνας στο Vuforia, σελ. 34
27. Εικόνα 27: Το κλειδί θα επικολληθεί παρακάτω στο Unity, σελ. 35
28. Εικόνα 28: στιγμιότυπο οθόνης πριν την επικόλληση του κλειδιού-προϊόντος. σελ. 36
29. Εικόνα 29: Η Η επικόλληση του κλειδιού-προϊόντος σελ. 36
30. Εικόνα 30: Στιγμιότυπο οθόνης για την προσθήκη βάσεων δεδομένων, σελ. 37
31. Εικόνα 31: Επιλογή εισαγωγής εικόνα-στόχου στην σκηνή μας, σελ. 37

32. Εικόνα 32: Στιγμιότυπο οθόνης με την εισαγωγή Quad, σελ. 38
33. Εικόνα 33: Ρυθμίσεις ενός Quad, σελ. 39
34. Εικόνα 34: Τοποθέτηση Image Target και των Quad στη σκηνή και την ιεραρχία, σελ. 40
35. Εικόνα 35: Στιγμιότυπο οθόνης με εισαγωγή Component Video σε Quad, σελ. 41
36. Εικόνα 36: Εισαγωγή αρχείων βίντεο στην περιοχή asset του έργου, σελ. 42
37. Εικόνα 37: Στιγμιότυπο οθόνης κατά την δοκιμή του υλικού, σελ. 42
38. Εικόνα 38: Το logo της εφαρμογής das_AR, σελ. 44
39. Εικόνα 38: Στιγμιότυπο οθόνης με τις επιλογές Icon/Splash Image της εφαρμογής das_AR, σελ. 46
40. Εικόνα 40: Στιγμιότυπο οθόνης με τις επιλογές λειτουργικού συστήματος, σελ. 47
41. Εικόνα 41: Στιγμιότυπο οθόνης που φαίνονται τα κουμπιά play, stop στο μενού παροχών, σελ. 49
42. Εικόνα 42: Στιγμιότυπο οθόνης με την ολοκληρωμένη εφαρμογή και 12 εικόνες-στόχους, σελ. 50
43. Εικόνα 43: Προσθήκη κώδικα για την έναρξη του Video Player, σελ. 51
44. Εικόνα 44: Προσθήκη κώδικα για την λήξη του Video Player, σελ. 51

Λίστα Πινάκων-Διαγραμμάτων

1. Πίνακας 1: αποτυπώνει τις μεταβλητές στο SPSS, σελ. 56
2. Πίνακας 2 με τις τιμές των μεταβλητών ανά δείγμα, σελ. 56
3. Πίνακας 3: Cronbach's Alpha, έλεγχος εσωτερικής αξιοπιστίας, σελ. 57
4. Πίνακας 4: ανάλυση PCA στο SPSS, σελ 58
5. Πίνακας 5 με τους μέσους όρους, τις μέγιστες και τις ελάχιστες τιμές που δόθηκαν σε κάθε μεταβλητή, σελ. 59
6. Πίνακας 6: συσχετισμών Cohen's Kappa σελ. 62
7. Πίνακας 7: γράφημα συσχετίσεων Pareto, σελ. 63
8. Πίνακας 8: γράφημα συσχετίσεων Pareto, σελ. 63
9. Πίνακας 9: συγκέντρωση αποκρίσεων μαθητών σε ευρύτερες κατηγορίες, σελ. 64
10. Πίνακας 10: αποτύπωση των ποσοστών αποκρίσεων των μαθητών ανά κατηγορία, σελ. 64
11. Πίνακας 11: συγκεντρωτικός πίνακας με έννοιες-μεταβλητές-μέσους όρους, σελ. 67

Ακρωνύμια

AR	Augmented Reality (περίληψη)
ΙΕΠ	Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής (περίληψη)
VR	Virtual Reality-Εικονική Πραγματικότητα (εισαγωγή, σελ. 1)
ΤΠΕ	Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών (σελ. 1)
FCL	Future Classroom Lab (σελ. 1)
E.E.	Ευρωπαϊκή Ένωση (σελ. 1)
BYOD	Bring-Your-Own-Device (σελ. 13)
TPACK	Technology, Pedagogical, Content Knowledge (σελ. 14)
IDE	Integrated development environment- ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (σελ. 16)
SDK	software development kit (σελ. 23)
SLAM	Simultaneous localization and mapping (σελ. 25)
CV	Computer Vision- υπολογιστική όραση (σελ. 25)
ML	Machine Learning- Μηχανική Μάθηση (σελ. 30)
AI	Artificial Intelligence- Τεχνητή Νοημοσύνη (σελ. 30)
IMU	Inertial Measurement Unit-Αδρανειακή Μονάδα Μέτρησης (σελ. 30)
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences (σελ 56)
SUS	System Usability Scale (σελ. 57)
TAM	Technology Acceptance Model (σελ.58)
μ.ο.	μέσος όρος, (σελ 60)
UI	User Interface (σελ.69)
UX	User Experience (σελ. 69)

Περίληψη

Η εφαρμογή das_AR είναι μια εφαρμογή Επαυξημένης Πραγματικότητας προσαρμοσμένη στις ανάγκες της εκπαιδευτικής διαδικασίας της Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και ειδικά στο μάθημα των Αγγλικών. Δημιουργήθηκε ώστε να καλύπτει τις μαθησιακές ανάγκες μαθητών Λυκείου επωφελούμενη των δυνατοτήτων που παρέχει η τεχνολογία. Επιτρέπει την ενσωμάτωση ποικίλου υλικού στο οποίο έχουν πρόσβαση οι μαθητές μέσω των «έξυπνων» κινητών συσκευών τους. Η πρόσβαση γίνεται με μεγάλη ευκολία. Καλύπτει τις μαθησιακές τους ανάγκες στην παροχή επιπλέον υλικού προσαρμοσμένου στις θεματικές ενότητες του σχολικού βιβλίου ενώ παράλληλα μπορεί να ελέγχεται η εκτέλεση των ασκήσεων από τους μαθητές. Δημιουργήθηκε ακολουθώντας το τρίπτυχο: Τεχνολογία, Γνώση Παιδαγωγικής και Γνώση Περιεχομένου δηλαδή την καταλληλότητα του περιεχομένου. Με τον τρόπο αυτό οι μαθητές έχουν πρόσβαση σε ψηφιακό υλικό χωρίς να παραγκωνίζεται η χρήση του σχολικού εγχειριδίου ή να απαιτείται επιπλέον εξοπλισμός από αυτόν που ήδη διαθέτουν οπότε δεν έχει επιπλέον κόστος για την εκπαιδευτική κοινότητα. Η εφαρμογή καλύπτει τις ανάγκες μαθητών Λυκείου για το μάθημα των Αγγλικών αλλά μπορεί εύκολα να παραμετροποιηθεί ώστε να καλύψει τις ανάγκες και άλλων εκπαιδευτικών βαθμίδων και μαθημάτων. *«Βιβλία AR που δείχνουν τρισδιάστατο, κινούμενο, εκπαιδευτικό περιεχόμενο παρέχουν στους μαθητές έναν τρόπο να αλληλεπιδρούν με το περιεχόμενο και να συμμετέχουν σε μια διδακτική εμπειρία»* (Dünser et al., 2012).

Οι ερευνητές θεωρούν πως *«η πληροφορία χρειάζεται να υιοθετείται και να εφαρμόζεται την κατάλληλη στιγμή και στον κατάλληλο τόπο για να είναι αποτελεσματική. Η Επαυξημένη τεχνολογία είναι το είδος της τεχνολογίας που αλλάζει δραματικά τον χρόνο και τον τόπο της εκπαίδευσης»* (Lee, 2012). Δίνεται η δυνατότητα στους εκπαιδευτικούς να επαυξήσουν τα σχολικά βιβλία με υλικό που θα βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν έννοιες, θεματικές ενότητες, επιστήμες και πεδία που απαιτούν οπτικοακουστικό υλικό. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν εργασίες μαθητών που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια του μαθήματος και η παρουσίασή τους μπορεί να βοηθήσει τους συναδέλφους τους να κατανοήσουν καλύτερα το μάθημα. Οι μαθητές ακολουθούν έναν τρόπο διδασκαλίας πιο εποικοδομητικό και βιωματικό. Εκμεταλλεύονται καλύτερα τον χρόνο τους αφού η πληροφορία γίνεται άμεση χωρίς να χρειάζεται να παρεμβάλλονται άλλες διαδικασίες όπως είσοδος σε επιπλέον εφαρμογές, σύνδεσμοι σε άλλες εφαρμογές ή ενδεχομένως ταυτοποίηση. Το μεγάλο, επίσης, πλεονέκτημα της Επαυξημένης Πραγματικότητας είναι η δυνατότητα που παρέχει στην δημιουργία υλικού που είναι ευχάριστο και αξιομνημόνευτο για τους μαθητές. *«Για να τονωθεί η υιοθέτηση τέτοιων τεχνολογιών στην εκπαίδευση θα πρέπει οι εκπαιδευτικοί να αποκτήσουν πρόσβαση σε εργαλεία συγγραφής επαυξημένης πραγματικότητας που δεν απαιτούν προγραμματιστικές ικανότητες, παρέχουν συντήρηση και ανάπτυξη, είναι εύκολα στην χρήση, δωρεάν και τα αποτελέσματα μπορούν να καλύψουν ένα μεγάλο αριθμό μαθητών»* (Vert & Andone, 2017). Προκειμένου να υλοποιηθεί η εφαρμογή χρησιμοποιήθηκε η πλατφόρμα Unity και η Βάση Δεδομένων δημιουργήθηκε στο Vuforia. Οι πλατφόρμες αυτές παρέχουν δωρεάν φιλοξενία σε δημιουργούς και μεγάλες δυνατότητες. Το υλικό που προσαυξήθηκε προήλθε από το σχολικό βιβλίο Αγγλικά 2 του Λυκείου και το υλικό που το επαύξησε αφορούσε οπτικοακουστικό

υλικό που προτάθηκε από το ΙΕΠ (Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής) και οι σύνδεσμοι ήδη υπήρχαν αναγραμμένοι στις σελίδες του βιβλίου ή αναγνωρισμένους διεθνείς οργανισμούς όπως τα Ηνωμένα Έθνη και οργανισμοί που υποστηρίζονται από αυτά, η Ευρωπαϊκή Ένωση και οι οργανισμοί που υποστηρίζονται από αυτήν, Αρχαία και Φιλανθρωπικές Οργανώσεις. Σκοπός του οπτικοακουστικού υλικού ήταν η εισαγωγή των μαθητών στην θεματική ενότητα που κάλυπτε το μάθημα. Επίσης προστέθηκαν οι λύσεις των ασκήσεων του βιβλίου.

Στις ενότητες που ακολουθούν παρουσιάστηκε η πλατφόρμα Unity και το περιβάλλον λειτουργίας της επεξηγώντας την εγκατάσταση της πλατφόρμας και των απαραίτητων για την δημιουργία AR κομματιών (components) στο Unity, την δημιουργία της βάσης Δεδομένων στο Vuforia, την εκκίνηση του πρώτου έργου και τις βασικές λειτουργίες της. Η δημιουργία της εφαρμογής das_AR παρουσιάστηκε στο αμέσως επόμενο κεφάλαιο ώστε να γίνουν πρώτα κατανοητές οι βασικές λειτουργίες του Unity. Αυτό κρίθηκε απαραίτητο ώστε ο αναγνώστης να μπορεί να κατανοήσει το θεωρητικό πλαίσιο, τις αρχές που διέπουν την ανάπτυξη μιας εφαρμογής AR για την εκπαίδευση, την βασική λειτουργία της πλατφόρμας και τέλος τις μετατροπές που απαιτούνται για να επιτευχθεί αυτό.

Η εφαρμογή das_AR δημιουργήθηκε με σκοπό να βοηθήσει την εκπαιδευτική διαδικασία σε μια σχολική μονάδα αλλά να ενθαρρύνει παράλληλα και άλλους εκπαιδευτικούς να ακολουθήσουν την ίδια διαδικασία δημιουργώντας τις εφαρμογές που θα βοηθήσουν τους ίδιους στην διδασκαλία και τους μαθητές στην κατανόηση και μελέτη τους. Για αυτό τον λόγο παρουσιάστηκαν αναλυτικά τόσο το θεωρητικό πλαίσιο όσο και το πρακτικό κομμάτι της δημιουργίας με εικόνες και οδηγίες. Επίσης συμπεριλήφθηκε το κομμάτι του κώδικα που θα χρειαστεί να προστεθεί και οδηγίες για την υλοποίησή του. Απαραίτητη ήταν η αξιολόγηση της εφαρμογής. Διενεργήθηκε ποιοτική αξιολόγηση μέσω ανοικτών ομάδων συζήτησης και ατομικών συνεντεύξεων μαθητών, καθηγητών και ειδικών πεδίου. Ακολούθησε ποσοτική αξιολόγηση από τους μαθητές. Τα αποτελέσματα αναλύθηκαν και παρουσιάστηκαν στο 5^ο κεφάλαιο. Το 6^ο κεφάλαιο περιέλαβε τα συμπεράσματα της έρευνας και τις προκλήσεις που υπάρχουν στο πεδίο της έρευνας με βάση τα ευρήματα της αξιολόγησης και την βιβλιογραφία.

Λέξεις Κλειδιά: *Επαυξημένη Πραγματικότητα, Εφαρμογή, Εκπαίδευση, Unity, Vuforia*

Abstract

Das_Ar is an Augmented Reality Application adapted to the needs of the educational process of Secondary Education and especially to the lesson of English as a foreign language. It was created in order to cater for the learning needs of Upper High School students taking advantage of the possibilities provided by technology. It allows the augmentation of various, quality material that students have access to from their smart devices. Access is very easy. It covers their learning needs offering them additional material that is adapted to the thematic units in their school book and it can also check if the students have done their exercises. It follows the principle of Technology, Pedagogical, and Content Knowledge, how appropriate the content actually is. This way, students have access to digital material without putting their textbooks aside or requiring digital equipment other than the one they already possess. This means there is no additional cost for the educational community. The app caters for the needs of upper high school students taking EFL lessons but can easily be customized to suit the needs of more educational levels and lessons. *«Augmented Books show three-dimensional animated educational content and provide a means for students to interact with this content in an engaging learning experience»* (Dünser et al., 2012).

Researchers believe that *«information needs to be adopted and applied at the right time and right place to maintain efficiency in all settings. Augmented reality is one technology that dramatically shifts the timing and location of learning»* (Lee, 2012). Educators are given the potential of augmenting the school books with material that will help students understand concepts, thematic units, sciences and fields that require auditory and visual material. Work created by the students themselves during the lesson, whose presentation can also be used to assist their classmates better understand the lesson, can also be added. Students follow a more constructive and experiential teaching method. They take better advantage of their time since the information becomes immediate without the need for other procedures such as accessing more applications, following links or logging in. Augmented reality technologies are being used in education to create engaging and memorable learning experiences for the students. *«To boost the adoption of such technologies even further, educators need access to augmented reality authoring tools that do not require programming skills, are under constant maintenance and development, are easy to use, are free and whose outputs can reach a wide range of students»* (Vert & Andone, 2017). The Unity platform was used to create the application and Vuforia to host the Data Base. These platforms host the creation of apps by developers and have great potentials. The material that was augmented came from the school text book English 2 for upper high school and the material used for the augmentations was audio and visual material that was suggested by the Institute of Educational Policy. The material consisted of either the links that were printed on the pages or renowned international organisations like the United Nations and organisations supported by them, the European Union and organisations supported by it, Archives and Charitable Groups. The goal of the audiovisual material was to acquaint students with the thematic unit covered in the class. The answers to the exercises of the unit were also augmented.

The following chapters of the paper contained the presentation of the Unity platform and its working environment explaining how to download, install it along with the necessary components to create an AR app. They also contained the creation of the Data Base in Vuforia, how to launch of the first project and the basic functions. The creation of das_AR app was presented in the following chapter, after the basic functions of the Unity platform have been understood. This was considered necessary so that the reader could first comprehend the theoretical framework, the principles that guided the development of an AR application for Education, the functions of the platform and the changes that were finally required.

Das_AR was created in order to assist the educational process in a school but also encourage more educators to follow the same process to create the applications that would help them in their teaching and their students in comprehending and studying. This was the reason why both the theoretical framework and practical part of creating were presented through pictures and guidelines. The part of the Code needed to be added, and instructions on how to apply it, were also presented. The evaluation of the application was also important. Qualitative evaluation was performed through open group discussions and individual interviews of teachers, students and field experts. Quantitative evaluation by students followed afterwards. The results were analyzed and presented in the 5th chapter of the paper. Chapter 6 included the conclusion of the paper and the challenges in the field of research based on the findings of the evaluation that was carried out and the bibliographical research.

Keywords: *Augmented Reality, Application, Education, Unity, Vuforia*

1

Εισαγωγή

Η πρώτη επαφή που είχε η ομάδα μου με την Επαυξημένη Πραγματικότητα ήταν κατά την διάρκεια ενός κύκλου μαθημάτων στο χώρο του FCL (Future Classroom Lab) στις Βρυξέλες στα πλαίσια ενός προγράμματος Erasmus το 2016 με τίτλο «Innovative Teaching Methods and Tools»-«Καινοτόμες Εκπαιδευτικές Μέθοδοι και Εργαλεία». Την ομάδα μου αποτελούσαν εκπαιδευτικοί διάφορων ειδικοτήτων με κοινά ενδιαφέροντα όσον αφορά την εξέλιξη στον χώρο της Τεχνολογίας και της Εκπαίδευσης. Ο χώρος αυτός συχνά αναφέρεται ως Τ.Π.Ε. όπου *το ΤΠΕ σημαίνει «Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών»* (Δαπόντες, 2007). Το FCL αποτελεί ένα από τα όργανα μιας ευρύτερης ομάδας οργάνων της Ευρωπαϊκής Ένωσης που τελεί υπό την εποπτεία του European Schoolnet Academy και χρηματοδοτείται από τα Υπουργεία Παιδείας των χωρών-μελών της Ε.Ε.. Στους χώρους του FCL παρουσιάζονται καινοτόμες εκπαιδευτικές μέθοδοι και εξελίξεις στον τομέα της Τεχνολογίας (Μαλαματή, 2018). Οι τεχνολογίες στις οποίες δεν υπήρχε από τους συμμετέχοντες καμία εξοικείωση ήταν αυτές της Επαυξημένης Πραγματικότητας, AR (Augmented Reality) και της Εικονικής Πραγματικότητας, VR (Virtual Reality). Ο εφαρμογές που παρουσιάστηκαν αφορούσαν κυρίως την προ-σχολική εκπαίδευση και τις Θετικές Επιστήμες στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Στόχος των μαθημάτων ήταν να αναδειχθούν οι ευκαιρίες και οι δυνατότητες των τεχνολογιών αυτών κυρίως στον χώρο της εκπαίδευσης. Τα μαθήματα αφορούσαν στην παρουσίαση έτοιμων εφαρμογών αλλά δεν υπήρχε χρόνος και πρόβλεψη για την εκπαίδευση των συμμετεχόντων στην δημιουργία πρωτότυπων ανάλογων εφαρμογών. Η έλλειψη αυτή ίσως να οφείλονταν στο γεγονός πως θα έπρεπε να μεσολαβήσει εύλογο χρονικό διάστημα από την παρουσίαση των νέων αυτών τεχνολογιών έως την δοκιμή και υιοθέτησή τους. Σύμφωνα με τις προβλέψεις για τις αναδυόμενες τεχνολογίες, η Επαυξημένη Πραγματικότητα θα απαιτούσε 5-10 έτη προκειμένου να αξιοποιηθεί επαρκώς, όπως αποτυπώθηκε ενδεικτικά στην εικόνα 1 που έδειχνε τον κύκλο ανάπτυξης των αναδυόμενων τεχνολογιών στα πλαίσια της βιομηχανίας και της ατομικής ανάληψης ρίσκου, όπως χαρακτηριστικά αναφέρονταν στον ιστότοπο του οίκου προβλέψεων Gartner (Stamford Conn, 2016). Παρόλες τις υψηλές εκτιμήσεις δεν έτυχαν μεγάλης εξέλιξης (van Kleef & Noltes, 2010).



Εικόνα 1: κύκλος ανάπτυξης των αναδυόμενων τεχνολογιών για το 2016 σύμφωνα με τον οίκο Gartner (πηγή <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2016-08-16-gartners-2016-hype-cycle-for-emerging-technologies-identifies-three-key-trends-that-organizations-must-track-to-gain-competitive-advantage>)

Στα πλαίσια των μαθημάτων παρουσιάστηκαν διάφορες εφαρμογές που αναλύθηκαν σε επόμενη ενότητα. Μετά την παρουσίαση και τις δοκιμές ακολούθησε μια αρχική αξιολόγηση των εφαρμογών. Στην αρχική αυτή αξιολόγηση από τους συμμετέχοντες στα μαθήματα, η χρήση της Εικονικής Πραγματικότητας φάνηκε πιο εντυπωσιακή αλλά με αυξημένο κόστος για εξοπλισμό και μικρές δυνατότητες παραμετροποίησης. Η χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας κρίθηκε πιο προσβάσιμη στους χώρους της εκπαίδευσης με βασική προϋπόθεση την αντιμετώπιση των προβλημάτων που δημιουργούσε κυρίως η έλλειψη εμπειρίας. Γενικά, η επιτυχημένη υιοθέτηση της αρχικά φάνηκε να επηρεάζεται από δυο παράγοντες, το υλικό που προσέφεραν οι ήδη υπάρχουσες εφαρμογές και την δυνατότητα που παρείχαν στους εκπαιδευτικούς προκειμένου αυτοί να περιλάβουν υλικό δημιουργημένο από τους ίδιους (N. N. Kostaras & Xenos, n.d.; N. Kostaras & Xenos, 2012). Στις περισσότερες πλατφόρμες αυτό αφορούσε την ύπαρξη ή μη της δυνατότητας επεξεργασίας του υλικού προς επαύξηση, δηλαδή ενός Designer Studio. Στο συμπέρασμα αυτό κατέληξε η πλειοψηφία των συμμετεχόντων καθώς δεν υπήρχε επαρκές υλικό διαθέσιμο για πειραματισμό ούτε εξοικείωση με τις πλατφόρμες AR. Αποτέλεσε όμως την αφετηρία μιας σειράς δοκιμών πάνω σε εφαρμογές AR, αξιολόγησης των διαθέσιμων πλατφόρμων και δημιουργίας εφαρμογών σε αυτές καθώς αυτό έκαναν σε πρώτη φάση οι περισσότεροι ερευνητές (Yuen et al., 2013). Η εφαρμογή που παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία, η das_AR, ήταν το προϊόν της προσπάθειας να επιλυθούν κάποια βασικά προβλήματα ώστε η AR να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί στον χώρο της εκπαίδευσης. Παρόλο που ήταν προσαρμοσμένη στις μαθησιακές ανάγκες μιας ομάδας μαθητών και ενός μαθήματος θα μπορούσε να παραμετροποιηθεί και να καλύψει περισσότερα ακαδημαϊκά πεδία. Αποτέλεσε το προϊόν της εξελικτικής διαδικασίας που άρχισε στις Βρυξέλες το 2016 και συνεχίστηκε στην Ελλάδα έως το 2022.

Επειδή σε μεγάλο μέρος της βιβλιογραφίας μαζί με την Επαυξημένη Πραγματικότητα εμφανιζόταν και η Εικονική Πραγματικότητα θεωρήθηκε ωφέλιμο να αφιερωθεί μια υποενότητα στην αποσαφήνιση των δυο αυτών τεχνολογιών που αν και εμφάνιζαν ομοιότητες μεταξύ τους είχαν επίσης σημαντικές διαφορές.

1.1 Εικονική και Επαυξημένη Πραγματικότητα

Η Εικονική Πραγματικότητα, VR (Virtual Reality), είναι η τεχνολογία που επιτρέπει στον χρήστη να «βλέπει έναν κόσμο δημιουργημένο ψηφιακά μέσα από μια ηλεκτρονική συσκευή (...) και να έχει την δυνατότητα να αλληλεπιδρά με τον κόσμο αυτό και με αντικείμενα που βρίσκονται σε αυτόν και έχουν επίσης δημιουργηθεί ψηφιακά» (Vince, 2004). Η Pat Cadigan μια Βρετανοαμερικανή συγγραφέας επιστημονικής φαντασίας παρομοίασε την VR με την συγγραφή ενός βιβλίου αφού «ένα βιβλίο αποτελεί την προσπάθεια αναπαράστασης ενός φανταστικού κόσμου γραφικά» (Wexelblat, 2014). Τόσο η εικόνα όσο και ο ήχος ήταν εναρμονισμένα με το περιεχόμενο της εφαρμογής. Αυτού του είδους η τεχνολογία δεν επέτρεπε στον χρήστη να έχει επαφή με τον πραγματικό κόσμο καθώς αυτό θα μπορούσε να επηρεάσει την ποιότητα της εφαρμογής (Bowman & McMahan, 2007). Στην βιβλιογραφία αναφέρονταν επίσης ο όρος Διευρυμένη Πραγματικότητα- Extended Reality (Greengard, 2019) προκειμένου να αποδώσει τις δυνατότητες που υπάρχουν. Οι δυνατότητες αποτυπώνονταν στους οικονομικούς πόρους που έχουν δαπανηθεί και παρουσίαζαν μια αύξηση από τα 2,2 δις. δολάρια το 2016 στα 18,8 δις. δολάρια το 2022 (Greengard, 2019). Τα οικονομικά μεγέθη καταδεικνυαν την δυναμική της τεχνολογίας αυτής αλλά και την βασική της αδυναμία. Περιβάλλοντα που να μπορούν να αναγνωρίζονται από τον χρήστη ως ρεαλιστικά ήταν πολύ δύσκολο να αναπτυχθούν. Απαιτούσαν υπολογιστικούς πόρους, ιδιαίτερα γραφιστικά περιβάλλοντα και ανάλογο εξοπλισμό από τον χρήστη (Earnshaw, 2014). Στην βιβλιογραφία αναφέρονταν ως HMD (Helmet Mount Display- Απεικόνιση σε κράνος) (Aukstakalnis, 2016). Για αυτόν τον λόγο είχαν συνδεθεί με παιχνίδια που μπορούσαν να υποστηριχθούν οικονομικά από μεγάλες εταιρείες (Zyda, 2005). Το 2014 η εταιρεία Google παρουσίασε στην παγκόσμια κοινότητα την δική της πρόταση στον χώρο με το Google Cardboard VR headset το οποίο ήταν ένα σετ που αποτελούνταν από ένα χάρτινο κουτί-πλαίσιο στο οποίο ο χρήστης έπρεπε να βάλει την δική του «έξυπνη» κινητή συσκευή και «κατεβάζοντας» εφαρμογές VR από το Google Playstore να μπορεί να τις βλέπει. Σαν ιδέα φαινόταν καλή αλλά είχε δυο πολύ βασικά προβλήματα, το πρώτο αφορούσε τις συσκευές του χρήστη οι οποίες λειτουργούσαν μόνο αν διέθεταν γυροσκόπιο, έναν αισθητήρα που δεν διέθεταν όλες οι κινητές ηλεκτρονικές συσκευές και το δεύτερο πρόβλημα αφορούσε την ποικιλία και την ποιότητα των διαθέσιμων εφαρμογών (VR, 2021). Υπήρξαν προσπάθειες από ερευνητές να προσθέσουν εφαρμογές με εκπαιδευτικό περιεχόμενο (Fabola et al., 2015; Yoo & Parker, 2015) (Butcher et al., n.d.). Αυτό δεν εμπόδισε την εταιρεία να αποσύρει το project το 2021 (Nerdi, 2021). Άλλοι ερευνητές επέλεξαν να εργαστούν σε άλλες πλατφόρμες όπως στην Unity απαιτώντας όμως πολλαπλάσιο χρόνο και πόρους (Linowes, 2015). Η τεχνολογία VR δεν μπορούσε να θεωρηθεί ως ιδανική τεχνολογία. «Η χρήση του εξοπλισμού μπορεί να επιφέρει δυσάρεστα συναισθήματα όπως απομόνωση και άγχος όταν χρησιμοποιείται πολύ ώρα (...) ενώ παράλληλα προκύπτουν ζητήματα ηθικής, κοινωνικά και νομικά (Greengard, 2019).

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα δεν προσπαθούσε να δημιουργήσει έναν ψηφιακό συντεθειμένο κόσμο όσο να επαυξήσει τον πραγματικό με υλικό που θα μπορούσε να συνθέσει ο δημιουργός της εφαρμογής. Θα μπορούσε να βρει εφαρμογή σε πολλούς χώρους όπως της βιομηχανίας με την χρήση οθονών προβολής ειδικών πληροφοριών σε αεροσκάφη (Aukstakalnis, 2016), τον κατασκευαστικό κλάδο (Zollmann et al., 2014), τον Τουρισμό (Jung & Dieck, 2017; van Kleef & Noltes, 2010) και τον ευρύτερο χώρο της εκπαίδευσης (Challenor & Ma, 2019; Christian et al., 2007; Juan et al., 2008; Pasaréti et al., n.d.). Το βασικό της πλεονέκτημα παρέμενε το χαμηλό κόστος αφού δεν απαιτούνταν εξοπλισμός που δεν διέθεταν ήδη οι χρήστες και θα μπορούσε να είναι ένα «έξυπνο» τηλέφωνο ή μια ταμπλέτα. Όσον αφορά την χρήση υλικού δημιουργημένου από άλλους, την ύπαρξη πλατφόρμων με σκοπό την δημιουργία πρωτότυπου υλικού και τις δεξιότητες και γνώσεις που θα απαιτούνταν από όποιον θα επιθυμούσε να ενασχοληθεί με αυτήν την τεχνολογία κρίθηκε σκόπιμο να γίνει λόγος στην επόμενη ενότητα. Στην επόμενη ενότητα αναλύθηκαν και τα προβλήματα που έχουν προκύψει από την εφαρμογή της Επαυξημένης Τεχνολογίας στην εκπαίδευση ειδικότερα αν και κάποια φάνηκε να είναι κοινά και στους δυο τύπους τεχνολογία όπως η ηθική, η καταλληλότητα και ζητήματα νομικής φύσης.

1.2 Η Επαυξημένη Πραγματικότητα: τι είναι και πως ακριβώς λειτουργεί

Επαυξημένη Πραγματικότητα ορίστηκε ως η «ενσωμάτωση ενός τρισδιάστατου εικονικού αντικειμένου σε ένα πραγματικό τρισδιάστατο περιβάλλον σε πραγματικό χρόνο» (Azuma, 1997). Με την Επαυξημένη Πραγματικότητα θα μπορούσε να δίνεται η δυνατότητα της προσθήκης οπτικού και ηχητικού υλικού, σε μια περιοχή που θα ήταν ορατή μέσω κινητής ηλεκτρονικής συσκευής. Η τεχνολογία αυτή στις επόμενες ενότητες ονομάστηκε χάρη συντομίας AR χαρακτηρίζοντας την τεχνολογία αυτή συνολικά και όχι κάποια εφαρμογή μόνο ειδικότερα. Για την εφαρμογή της απαιτούνταν από τον χρήστη μια κινητή ηλεκτρονική συσκευή που θα μπορούσε να είναι ένα «έξυπνο» τηλέφωνο, μια ταμπλέτα ή εξειδικευμένος φορητός εξοπλισμός που χαρακτηρίζονταν ως *wearable*, δηλαδή φορεμένος. Αυτή αποτέλεσε μια από τις διαφορές με την τεχνολογία που χαρακτηρίζονταν ως Εικονική Πραγματικότητα. Ο εξοπλισμός που θα απαιτούσε η AR ήταν το κύριο πλεονέκτημά της επειδή υπήρχε ήδη και ήταν σχετικά οικονομικός. Χαρακτηρίστηκε ως πρακτικότερο επειδή αν μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στην εκπαίδευση, οι μαθητές θα χρειάζονταν συσκευές που ήδη διέθεταν οπότε θα ήταν πιο οικονομικό και θα επέτρεπε την ενσωμάτωση μεγάλου όγκου υλικού και μεγάλης ποικιλίας (Billinghurst, 2002).

Όταν κάποιος χρήστης χρησιμοποιούσε μια εφαρμογή AR, χρησιμοποιούσε την οθόνη και την κάμερα της κινητής του συσκευής προκειμένου να εντοπίσει τα κατάλληλα σημεία και η εφαρμογή να ξεκινήσει να προβάλλει το αντίστοιχο υλικό. Λέξεις-κλειδιά αποτελούσαν ακριβώς τα σημεία και το υλικό. Υπήρχαν εφαρμογές που χρησιμοποιούσαν εικόνες-στόχους (*target image*) αλλά και κάποιες που δεν χρειάζονταν κάτι τέτοιο. Υπήρχαν εφαρμογές που δημιουργούσαν δικούς τους τύπους εικόνων-στόχων. Το υλικό που χρησιμοποιούνταν για να επαυξήσει την εικόνα-στόχο μπορούσε να είναι μια άλλη εικόνα, ένα τρισδιάστατο αντικείμενο, ένα ηχητικό αρχείο, ένα βίντεο ή και συνδυασμός κάποιων από τα προηγούμενα βάση σεναρίου ή διάδρασης με τον χρήστη. Μπορούσαν να υπάρχουν δείκτες, κουμπιά, μπάρες προόδου στην οθόνη που θα

βοηθούσαν τον χρήστη στην πλοήγησή του. Η δυνατότητα της προβολής υλικού μπορούσε να αξιοποιηθεί σε πολλές εφαρμογές είτε αυτές αποτελούσαν τμήμα πληροφόρησης, οδηγιών ή ακόμα και διασκέδασης (Feiner, 2002).

Η ποικιλία του υλικού και οι δυνατότητες που θα μπορούσε να προσφέρει η AR δεν αρκούσαν για να επιλυθούν τα βασικά προβλήματα που αφορούσαν

- την ποιότητα,
- την καταλληλότητα
- την επιλογή του υλικού που θα μπορούσε να επαυξήσει μια εμπειρία AR.

Για να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα αυτά θα έπρεπε

- να γίνουν πρώτα αντιληπτά από τον δημιουργό μιας εφαρμογής AR,
- να αναλυθούν με βάση τις προτεραιότητες που θα έπρεπε να τηρήσει
- να τηρηθούν οι κανόνες οι οποίοι σχετίζονταν με την νομοθεσία και την ορθή χρήση του οπτικοακουστικού υλικού.

Επειδή η παρούσα εργασία επικεντρώθηκε στη δημιουργία μιας εκπαιδευτικής εφαρμογής οι παράγοντες που αναφέρθηκαν αναλύθηκαν με βάση την κατεύθυνση αυτή.

1.3 Τύποι AR

Ήταν σημαντικό να γίνει κατανοητό πως υπήρχαν διάφοροι τύποι εφαρμογών που χαρακτηρίζονταν ως AR αλλά ακολουθούσαν διαφορετική μέθοδο δημιουργίας και εξαρτιόνταν από τον χρήστη-δημιουργό να επιλέξει την κατάλληλη για την κάθε περίπτωση. Το ίδιο ίσχυε αν κάποιος χρήστης προτιμούσε να χρησιμοποιήσει κάποια πλατφόρμα που επέτρεπε την δημιουργία εφαρμογών AR.

Μια πρώτη κατηγοριοποίηση αφορούσε την δυνατότητα του χρήστη-δημιουργού να χρησιμοποιεί μια πλατφόρμα δωρεάν ή επί πληρωμή. Η διαφορά αυτή ήταν σημαντική για κάποιον που δεν είχε στην διάθεσή του επαρκείς οικονομικούς πόρους. Έρευνες έδειξαν πως η συμβατότητα, η καινοτομία, η ευχαρίστηση και η σχέση μεταξύ κόστους-πολυπλοκότητας ήταν οι παράγοντες που επηρέαζαν τις αποφάσεις των χρηστών. Όταν μια εφαρμογή είχε χαμηλό ή καθόλου κόστος, εκλαμβάνονταν ως θετικός παράγοντας. Όταν μια εφαρμογή ήταν πολύπλοκη, οι χρήστες επηρεάζονταν αρνητικά (Wang et al., 2018). Όπως όμως συνέβαινε στις περισσότερες περιπτώσεις εφαρμογών, υπήρχε σχέση ανάμεσα στο κόστος και την τιμή (Agora et al., 2017). Αν κάποιος ήθελε να δοκιμάσει κάποια πλατφόρμα δημιουργίας AR για πρώτη φορά θα μπορούσε να προτιμήσει μια πλατφόρμα δωρεάν και ανοιχτού κώδικα αλλά αν δεν διέθετε εξιδανικευμένες γνώσεις ίσως να μην κατάφερε να δημιουργήσει αυτό που είχε αρχικά σχεδιάσει. Οπότε η επόμενη εναλλακτική θα ήταν μια πλατφόρμα επί πληρωμή με δυνατότητες για δημιουργούς και ιδανικά μια έκδοση για δοκιμή. Θα μπορούσαν να προσφέρονται διάφορα πακέτα προσφορών. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να γίνει αντιληπτό πως μια πολύπλοκη εφαρμογή με άφθονο, δυναμικό και ποιοτικό περιεχόμενο θα απαιτήσει εμπορικές άδειες οπότε θα έχει κόστος (Zhuravlov-Galchenco, 2018). Τα τελευταία έτη είχε επίσης παρατηρηθεί πως ολοένα και περισσότεροι πελάτες προϊόντων τεχνολογίας εκφράζαν την επιθυμία να συμμετέχουν στον σχεδιασμό και την παραγωγή τους, το οποίο με τη σειρά του ώθησε κορυφαίες επιχειρήσεις να δημιουργήσουν και να προσφέρουν μια σειρά προϊόντων που επέτρεπαν την αυτοπροσαρμογή (self-customisation). Οι

παράγοντες που φάνηκε να επηρεάζουν την συμπεριφορά και τις προτιμήσεις των χρηστών ήταν η εκτιμώμενη αξία της υπηρεσίας που προσφέρονταν σε σχέση με την τιμή, την ωφέλεια, την ευχαρίστηση και την πολυπλοκότητα από τεχνολογική άποψη (Yu et al., 2019). Αυτός ήταν ένας από τους λόγους που ώθησε μεγάλες εταιρείες τεχνολογίας να προσφέρουν πλατφόρμες-περιβάλλοντα που παρείχαν υπηρεσίες σε ανθρώπους που θα ήθελαν να ασχοληθούν με την δημιουργία εφαρμογών AR.

Μια άλλη διαφορά υπήρχε στον τύπο λειτουργικού συστήματος που θα χρειάζονταν να επιλεγεί. Δεν λειτουργούσαν όλες οι πλατφόρμες με τον ίδιο τρόπο. Παρουσίαζαν ομοιότητες όσον αφορά τις δυνατότητες που πρόσφεραν αλλά αναλόγως με τον πάροχο, αφορούσαν διαφορετικά λειτουργικά. Η πλατφόρμα ARKit δημιουργήθηκε και υποστηρίζεται από την Apple, οπότε δεν μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε συσκευές που το λειτουργικό τους είναι android. Για τις συσκευές αυτές προτεινόταν η πλατφόρμα ARCore η οποία είναι από πολλές απόψεις ανάλογη της ARKit αλλά δημιουργήθηκε από την εταιρεία Google. Σαν λειτουργικό χρησιμοποιεί μεν το Android αλλά σαν εταιρεία η Google μπορούσε να επιβάλλει περιορισμούς στους τύπους συσκευών που μπορούσαν να «τρέχουν» την εφαρμογή (Ace, 2021).

Υπάρχουν εφαρμογές που χρησιμοποιούσαν εικόνες ή κάποια μορφή συμβόλου (marker) προκειμένου να εμφανιστεί το περιεχόμενο οπότε οι εφαρμογές χαρακτηρίζονταν ως marker-based ενώ κάποιες άλλες χρησιμοποιούσαν GPS ή αισθητήρες και ονομάζονταν markerless (Zhuravlov-Galchenco, 2018). Αυτός ο τύπος αποτελούσε την πλειοψηφία ιδιαίτερα σε εφαρμογές με εμπορικούς σκοπούς (Schechter, 2014). «Ένα τεχνολογικό εργαλείο το οποίο ενδεχόμενα μπορεί να προσφέρει σημαντικές υπηρεσίες στην εκπαιδευτική διαδικασία, είναι οι κωδικοί QR» (Quick Response) (Papadakis & Orfanakis, 2014) αλλά δεν προσέφεραν το ίδιο επίπεδο εμπειρίας. Υπήρχαν επίσης εταιρείες που προτιμούσαν να δημιουργούν δικό τους τύπο συμβόλων και αυτά να μπορούν να επικολλούνται σε έντυπο υλικό, όπως η εταιρεία Zappar.

Επομένως θα ήταν χρήσιμο πριν αποφασίσει κάποιος να δημιουργήσει μια εφαρμογή AR να έχει εντοπίσει την χρησιμότητά της, τις δυνατότητες που έχει ο ίδιος ως δημιουργός, τα στοιχεία τα οποία θα χρησιμοποιηθούν και με τα οποία θα μπορούσε να αλληλεπιδρά ο χρήστης. «Υψηλής ποιότητας υλικό βοηθά την εφαρμογή να ξεχωρίσει ως ψηφιακή αφήγηση» (Strupp, 2019).

1.4 Δομή της διπλωματικής

Το πρώτο κεφάλαιο αποτέλεσε την εισαγωγή στις έννοιες που σχετίζονταν με την AR και έγινε ανάλυση των βασικών τύπων που υπάρχουν. Παράλληλα παρουσιάστηκαν τα κύρια προβλήματα που αφορούσαν την δημιουργία μιας εφαρμογής AR και μερικές προτάσεις από την βιβλιογραφία. Η ανάλυση αυτή κρίθηκε απαραίτητη προκειμένου ο αναγνώστης να μπορέσει να αντιληφθεί πλήρως το εννοιολογικό πλαίσιο που πλαισίωσε την εφαρμογή das_AR. Η δεύτερη ενότητα ασχολήθηκε με την χρήση εφαρμογών AR στον χώρο της εκπαίδευσης παρουσιάζοντας τα πλεονεκτήματα που θα μπορούσε να προσφέρει, παραδείγματα εφαρμογών και προτάσεις για ερευνητές που θα ήθελαν να υιοθετήσουν την τεχνολογία αυτή στον χώρο της εκπαίδευσης. Η ενότητα αυτή δομήθηκε ώστε να προσφέρει στον αναγνώστη τις απαραίτητες πληροφορίες ώστε να γίνει κατανοητή η ανάγκη της δημιουργίας της εφαρμογής das_AR. Στην Τρίτη ενότητα αποφασίστηκε να παρουσιαστεί η πλατφόρμα Unity και οι λόγοι για τους οποίους προτιμήθηκε για την δημιουργία της εφαρμογής das_AR. Θα υπάρξει παρουσίαση της πλατφόρμας Vuforia η

οποία φιλοξενεί την Βάση Δεδομένων της εφαρμογής και συνεργάζεται με το Unity. Ένα μέρος της ενότητας κρίθηκε σκόπιμο να αφορά τον χώρο της Μηχανικής Μάθησης και κρίθηκε αναγκαίο να περιληφθεί ώστε να γίνει κατανοητό πως ακριβώς δουλεύει μια εφαρμογή AR. Στην τέταρτη ενότητα περιγράφηκαν αναλυτικά η δημιουργία της εφαρμογής, η στοχοθεσία, οι απαραίτητες επεμβάσεις και μετατροπές στον κώδικα και η επεκτασιμότητα της εφαρμογής das_AR. Η Πέμπτη ενότητα περιέλαβε τον σχεδιασμό, την διαδικασία και τα αποτελέσματα της ποιοτικής και ποσοτικής αξιολόγησης της εφαρμογής. Στην έκτη ενότητα περιγράφηκαν τα συμπεράσματα της έρευνας και οι προκλήσεις που υπήρχαν στο πεδίο της έρευνας.

2

Η Επαυξημένη

Πραγματικότητα στον χώρο της Εκπαίδευσης

Η χρήση εφαρμογών AR στην εκπαίδευση αποτέλεσε το αντικείμενο πολλών ερευνών (Bacca et al., 2014; Sirakaya & Alsancak Sirakaya, 2018). Σε μια προσπάθεια να αποτυπωθεί ο μεγάλος βαθμός εφαρμογών AR εκπαιδευτικού περιεχομένου, ερευνητές έλεγξαν το Google Play Store και εντόπισαν 116 τέτοιες εφαρμογές που είχαν σχόλια χρηστών ώστε να μπορέσει να γίνει αποτίμηση της αξίας τους. Η έρευνες επίσης έδειξαν πως οι χρήστες αναγνώριζαν την μεγάλη αξία και τις προοπτικές αυτών των εφαρμογών ως εκπαιδευτικά εργαλεία (Alfaro & Puyvelde, 2021). Η τεχνολογία αυτή θεωρήθηκε πως θα μπορούσε να ενισχύσει την παραδοσιακή μορφή της εκπαίδευσης δίνοντας νέες δυνατότητες σε εκπαιδευτικούς και εκπαιδευόμενους (Billinghurst & Duenser, 2012). Υπήρχε η άποψη πως θα μπορούσε να απογειώσει την εκπαιδευτική εμπειρία ιδιαίτερα σε μαθήματα που η χρήση εικονικών μέσων ήταν απαραίτητη (Bower et al., 2014). Τα συμπεράσματα κατέδειξαν πως οι δημιουργοί εφαρμογών AR θα έπρεπε να επιλύσουν τα τεχνικά προβλήματα που αντιμετώπισαν οι χρήστες, να βελτιώσουν κάποια χαρακτηριστικά και να παρέχουν πιο κατανοητές οδηγίες στους χρήστες (Antonioli et al., 2014).

2.1 Πλατφόρμες Επαυξημένης Πραγματικότητας

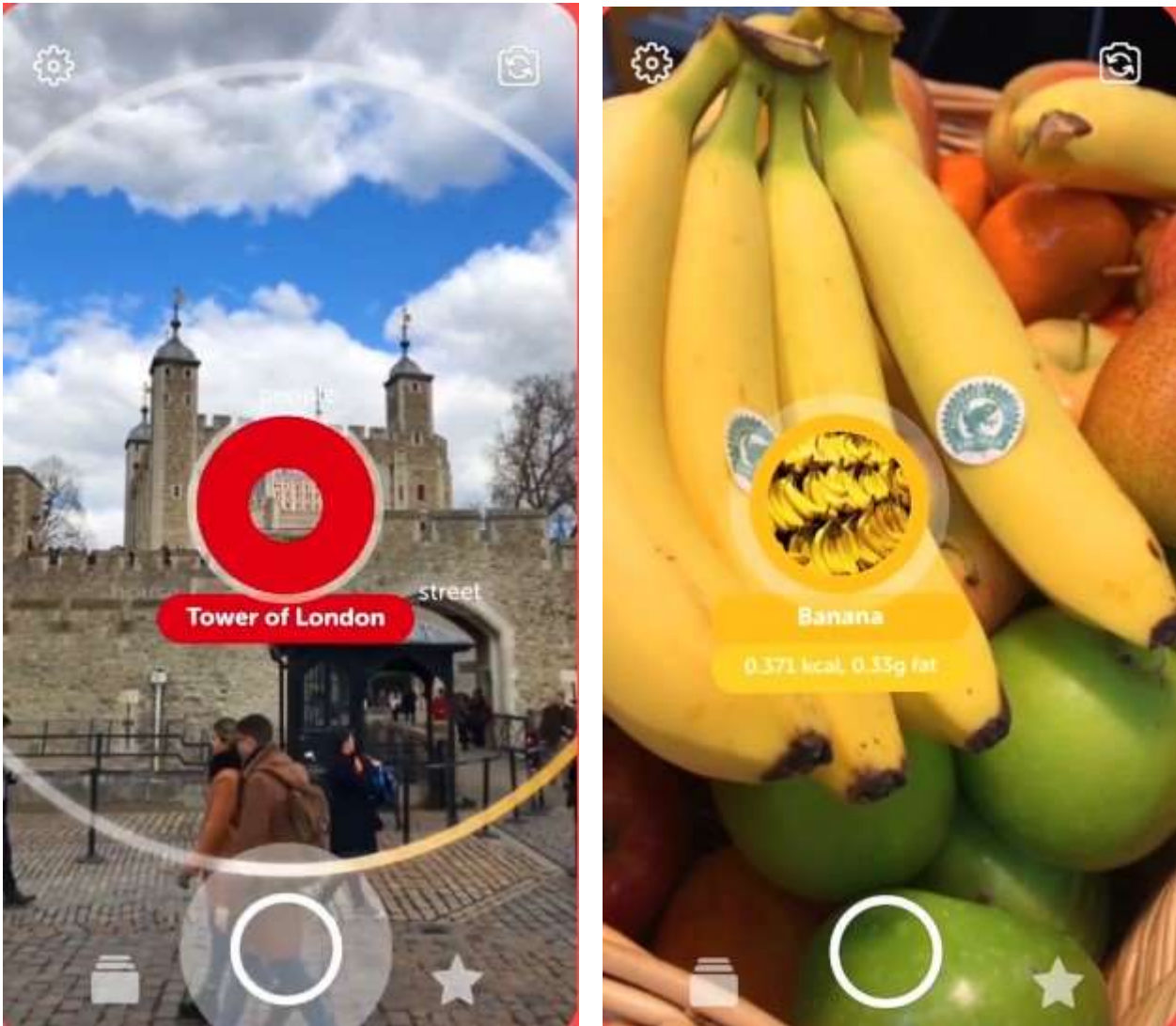
Τόσο στον χώρο του FCL όσο και στον χώρο του σχολείου προσπαθήσαμε, ως εκπαιδευτικοί, να εντοπίσουμε τις εφαρμογές που ταίριαζαν περισσότερο στο μαθησιακό προφίλ των μαθητών μας. Οι εφαρμογές αυτές παρουσιάστηκαν σε περισσότερους εκπαιδευτικούς κατά την υλοποίηση εργαστηρίων διάχυσης. Υπήρχε ανάμικτος ενθουσιασμός και αμφιβολίες ως προς την υιοθέτηση μιας τόσο νέας τεχνολογίας σε σχολικές μονάδες. Δημιουργήθηκαν ομάδες εκπαιδευτικών που με καθοδήγηση από όσους είχαμε παρακολουθήσει τον κύκλο μαθημάτων στο FCL προσπάθησαν να χρησιμοποιήσουν AR στα μαθήματά τους. Ιδιαίτερα μια ομάδα εκπαιδευτικών δυο διαφορετικών αλλά όμορων σχολείων υιοθέτησαν την AR στα μαθήματα. «*Η επαυξημένη πραγματικότητα έχει την δυνατότητα να προσαρμόζεται άμεσα στον χώρο μιας εκπαιδευτικής αίθουσας και στις ανάγκες πολλών εκπ/κών δραστηριοτήτων*» (Nincarean et al., 2013).

Αρχικά παρουσιάστηκε στους μαθητές το Quiver app όπου οι μαθητές θα έπρεπε πρώτα να χρωματίζουν εκτυπωμένες σελίδες και μετά να τις βλέπουν να «ζωντανεύουν» σε τρισδιάστατα μοντέλα αναλύοντας γεωγραφικές ή μαθηματικές έννοιες όπως αποτυπώθηκε στο σχετικό στιγμιότυπο στην εικόνα 2. Η εφαρμογή αυτή κρίθηκε καταλληλότερη για την πρώτη επαφή των μαθητών με την έννοια της AR επειδή συνδύαζε απλές σελίδες που μπορούσαν να «ζωντανέψουν». Χρησιμοποιήθηκε για να κεντρίσει αρχικά το ενδιαφέρον των μαθητών και να συζητήσουμε μαζί τους τις πιθανές εφαρμογές που θα μπορούσε να έχει στο σχολείο.



Εικόνα 2: στιγμιότυπα από χρήση της εφαρμογής Quiver App. Πηγή <https://quivervision.com/education-portal/activity-plans>.

Παρόμοιο ήταν το Blippar με την επιπλέον δυνατότητα να μπορεί ο εκπ/κος να προσθέσει στρώματα (layers) και κουμπιά πλοήγησης σε μια εικόνα-αφετηρία (trigger) την οποία οι μαθητές διάβαζαν με tablet ή smartphone. Το υλικό που μπορούσε να ενσωματωθεί ήταν εικόνα, ήχος και κίνηση. Το αποτέλεσμα έδινε την αίσθηση του τρισδιάστατου. Η εφαρμογή αυτή είχε το Blipbuilder και το Studio τα οποία ήταν διαθέσιμα στο <https://www.blippar.com> Για να είχε κάποιος πρόσβαση σε αυτά απαιτούνταν εγγραφή. Προσφέρονταν διάφορα προγράμματα με διαφορετικό κόστος. Η εταιρεία ενθάρρυνε το κοινό να δοκιμάσει να δημιουργήσει μια AR ακόμα και αν δεν γνώριζε κώδικα και προγραμματισμό. Υπήρχαν έτοιμα μοτίβα τα οποία θα μπορούσε δυναμικά να παραμετροποιήσει υπό προϋποθέσεις ο χρήστης.



Εικόνα 3: στιγμιότυπα από την χρήση Blippar App. Πηγή: <https://www.blippar.com/blog>

Η εφαρμογή αυτή ανήκε στην κατηγορία των πλατφόρμων που επέτρεπαν την δημιουργία AR αλλά ο χρήστης υπόκεινταν σε περιορισμούς. Αποτελούσε όμως μια πρόταση για κάποιον που θα ήθελε να κάνει τα πρώτα βήματα σε AR αλλά επί της ουσίας δεν παρείχε πλήρη ελευθερία στους δημιουργούς, απαιτούνταν κόστος για την φιλοξενία μεγάλου σε όγκο υλικού, υπήρχαν περιορισμοί στο υλικό που μπορούσε να έχει ένας δωρεάν λογαριασμός και είναι αμφίβολο αν θα μπορούσε να καλύψει τις ανάγκες ενός εκπαιδευτικού για μεγάλο χρονικό διάστημα. Στο τελευταίο συμπέρασμα έχουν οδηγηθεί όσοι ερευνητές έχουν αναλύσει πλατφόρμες AR, όπως φάνηκε από την βιβλιογραφία.

Στους εκπ/κούς που δίδασκαν χημεία, το Elements4d της Daqri αρχικά φάνηκε ως σχεδόν ιδανικό (Trentadue & Paslawski, 2020). Στο Elements 4D πειραματίστηκαν ακόμα και πανεπιστημιακοί φοιτητές. Το χρησιμοποίησαν προκειμένου να μελετήσουν τα χημικά στοιχεία και να εκτελέσουν πειράματα με τις δικές τους συσκευές και με τον δικό τους ρυθμό μελέτης. Η συλλογή στοιχείων από μια τέτοια μελέτη έδειξε πως οι συμμετέχοντες είχαν θετική εικόνα για την δραστηριότητα και οι ερευνητές προέτρεπαν εκπαιδευτικούς να δημιουργήσουν ανάλογες εφαρμογές (Yang et al., 2018). Στα πλαίσια της εφαρμογής, μπορούσαμε να εκτυπώσουμε τα χάρτινα κυβάρια, να αφήσουμε τους μαθητές να σχηματίσουν τους κύβους τους κολλώντας τους

σύμφωνα με τις οδηγίες και να τους αφήσουμε να δοκιμάσουν χημικές αντιδράσεις ακουμπώντας τα κυβάρια μεταξύ τους ή επιπλέον να διαβάσουν πληροφορίες για τα χημικά στοιχεία που είχε η εφαρμογή. Όπως αποτυπώθηκε στην εικόνα 4, το περιβάλλον ήταν τρισδιάστατο και οι πληροφορίες προσφέρονταν σε πλαίσιο επί της οθόνης.



Εικόνα 4: στιγμιότυπο από την εφαρμογή Elements 4D. Πηγή <http://pocketlibrarian.shannonmersand.com/2014/03/holding-plutonium-in-your-bare-hands.html>

Δυστυχώς η εφαρμογή αυτή μαζί με την ανάλογή της στον χώρο της Βιολογίας, το Anatomy 4D, παρόλο που είχαν λάβει βοήθεια μέσω του kickstarter (<https://www.kickstarter.com/projects/daqri/elements-4d-interactive-blocks>) το 2013 για να ξεκινήσουν, αποσύρθηκαν από την εταιρεία ξαφνικά το 2019 με μια ανακοίνωση στο twitter και τα mail όσων ήταν εγγεγραμμένοι χρήστες. Η απογοήτευση ήταν μεγάλη τόσο από τους καθηγητές όσο και από τους μαθητές που το χρησιμοποιούσαν.

Στα μαθήματα στο FCL γνωρίσαμε μια πλατφόρμα που φαινόταν να αποτελεί την «χρυσή τομή», το Aurasma. Παρείχε την δυνατότητα δημιουργίας AR στο design studio που διέθετε ακόμα και σε δωρεάν λογαριασμούς χρηστών, και, ξεπερνώντας τις προηγούμενες εφαρμογές, έδινε περισσότερη ελευθερία επειδή ο δημιουργός μπορούσε να προσαρμόσει ότι υλικό επιθυμούσε σε δικές του εικόνες-στόχους και να περιλάβει διαδραστικότητα μέσω απλού προγραμματισμού μεταβάσεων από μια επαύξηση σε μια άλλη με κουμπιά ή χρονική διάρκεια. Ο πίνακας ελέγχου ήταν απλός και η εκμάθησή του σχετικά εύκολη. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να δημιουργηθούν πάνω από 100 AR από εκπαιδευτικούς των δυο σχολικών μονάδων που

αναφέρθηκαν σε προηγούμενη παράγραφο. Οι καθηγητές Χημείας, Φυσικής, Βιολογίας, Ιστορίας και Αγγλικών θεώρησαν πως αποτελούσε την λύση στις εκπαιδευτικές τους ανάγκες: φιλοξενία και παρουσίαση πρωτότυπου και κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού για το μαθησιακό προφίλ των παιδιών του σχολείου που προωθούσε την πρωτοτυπία και σεβόταν τα πνευματικά δικαιώματα των δημιουργών στα πλαίσια της διερευνητικής μεθόδου διδασκαλίας-Project Based Learning (Kokotsaki et al., 2016). Η πλατφόρμα επέτρεπε στον χρήστη του λογαριασμού να δημιουργεί έργα και να τα διατηρεί στην πλατφόρμα ώστε να είναι προσβάσιμα από άλλους χρήστες χωρίς την δημιουργία ξεχωριστού λογαριασμού. Επιλέγονταν η εικόνα που θα αποτελούσε την αφετηρία για την εφαρμογή και κατόπιν το βίντεο, εικόνα ή ήχος που θα την εμπλούτιζε. Ο δημιουργός «έσωζε» το έργο και είχε την επιλογή να είναι δημόσιο, την μέθοδο και την έκταση της εμφάνισης του υλικού στην κινητή ηλεκτρονική συσκευή. Κατόπιν επέλεγε τον χρονισμό και την έναρξη/λανσάρισμα (launch) του έργου. Για να δουν οι μαθητές τα AR μπορούσαν να επιλέξουν στην αρχική οθόνη τον λογαριασμό που «ακολουθούσαν» και να έχουν πρόσβαση σε αυτό. Το υλικό προτιμήθηκε να δημιουργηθεί αποκλειστικά από τις ομάδες των μαθητών στο χώρο του σχολείου όταν, για παράδειγμα, εκτελούσαν κάποιο πείραμα, το κατέγραφαν σε βίντεο και επαύξαναν με αυτό την εικόνα του σχολικού τους βιβλίου που σχετίζονταν με το πείραμα. Η εφαρμογή δούλεψε αρκετά καλά όπως αποτυπώθηκε στην εικόνα 5 που δείχνει ένα AR στο μάθημα της Ιστορίας και η ποιοτική και ποσοτική αξιολόγηση των έργων από εκπαιδευτικούς και μαθητές ήταν ιδιαίτερα θετική και ενθαρρυντική.



Εικόνα 5: στιγμιότυπο από AR στο Aurasma. Πηγή: «Αν τα βιβλία μιλούσαν»: εμπλουτίζοντας ένα σχολικό βιβλίο με χρήση Επαυξημένης πραγματικότητας. Ένα έργο Erasmus+ που γεννήθηκε από ένα eTwinning. Παυλίδου Δέσποινα, Λύτσιος Δημήτριος, διαθέσιμο στο https://www.researchgate.net/publication/335620378_eTwinning_kai_epangelmatike_anaptyxe_ekpaideutikon_sten_Periphereia_Dytikes_Elladas

Το Aurasma αγοράστηκε από την HP το 2019, μετονομάστηκε σε HPreveal και ανέστειλε την λειτουργία του με μια λιτή ανακοίνωση στα mail όσων ήταν εγγεγραμμένοι χρήστες στην πλατφόρμα. Δεν χρειάζεται να τονιστεί πως η απλή αυτή ανακοίνωση δεν μπορούσε να αντιπροσωπεύσει τις εκατοντάδες ώρες που είχαν αφιερωθεί από τους εκπαιδευτικούς για την δημιουργία του υλικού που είχε εναποθετηθεί στην πλατφόρμα. Στις ίδιες παρατηρήσεις κατέληξαν και άλλοι ερευνητές καθώς το μεγαλύτερο πρόβλημα παρέμενε η ανησυχία των δημιουργών-εκπαιδευτικών των Ελληνικών σχολείων για την μακροβιότητα και προσβασιμότητα των δημιουργημάτων τους (Κουτρομάνος, 2021; Μαργαρίτης, n.d.). Αυτός ήταν ο βασικός λόγος που για την εφαρμογή das_AR επιλέχθηκε η πλατφόρμα Unity.

2.2 Τα πλεονεκτήματα εφαρμογών AR στην εκπαίδευση

Τα συστήματα AR εμφανίστηκαν σε πολλά πεδία της τεχνολογίας πληροφοριών και ιδιαίτερα στην εκπαίδευση, στα Μαθηματικά, τις επιστήμες, την Ιατρική (G. Chang et al.,2010). Η AR χαρακτηρίστηκε ως η πιο πρόσφατη τεχνολογία που μπορούσε να αποτελέσει ένα εκπαιδευτικό εργαλείο καθώς θα προσέφερε την δυνατότητα του συνδυασμού εικονικών ψηφιακών και φυσικών αντικειμένων ώστε να προσαυξήσει τον πραγματικό κόσμο (Persefoni & Tsinakos, n.d.). Η παρουσία πολλών πλατφόρμων φανέρωνε την δυναμική της και τις μεγάλες προσπάθειες που θα απαιτούνταν ώστε να καταλάβει μια ικανή θέση ανάμεσα σε άλλα ψηφιακά μέσα στον χώρο αυτό. Αποτελούσε την ιδανική μετάβαση από το e-learning (Nichols, 2003) στο m-learning (Arrigo et al., 2016; Hart, 2018), δηλαδή από τις ηλεκτρονικές τάξεις στην χρήση φορητών κινητών ηλεκτρονικών συσκευών που πλέον σχεδόν όλοι οι μαθητές είχαν στην κατοχή τους και γνώριζαν να χρησιμοποιούν. Αυτή η μετάβαση θα μπορούσε να γίνει στα πλαίσια της πρακτικής χρήσης των συσκευών που ήδη διέθεταν οι μαθητές, οπότε θα ήταν οικονομική και εύκολη λύση όσον αφορά τον απαιτούμενο εξοπλισμό μιας σύγχρονης αίθουσας διδασκαλίας. Η λύση αυτή εμφανίστηκε στην βιβλιογραφία ως BYOD(Bring-Your-Own-Device) σε συνδυασμό με την ανάπτυξη εφαρμογών στο διαδίκτυο οι οποίες δεν απαιτούσαν πόρους αφού αφορούσαν κυρίως τεχνολογίες σύννεφου (Lennon, 2012). Αυτό συνεπάγονταν πως οι φορητές ηλεκτρονικές συσκευές που οι περισσότεροι χρήστες είχαν ήδη στην κατοχή τους, μπορούσαν να υποστηρίξουν τα συστήματα γραφικών που θα απαιτούσε η χρήση της Επαυξημένη Πραγματικότητας (Dutta, 2015). Θα μπορούσε να θεωρηθεί πως ο χώρος της εκπαίδευσης θα ήταν ιδιαίτερα ωφελημένος από αυτήν την εξέλιξη και η Επαυξημένη Πραγματικότητα θα μπορούσε να γίνει πραγματικότητα στα σχολεία (Challenor & Ma, 2019). Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί από την προ-σχολική έως την μετά-Δευτεροβάθμια εκπαίδευση επειδή θα μπορούσε να παρέχει στους μαθητές όλες τις σχετικές πληροφορίες που σχετίζονταν με το περιβάλλον έξω, τον Φυσικό κόσμο αλλά να βοηθήσει επίσης την συγκράτηση πληροφοριών και την διδασκαλία περιεχομένου προσαρμοσμένου στην διδακτική μεθοδολογία που άρμοζε σε κάθε περίπτωση (Chen et al., 2013). Επομένως η δομή μιας εφαρμογής AR για την εκπαίδευση θα όφειλε να ακολουθεί κάποιες γενικές κατευθυντήριες γραμμές ώστε να ανταποκρίνεται στις ιδιαίτερες συνθήκες του σχολείου. Με την ανάπτυξη αυτών των κατευθύνσεων ασχολήθηκε η επόμενη ενότητα επειδή η καταλληλότητα μιας εφαρμογής ΤΠΕ αποτελούσε από μόνη της ένα ξεχωριστό πεδίο έρευνας και θα ήταν απαραίτητη σε οποιονδήποτε εκπαιδευτικό θα επιθυμούσε να ασχοληθεί με την δημιουργία μιας εφαρμογής AR.

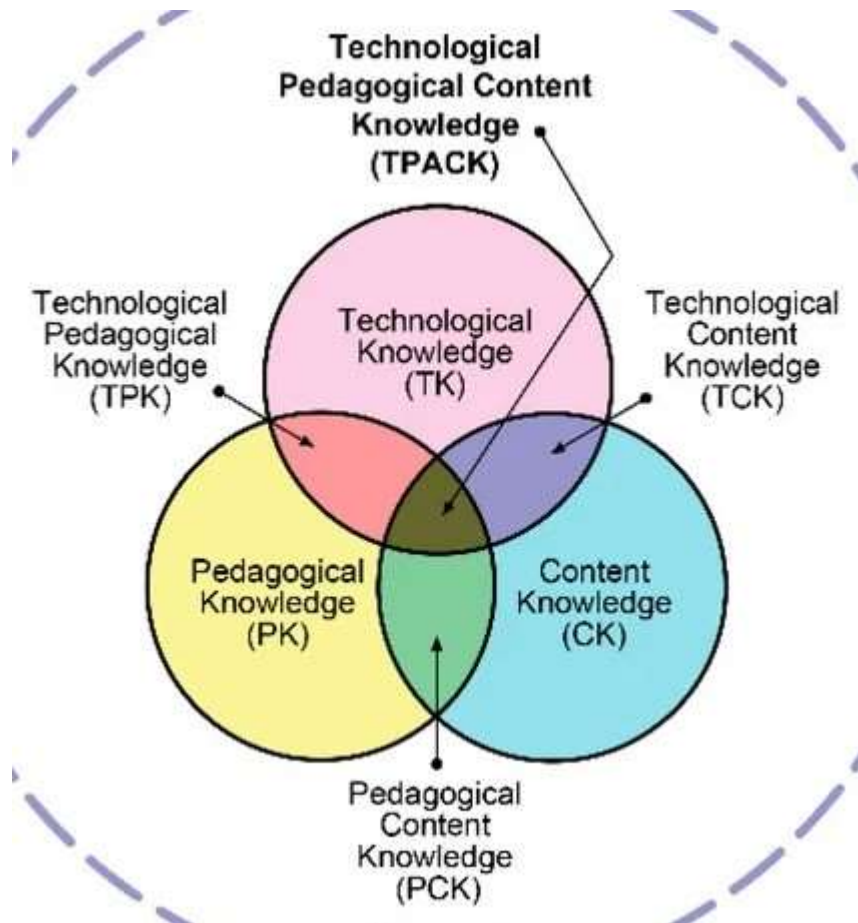
2.3 Η δομή μιας κατάλληλης εφαρμογής ΤΠΕ στην εκπαίδευση

Η εξέλιξη της Τεχνολογίας έχει αλλάξει το πρόσωπο της εκπαίδευσης ειδικά όταν αυτή συνδυάστηκε με επαρκή παιδαγωγική βάση. «Αυτός ο συνδυασμός μπορεί να δημιουργήσει νέες ευκαιρίες βελτίωσης της ποιότητας της εκπαίδευσης και της εμπειρίας του εκπαιδευόμενου» (Nincarean et al., 2013). Έχουν αποκτήσει σημασία έννοιες όπως ο σχεδιασμός της εκπαίδευσης (learning design), το περιβάλλον της εκπαίδευσης (learning environment) και η αξιολόγηση της εκπαιδευτικής διαδικασίας (assessment for authentic learning) (T.-W. Chang et al., 2017). Όσον αφορά το πρώτο σκέλος αυτής της διαπίστωσης, τον σχεδιασμό, η βιβλιογραφική έρευνα κατέδειξε μια σειρά από αρχές (Design Principles):

- Ενσωμάτωση (Integration)- Το χαρτί και το βιβλίο θα πρέπει να παραμένουν τα κύρια στοιχεία της εργασίας σε μια σχολική αίθουσα. Οι μαθητές χρειάζονται τα βιβλία τους, πρέπει να κάνουν τις ασκήσεις τους και οι γονείς τους να μπορούν να γνωρίζουν την πρόοδό τους. Το σχολικό βιβλίο δεν καταργείται με την AR αλλά επαυξάνεται, οπότε η αρχή αυτή πληρείται.
- Ενδυνάμωση (Empowerment)- Οι μαθητές θα πρέπει να μπορούν να εκτελούν τις ασκήσεις τους και να μελετούν με τον δικό τους ρυθμό και να συνεισφέρουν με υλικό στην εκπαιδευτική διαδικασία. Μια εφαρμογή AR θα μπορούσε άνετα να φιλοξενήσει υλικό φτιαγμένο από τους μαθητές και να τονώσει το ηθικό τους.
- Επίγνωση (Awareness)- Παρακολουθώντας την χρήση από τους μαθητές θα μπορούσε να γίνει εμφανές στον εκπαιδευτικό ποιες δραστηριότητες ήταν πιο δύσκολες και αν απαιτείται επανάληψη.
- Ευελιξία (Flexibility)- Ο χρόνος και ο τόπος θα μπορούν να επεκτείνονται πέρα της αίθουσας διδασκαλίας ιδιαίτερα για τους μαθητές που ενδεχομένως να χρειάζονται περισσότερο χρόνο για να κατανοήσουν μια ενότητα ή να εκτελέσουν μια άσκηση.
- Απλότητα (Minimalism)- Δεν θα απαιτούνται χρονοβόρες διαδικασίες ταυτοποίησης χρήστη που δεν δικαιολογούνται πάντα. Δεν θα σπαταλούνται υπολογιστικοί πόροι και η πρόσβαση θα μπορεί να γίνεται από μια συσκευή χωρίς να χρειάζεται ο μαθητής να πληκτρολογήσει κάτι (Cuendet et al., 2013)

Όσον αφορά το περιβάλλον της εκπαίδευσης και την αξιολόγηση της εκπαιδευτικής διαδικασίας προτάθηκε να ακολουθείται το μοντέλο TPACK: Technology (Τεχνολογία), Pedagogical (Παιδαγωγική), Content Knowledge (Γνώση Περιεχομένου Πεδίου) (Lyublinskaya & Karlon-Schilis, 2022). Όπως αποτυπώθηκε στην εικόνα 6 που ακολουθεί και αναπαριστά γραφικά το μοντέλο αυτό, αποτυπώθηκε γραφικά η ύπαρξη ενός κοινού τύπου ανάμεσα στην διαθέσιμη Τεχνολογία, το Επιστημονικό πεδίο που διδάσκεται και τη Διδακτική Μεθοδολογία που υιοθετείται από έναν εκπαιδευτικό που επιθυμεί να χρησιμοποιήσει ΤΠΕ. Ο κοινός τύπος μπορεί να φαίνεται σχετικά μικρός στο σχήμα αλλά προδηλώνει τους περιορισμούς που έχει η χρήση ΤΠΕ στον χώρο της Εκπαίδευσης. Μια τεχνολογία επομένως, μπορεί να είναι εντυπωσιακή αλλά ακατάλληλη λόγω κόστους, προσβασιμότητας, ασφάλειας στον χώρο του σχολείου. Αντίστοιχα, η καλή γνώση ενός Επιστημονικού πεδίου χωρίς την γνώση παιδαγωγικών μεθόδων διδασκαλίας

δεν εγγυάται την καταλληλότητα του υλικού που χρησιμοποιείται. Απαιτούνται και οι τρεις χώροι για την δημιουργία ενός κατάλληλου εργαλείου με χρήση τεχνολογίας για την εκπαίδευση.



Εικόνα 6: μοντέλο Technology, Pedagogical, Content Knowledge. Πηγή: <https://www.mdpi.com/2227-7102/12/2/79>

Επειδή η διδασκαλία είναι ήδη ένα περίπλοκο επάγγελμα, η χρήση Τεχνολογίας μπορεί να επιφέρει επιπλέον πολυπλοκότητα. Η βιβλιογραφία, η παρατήρηση και ο αναστοχασμός μπορεί να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς να αποφύγουν την πολυπλοκότητα. Ιδιαίτερα εκπαιδευτικοί με μικρή πείρα σε χώρους διδασκαλίας ή στην χρήση της Τεχνολογίας μπορούν να ωφεληθούν αν ακολουθήσουν τις αρχές που περιγράφηκαν ώστε το περιεχόμενο, η μορφή και η χρήση του υλικού που θέλουν να χρησιμοποιήσουν να αξιοποιεί το μοντέλο TPACK (Lu, 2014). Η επιλογή του υλικού που χρησιμοποιήθηκε στην δημιουργία της εφαρμογής das_AR έγινε με γνώμονα αυτά τα κριτήρια.

3

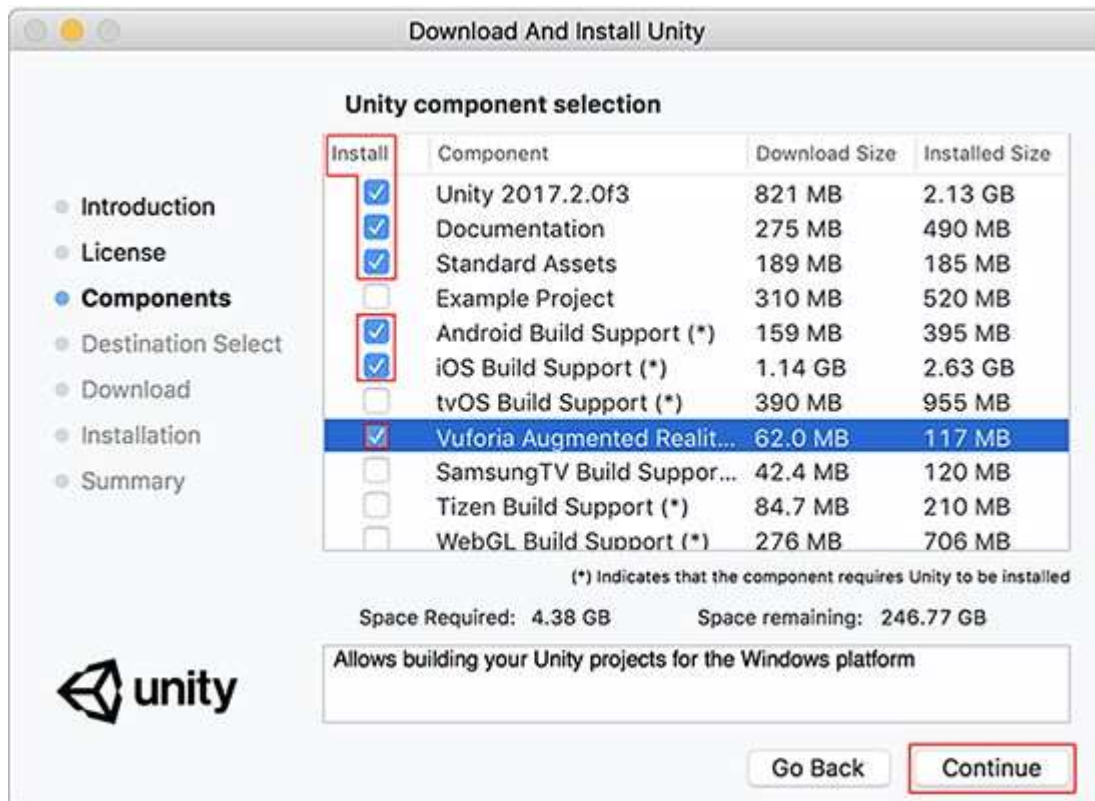
Η χρήση της

Πλατφόρμας Unity

Το Unity (ή όπως αλλιώς ονομάζεται Unity3D) έχει χαρακτηριστεί ως μια μηχανή δημιουργίας παιχνιδιών (game engine) και ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (integrated development environment (IDE)- ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης) για την δημιουργία διαδραστικών μέσων (interactive media) στην πλειονότητα βιντεοπαιχνιδιών. Όπως το περιέγραψε ο CEO David Helgason το Unity «είναι ένα σύνολο εργαλείων για την δημιουργία παιχνιδιών και διαθέτει την τεχνολογία για την εκτέλεση γραφικών, ήχου, διάδρασης και networking». Η πρώτη έκδοση του Unity δημιουργήθηκε από τους συναδέλφους David Helgason, Joachim Ante και Nicholas Francis στη Δανία το 2005 (Haas, 2014). Από το 2005 έως το 2022 έχουν μεσολαβήσει πολλές εκδόσεις διαθέσιμες πλέον από ένα κεντρικό hub και ένα αρχείο παλαιότερων εκδόσεων. Δεν χρησιμοποιείται πλέον μόνο ως πλατφόρμα δημιουργίας παιχνιδιών αλλά επιτρέπει συνδυασμούς εφαρμογών σχεδίασης ώστε να γίνεται πιο εύκολη η δημιουργία πρωτοτύπων στον χώρο του βιομηχανικού σχεδιασμού (Harlan et al., 2020) ή του Αρχιτεκτονικού σχεδιασμού (Westre, 2014). Η προσθήκη λειτουργιών AR & VR έδωσε περισσότερες δυνατότητες σε μια πλειάδα ερευνητών να δημιουργήσουν εφαρμογές για πολλούς χώρους (Linowes, 2015) από τους οποίους δεν θα μπορούσε να λείπει η Εκπαίδευση (Linowes, 2015; Ouyang et al., 2018). Στις ενότητες που ακολουθούν κρίθηκε σκόπιμο να παρουσιαστεί η πλατφόρμα και το περιβάλλον λειτουργίας της επεξηγώντας την εγκατάσταση της πλατφόρμας και των απαραίτητων για την δημιουργία AR κομματιών (components), την δημιουργία βάσης Δεδομένων, την εκκίνηση του πρώτου έργου και τις βασικές λειτουργίες της. Η δημιουργία της εφαρμογής das_AR θεωρήθηκε πως ορθά θα έπρεπε να παρουσιαστεί στην αμέσως επόμενη ενότητα και αφού έχουν γίνει κατανοητές οι βασικές λειτουργίες του Unity. Αυτό κρίθηκε απαραίτητο ώστε ο αναγνώστης να μπορέσει να κατανοήσει το θεωρητικό πλαίσιο, τις αρχές που διέπουν την ανάπτυξη μιας εφαρμογής AR για την εκπαίδευση, την βασική λειτουργία της πλατφόρμας και τέλος τις μετατροπές που απαιτήθηκαν.

3.1 Unity και Vuforia

Κατά την λήψη του Unity εμφανίστηκε το στιγμιότυπο της εικόνας 7 και ο χρήστης θα πρέπει να περιλάβει στο πακέτο το Vuforia AR προκειμένου να μπορέσει να δημιουργήσει εφαρμογές αυτού του τύπου. Οι οδηγίες για την λήψη και την εγκατάσταση του Unity και των πακέτων του θεωρήθηκε σχετικά απλή. Παράλληλα θα δημιουργηθούν οι φάκελοι προορισμού στους οποίους θα αποθηκεύονται τα έργα με τις βιβλιοθήκες τους.



Εικόνα 7: περιβάλλον εγκατάστασης Vuforia AR component κατά το κατέβασμα του Unity. Πηγή: https://docs.unity3d.com/2017.3/Documentation/Manual/vuforia_get_started_project_setup.html

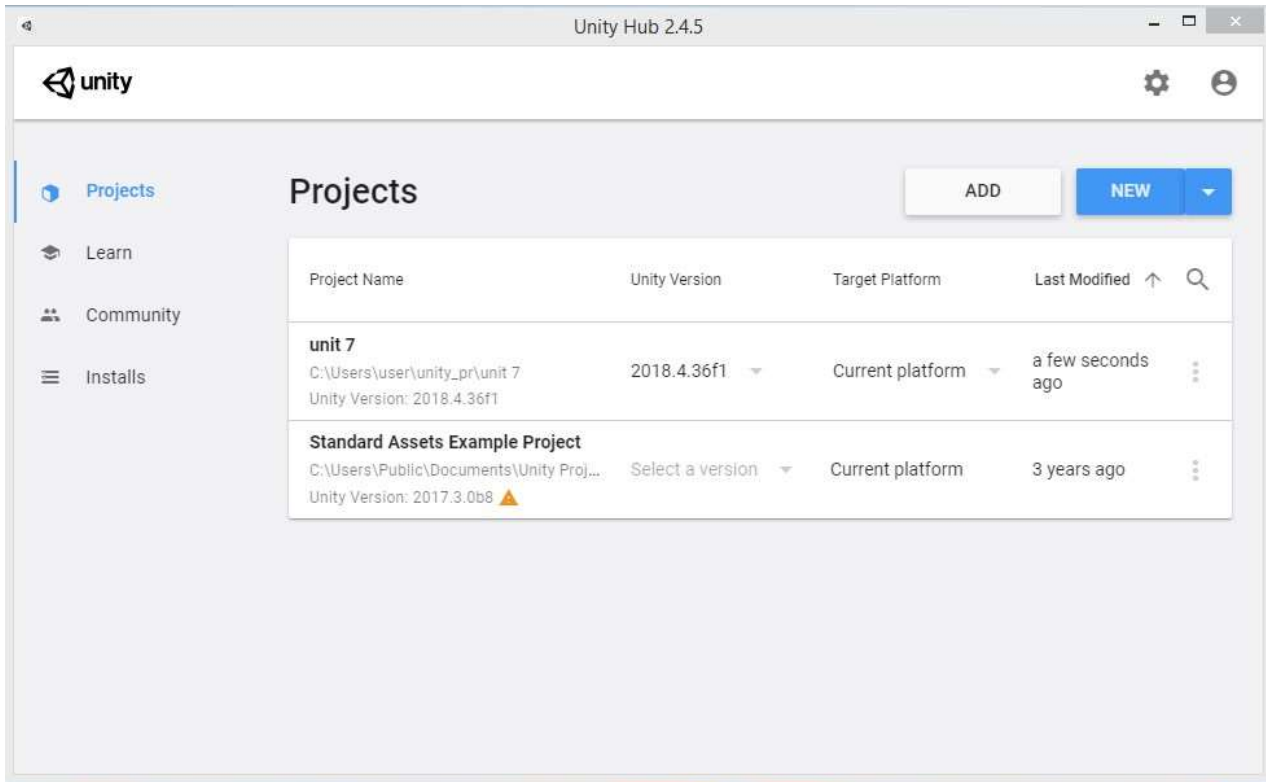
Η έκδοση του Unity που χρησιμοποιήθηκε για την εφαρμογή Das_Ar είναι η 2018.4.36f 1 επειδή με αυτήν την έκδοση υπήρχε μεγαλύτερη εξοικείωση.

3.2 Περιβάλλον λειτουργίας του Unity

Η επόμενη ενότητα προστέθηκε ώστε να διευκολύνει τους αναγνώστες που θα επιθυμούσαν, ακολουθώντας σχετικές οδηγίες, να δημιουργήσουν την δική τους εφαρμογή Επαυξημένης Πραγματικότητας στην πλατφόρμα. Για τον λόγο αυτό προτιμήθηκε το ύφος του κειμένου να είναι πιο λιτό. Αν κάποιος κατανοεί την βασική λειτουργία του Unity και διαθέτει μέτρια γνώση της γλώσσας προγραμματισμού C# για τις ανάγκες του Unity θα μπορέσει να εκμεταλλευτεί τα περισσότερα από τα χαρακτηριστικά του. Παράλληλα, η εξαιρετικά δραστήρια κοινότητα των developers έχει διαρκή παρουσία στα forum, το hub, το Github, ιστότοπους όπως το instructables ή το YouTube που φιλοξενούν υλικό και βίντεο που λύνουν απορίες και προτείνουν λύσεις ή κομμάτια έτοιμου κώδικα που μπορεί να απαιτεί μικρή παραμετροποίηση. Αν παρόλα αυτά κάποιος θέλει να χρησιμοποιήσει το γραφικό περιβάλλον του Editor με μικρή σχετικά

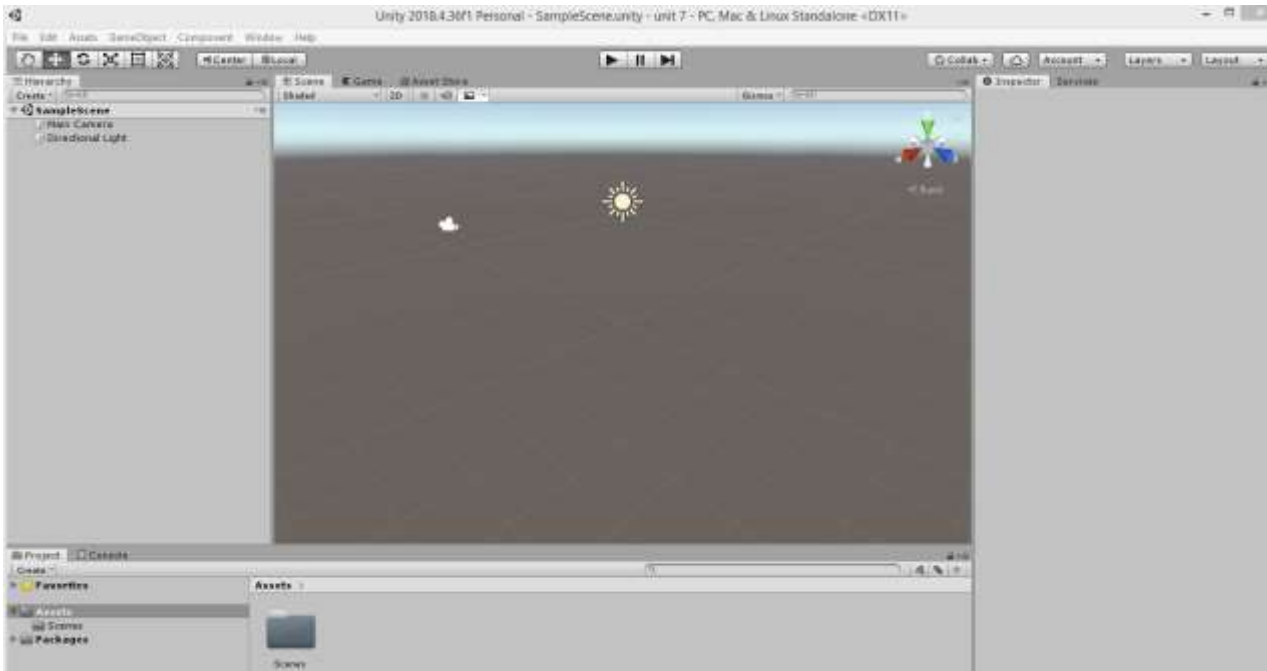
καθοδήγηση δεν θα αντιμετωπίσει ιδιαίτερα προβλήματα (Jackson, 2015). Για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας κρίθηκε πιο ωφέλιμο να χρησιμοποιηθούν οι οθόνες που αποτύπωσαν την διαδικασία δημιουργίας της εφαρμογής das_AR στο Unity. Ο αναγνώστης θα μπορούσε να τις χρησιμοποιήσει ως οδηγό.

Το περιβάλλον χρειάστηκε μερικές τροποποιήσεις προκειμένου να καλύψει τις ανάγκες δημιουργίας μιας εφαρμογής AR. Το πρώτο βήμα για την δημιουργία μιας εφαρμογής AR ήταν η δημιουργία του αρχείου και η ονομασία του. Αυτό αποτυπώθηκε στην εικόνα 8 που ακολουθεί και ήταν στιγμιότυπο από την διαδικασία δημιουργίας της εφαρμογής das_AR στο Unity.



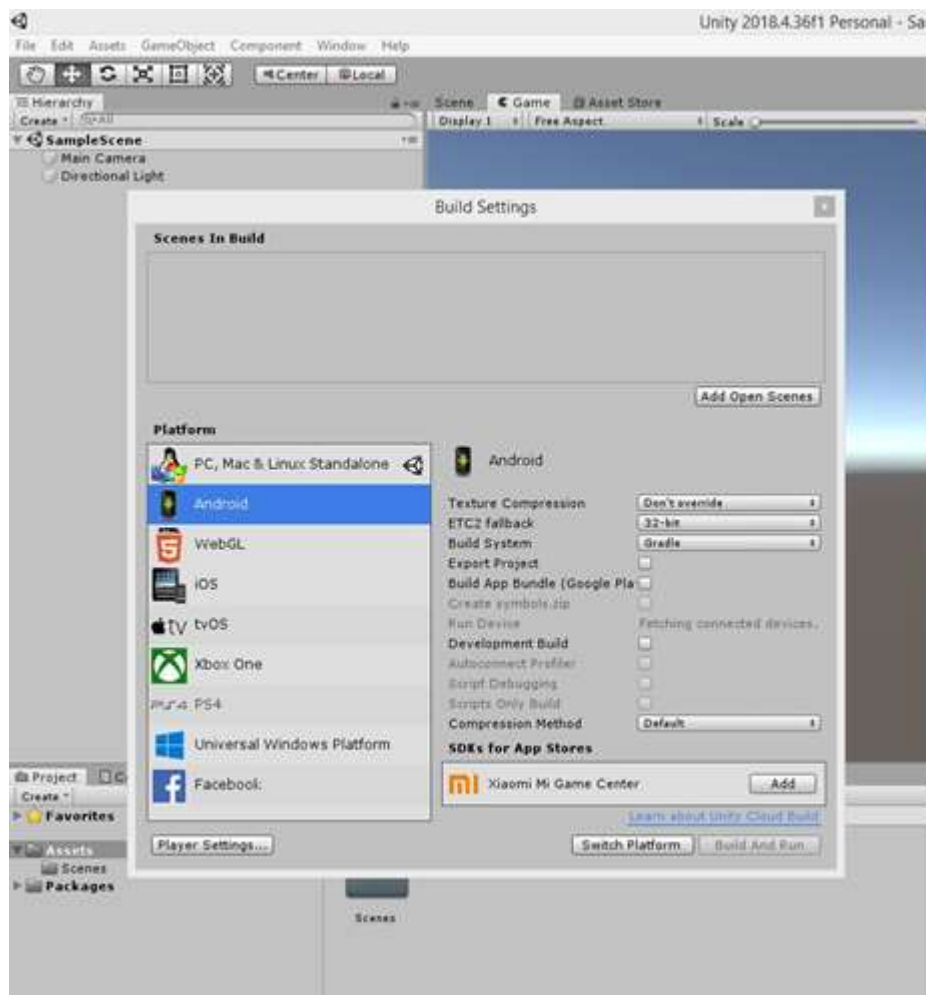
Εικόνα 8: Προσθήκη ή άνοιγμα του έργου στην αρχική οθόνη του Unity

Είναι σημαντικό να γίνει κατανοητό πως η δημιουργία μιας εφαρμογής AR δεν ήταν ίδια με την βασική λειτουργία της πλατφόρμας οπότε απαιτήθηκαν μια σειρά από αλλαγές. Η βασική οθόνη που εμφανίστηκε μετά ήταν το στιγμιότυπο οθόνης της εικόνας 9 που παρατέθηκε.



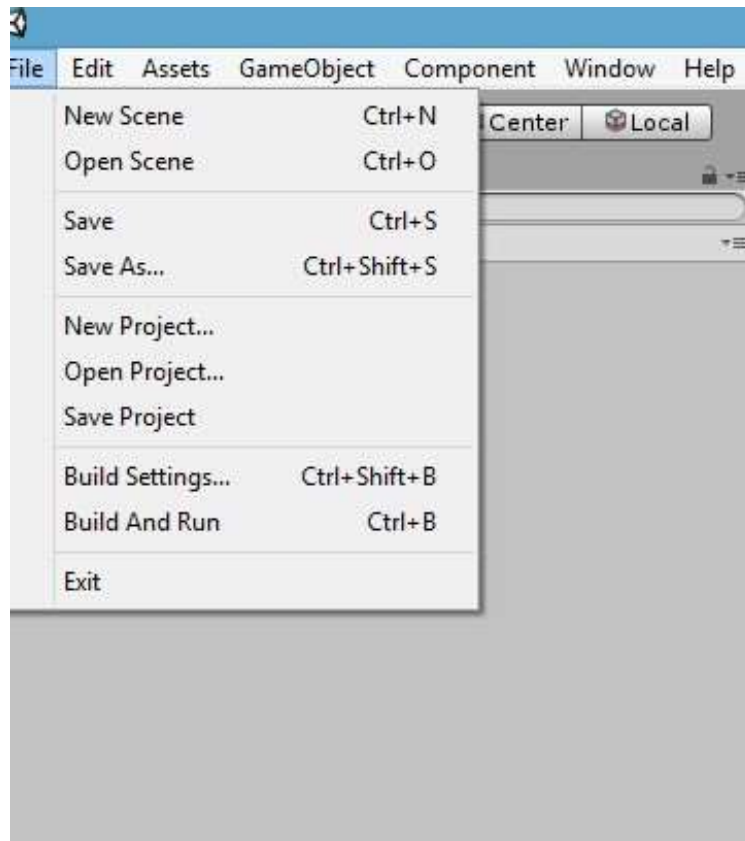
Εικόνα 9: Βασικό περιβάλλον-Οθόνη έναρξης στο Unity

Χρειάστηκε να ενεργοποιηθούν τα τμήματα (components) του Vuforia AR προκειμένου να εισαχθεί η κατάλληλη κάμερα, εικόνες-στόχοι από Βάση Δεδομένων, πεδία-πλαίσια στα οποία ορίστηκε η Επαύξηση, ο τρόπος επαύξησης, το υλικό που χρησιμοποιήθηκε προς επαύξηση και μετατροπές στον κώδικα σε κάποια σημεία. Σε αυτήν την ενότητα καλύφθηκαν τα πρώτα ζητήματα ενώ το είδος, ποιότητα και προέλευση του υλικού με τις μετατροπές στον κώδικα και την αιτιολόγησή τους παρουσιάστηκαν στην επόμενη ενότητα 4. Στην αρχική οθόνη της πλατφόρμας ο δημιουργός έπρεπε να μεταβεί στο File πάνω αριστερά και να επιλεγεί το Built Settings → Android ή άλλο λειτουργικό αν αυτό ήταν επιθυμητό. Κατόπιν επιλέχθηκε το Switch Platform όπως αποτυπώθηκε στο στιγμιότυπο οθόνης στην εικόνα 10.



Εικόνα 10: επιλογή λειτουργικού Android

Οι βασικές λειτουργίες αφορούσαν τις επιλογές File και Game Object. Στην εικόνα 11 αποτυπώθηκε το στιγμιότυπο οθόνης με το μενού που ανοίγει στο File. Σε αυτό το μενού Save «σώθηκε» το έργο σε φάκελο που δημιουργήθηκε από το Unity στον υπολογιστή μας και από εκεί το εκκινούσε κάθε φορά που απαιτούνταν να εργαζόμαστε πάνω σε αυτό. Ήταν σημαντικό να μην αλλάξει η θέση ή το όνομα του φακέλου προορισμού ειδικά αν δεν θα μπορούσε να εντοπιστεί και να ανοίξει. Μπορούσαμε να εργαζόμαστε σε μια σκηνή (Scene) για μια εφαρμογή. Ήταν αρκετή η ύπαρξη μιας και μόνο. Όταν ολοκληρώθηκε η εργασία μας μπορέσαμε να επιλέξουμε Build And Run οπότε η εφαρμογή επέτρεψε να εξαχθεί το αρχείο της εφαρμογής μας σε μορφή .apk το οποίο μπορούσαμε να διανέμουμε. Για τις ανάγκες των χρηστών της εφαρμογής das_AR προτιμήθηκε η φιλοξενία της εφαρμογής σε αρχείο σε ένα Google drive και η τοποθέτηση του σχετικού συνδέσμου στο αντίστοιχο e-Class. Δεν δημιουργήθηκε κανένα πρόβλημα με την πρόσβαση των χρηστών στον φάκελο, το κατέβασμα και την εγκατάσταση της εφαρμογής που επειδή κάλυπτε ένα μόνο κεφάλαιο είχε σχετικά μικρό μέγεθος.

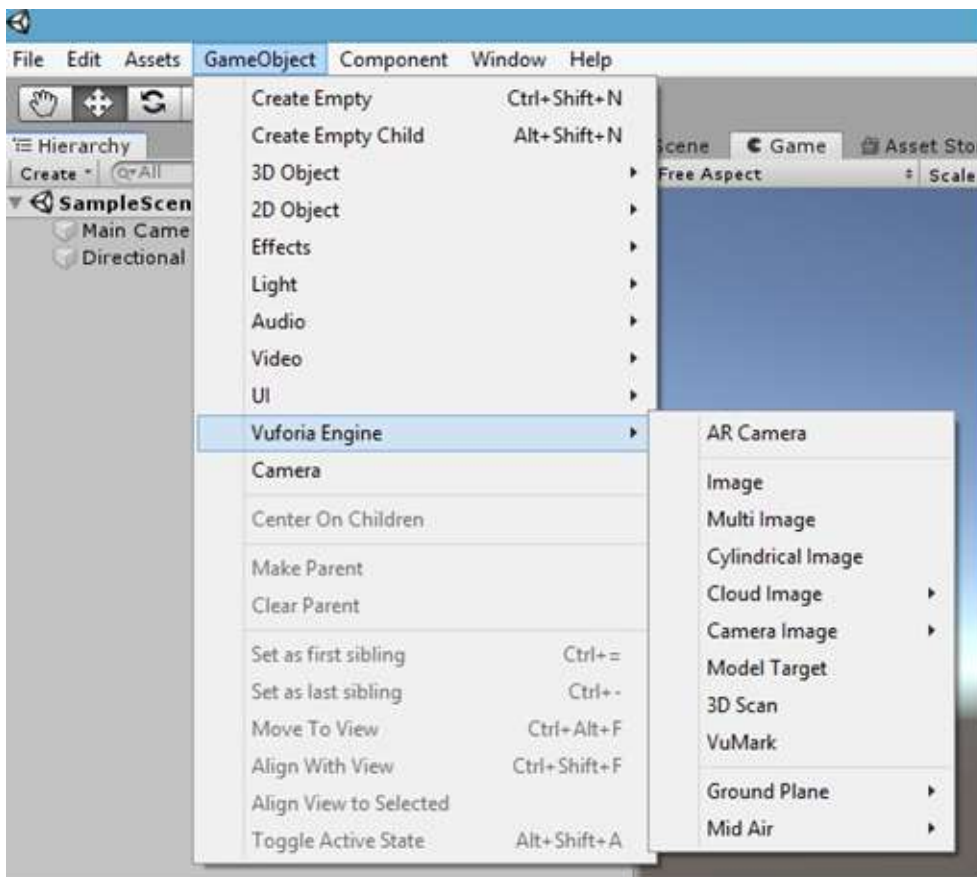


Εικόνα 11: Μενού επιλογών από το File

Οι λειτουργίες που επίσης είχαν μεγάλη σημασία ήταν στο μενού που προσφέρεται στο Game Object και αποτυπώθηκαν στο στιγμιότυπο οθόνης στην εικόνα 12. Για τις ανάγκες της δημιουργίας μιας εφαρμογής AR μας ενδιέφεραν τα κομμάτια που αφορούσαν την Vuforia AR. Αυτά περιλάμβαναν την camera AR που θα έπρεπε να αντικαταστήσει την υπάρχουσα στην κεντρική οθόνη. Η default camera διαγράφηκε-delete και έπρεπε να μείνει η AR camera. Το μενού αυτό χρησιμοποιήθηκε περισσότερο. Προσέφερε τις απαραίτητες επιλογές που ήταν εισαγωγή AR Camera και Image. Σε αυτή τη φάση το έργο μας δεν είχε καμία Βάση Δεδομένων από την οποία θα μπορούσε να αντλήσει τις εικόνες-στόχους που θα χρησιμοποιούνταν. Η δημιουργία της Βάσης Δεδομένων έπρεπε να γίνει στο Vuforia πριν την εργασία στο Unity. Σε κάθε περίπτωση το Unity δε θα μπορούσε να λειτουργήσει χωρίς την Βάση Δεδομένων. Αυτή «κατέβηκε» αρχικά στον υπολογιστή μας και μετά εισήχθη στο Unity. Οπότε οι Εικόνες-Image που υπήρχαν ήταν περιορισμένες και αφορούσαν κάποιες που το Unity έχει ήδη προ-εγκατεστημένες. Στις παλαιότερες εκδόσεις απαιτούνταν να αφαιρεθούν αλλά όχι πλέον. Κάθε Βάση Δεδομένων που εισάγονταν στο έργο αυτόματα ενεργοποιούνταν. Το στιγμιότυπο στην εικόνα 11 ήταν η επιλογή που χρησιμοποιήθηκε περισσότερο για την δημιουργία μιας εφαρμογής AR. Επίσης εμφανίζεται τα επόμενα εικονίδια:

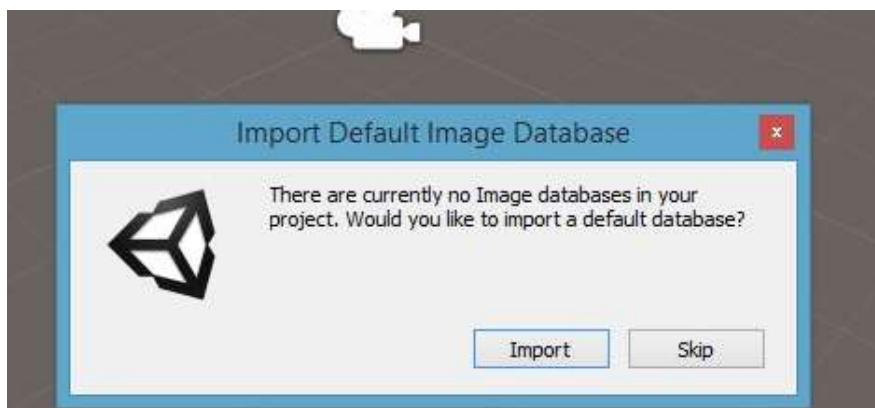


Το χεράκι επιτρέπει την πλοήγηση στο πλέγμα της βασικής σκηνής. Ο δείκτης μετακινεί τα αντικείμενα στο πλέγμα. Στην αρχή δε φάνηκε πολύ βολικό στον χρήστη αλλά η εξάσκηση βοήθησε. Το ποντίκι λειτουργούσε για ζουμ-εστίαση.



Εικόνα 12: Μενού επιλογών από το Game Object

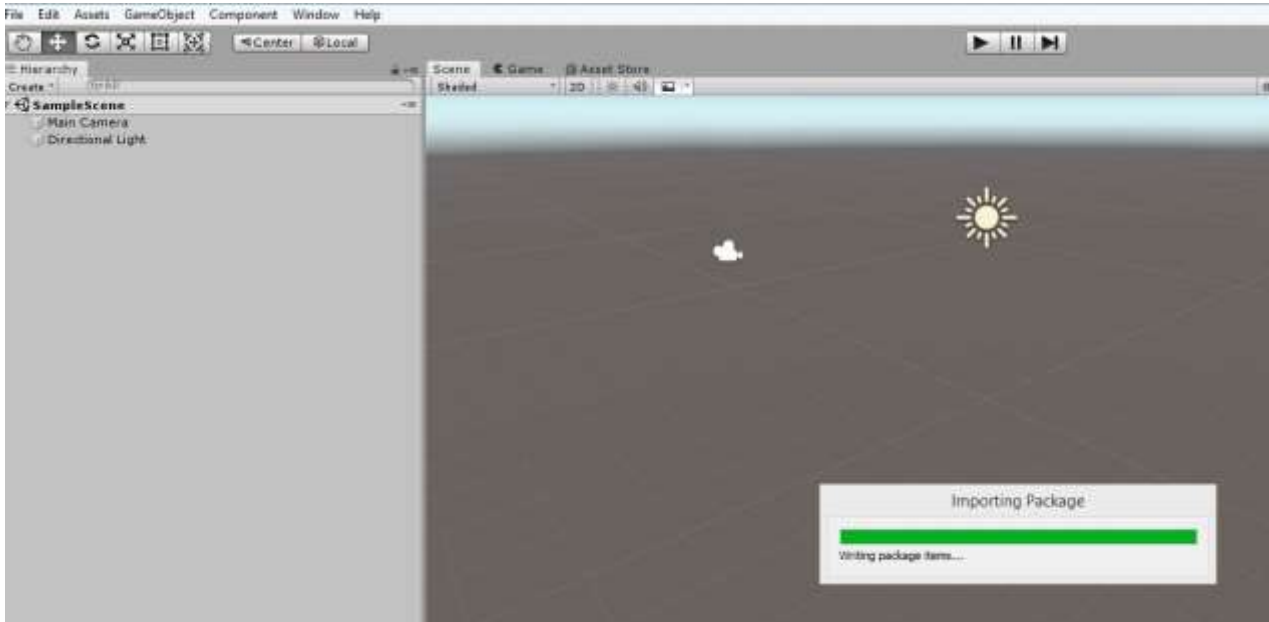
Το Unity έδινε την δυνατότητα εισαγωγής εικόνων από το Vuforia. Αρχικά ζητήθηκε το «κλειδί-άδεια» από το Vuforia το οποίο επικολλήθηκε στο Unity και αποτυπώθηκε στο στιγμιότυπο οθόνης της εικόνας 13.



Εικόνα 13: Στιγμιότυπο οθόνης πριν την εισαγωγή πακέτων στο Unity

Η πλατφόρμα εισήγαγε τα πακέτα με το όνομα που τους έδωσε ο δημιουργός στον χώρο που ονομάστηκε assets. Μπορούσε να γίνει εισαγωγή αντικειμένων και από το asset store στο Unity. Υπήρχε υλικό που διατίθονταν δωρεάν αλλά και επί πληρωμή. Προσοχή χρειάστηκε να δοθεί στους πόρους που θα απαιτούνταν αν το υλικό ήταν πολύ υψηλής ευκρίνειας. Υπήρχε όμως και υλικό με χαμηλότερη ποιότητα που μπορούσε να καλύψει λιγότερο εξειδικευμένες ανάγκες κατά περίπτωση.

Κάθε φορά που εισάγονταν κάποιο πακέτο από τις επιλογές που μας δίνονταν, απαιτούνταν χρόνος από το Unity για να κάνει την εισαγωγή και το compiling- μεταγλώττιση όπως αποτυπώθηκε στο στιγμιότυπο οθόνης στην εικόνα 14 που εμφανίζονταν όποτε πραγματοποιούνταν αλλαγές.



Εικόνα 14: Στιγμιότυπο από την εισαγωγή πακέτων στο Unity

Αυτά αποτελούσαν τα βασικά εισαγωγικά βήματα για την δημιουργία μιας εφαρμογής AR στο Unity. Όποιος θα επιθυμούσε να διαβάσει περισσότερα και να βρει απαντήσεις σε ερωτήματα καθ' όλη την πορεία του έργου του θα μπορούσε να αναζητήσει τεκμηρίωση στους παρακάτω ενδεικτικούς συνδέσμους και στα επιπλέον μαθήματα στο You Tube.

<https://blog.unity.com/> με γενικές πληροφορίες

<https://forum.unity.com/> μια κοινότητα ολόκληρη

<https://unity.com/unity/features/ar> για την επαυξημένη πραγματικότητα ειδικά

<https://unity.com/unity/features/arfoundation> για την δημιουργία εφαρμογών σε διαφορετικά λειτουργικά συστήματα

<https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.arfoundation@4.2/manual/index.html> αν και περισσότερες απαντήσεις περιέχει το forum

<https://github.com/Unity-Technologies> για έργα και δημιουργούς

https://www.youtube.com/watch?v=MtiUx_szKbI&t=1059s πώς να επαυξήσετε μια εικόνα για λειτουργικό Android

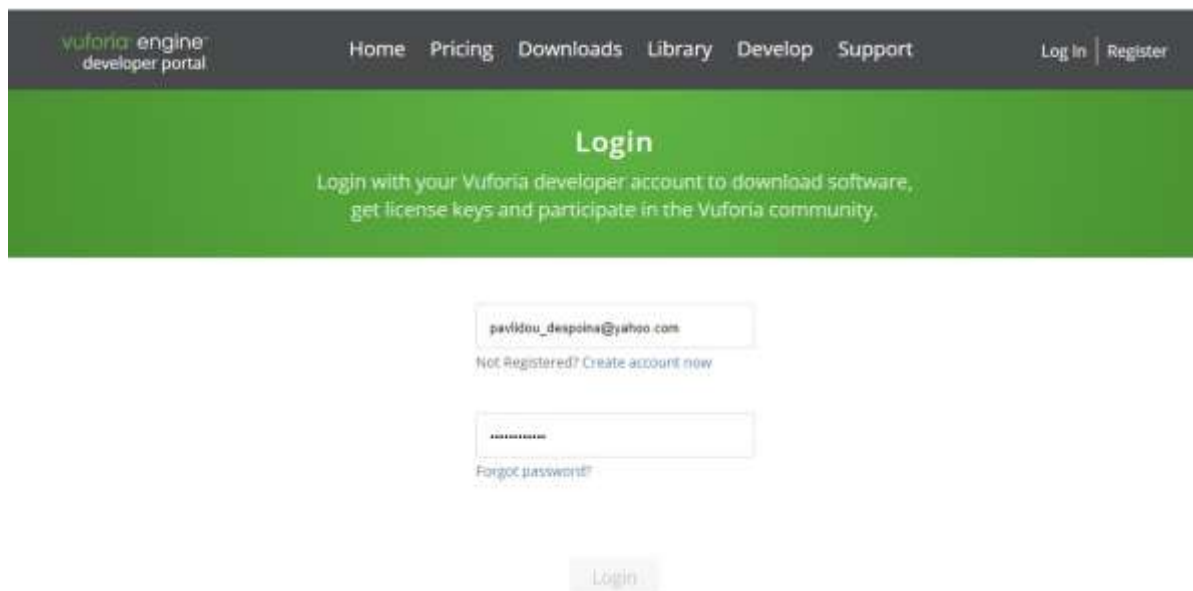
<https://www.youtube.com/watch?v=WdfStRynCLw> πώς να επαυξήσετε μια εικόνα για λειτουργικό iOS

<https://www.youtube.com/watch?v=TED49ny1DT0> βασικές λειτουργίες του Unity

Φυσικά μια απλή αναζήτηση στο Διαδίκτυο θα μπορούσε να οδηγήσει σε επιπλέον υλικό. Η δημιουργία μιας εφαρμογής θα απαιτήσει έρευνα, κόπο και χρόνο. Η ολοκλήρωση της εφαρμογής das_AR στο Unity απαιτήσε επιπλέον βήματα που παρουσιάστηκαν στο επόμενο κεφάλαιο για να μπορέσουν να αναλυθούν επαρκώς.

3.3 Περιβάλλον λειτουργίας του Vuforia

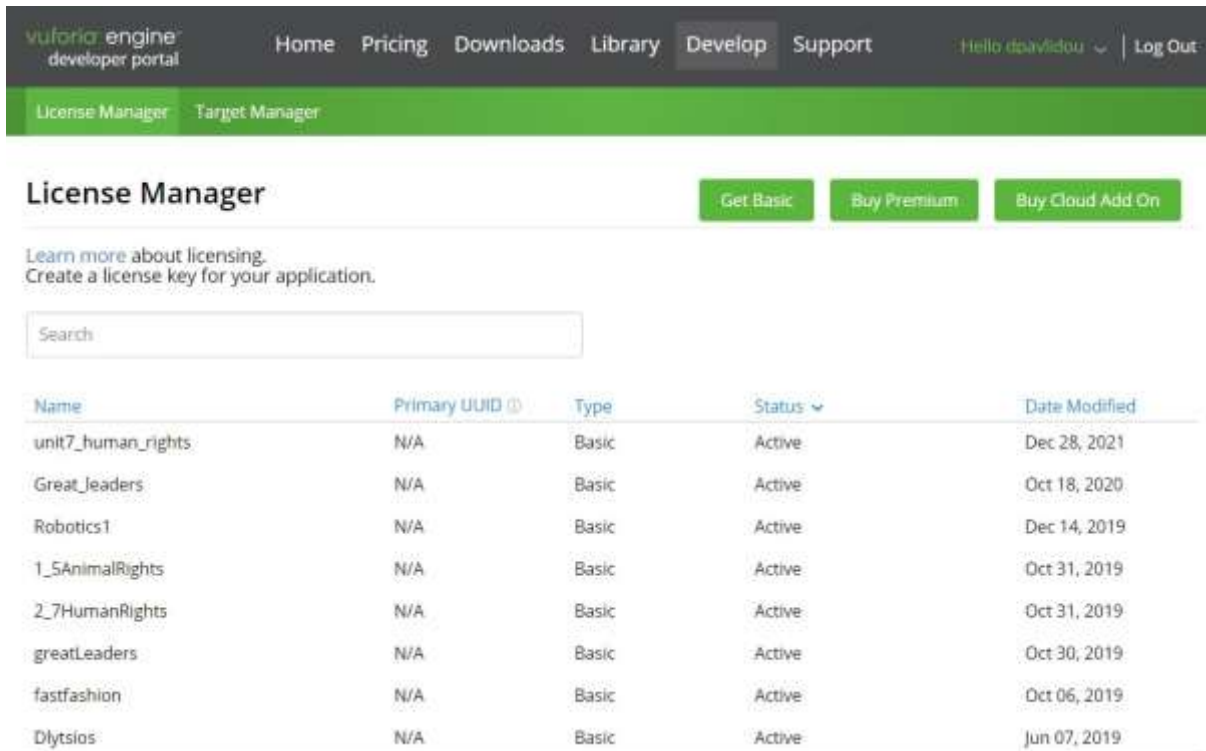
Το Vuforia Engine χαρακτηρίστηκε ως ένα software development kit (SDK)-πακέτο ανάπτυξης λογισμικού που επέτρεπε την δημιουργία εφαρμογών AR. Όσοι επιθυμούσαν να αναπτύξουν μια τέτοια εφαρμογή μπορούσαν να προσθέσουν την προηγμένη λειτουργία computer vision που επέτρεπε στην εφαρμογή να αναγνωρίζει εικόνες και αντικείμενα και να αλληλεπιδρά με τον χώρο στον πραγματικό κόσμο. Η έκδοση που χρησιμοποιήθηκε για την das_AR στο Unity ήταν η Vuforia Engine 10.4. Με αυτήν αρκετοί δημιουργοί κατάφεραν να δημιουργήσουν εφαρμογές Augmented Reality για λειτουργικά συστήματα Android, iOS, και UWP για φορητές ηλεκτρονικές συσκευές και γυαλιά. Μετά την εγκατάσταση στον υπολογιστή απαιτήθηκε να δημιουργηθεί ένας λογαριασμός στο Vuforia engine developer portal προκειμένου να κατοχυρωθούν οι απαραίτητες άδειες και να δημιουργηθούν οι Βάσεις Δεδομένων. Η χρήση της πλατφόρμας ήταν αρχικά δωρεάν αλλά αν ο δημιουργός υπερβεί το όριο που όριζε ο κανονισμός χρήσης της θα χρειαστεί να μεταβεί σε πλάνο επί πληρωμή. Το Vuforia προσέφερε δωρεάν παροχές σε δημιουργούς έως 1000 cloud recognitions και 1000 εικόνες-targets το μήνα με το υδατογράφημα Vuforia (Josh, 2020).



Εικόνα 15: Σύνδεση στο Vuforia engine developer portal

Στο περιβάλλον αυτό δημιουργήθηκαν τα «κλειδιά-άδειες» απαραίτητα για την εισαγωγή των Βάσεων Δεδομένων στο Unity. Επειδή η πλατφόρμα δεν διέθετε ήδη άφθονο προ-εγκατεστημένο υλικό χρειάστηκε να προστεθεί το κατάλληλο από την δημιουργό της εφαρμογής das_AR.

Η μέθοδος προσθήκης των Βάσεων και του επιπρόσθετου υλικού παρουσιάστηκαν επόμενο κεφάλαιο όπου αποτυπώθηκε αναλυτικά η δημιουργία της εφαρμογής das_AR. Κάθε Βάση έπρεπε να περιέχει ένα κλειδί που έπρεπε να επικολλάται στο Unity μαζί με μια βάση Δεδομένων που δημιουργούνταν με τις εικόνες προς επαύξηση. Η επιλογή του υλικού θα έπρεπε να διέπεται από τις αρχές που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο αν πρόκειται για την δημιουργία εφαρμογών εκπαιδευτικού περιεχομένου και να ακολουθούν τους κανόνες προστασίας των δικαιωμάτων των παραγωγών Πνευματικού υλικού. Στην εικόνα που 16 ακολουθεί αποτυπώθηκε το στιγμιότυπο οθόνης με τις επιπλέον δυνατότητες που δίνονται για την μετάβαση σε άλλο πλάνο χρήσης ανά πάσα στιγμή και όποτε ο δημιουργός το κρίνει απαραίτητο ή επιθυμητό.



Name	Primary UUID	Type	Status	Date Modified
unit7_human_rights	N/A	Basic	Active	Dec 28, 2021
Great_Leaders	N/A	Basic	Active	Oct 18, 2020
Robotics1	N/A	Basic	Active	Dec 14, 2019
1_5AnimalRights	N/A	Basic	Active	Oct 31, 2019
2_7HumanRights	N/A	Basic	Active	Oct 31, 2019
greatLeaders	N/A	Basic	Active	Oct 30, 2019
fastfashion	N/A	Basic	Active	Oct 06, 2019
Dlytsios	N/A	Basic	Active	Jun 07, 2019

Εικόνα 16: Licence manager από όπου προμηθεύεται το «κλειδί-άδεια» για την εφαρμογή

Στην επόμενη εικόνα 17 αποτυπώθηκε το στιγμιότυπο οθόνης με το περιβάλλον δημιουργίας των Βάσεων Δεδομένων που απαιτούνται για κάθε έργο. Χρειάζεται να έχουν ένα όνομα και να προστεθούν οι εικόνες που θα επαυξηθούν με την χρήση του Unity.

The screenshot shows the Vuforia Engine Developer Portal interface. The top navigation bar includes 'Home', 'Pricing', 'Downloads', 'Library', 'Develop', and 'Support'. Below this is a green bar with 'License Manager' and 'Target Manager' options. The main heading is 'Target Manager' with an 'Add Database' button. A sub-heading reads: 'Use the Target Manager to create and manage databases and targets.' Below this is a search input field. The main content is a table with the following data:

Database	Type	Targets	Date Modified
1_5AnimalRights	Device	9	Oct 31, 2019
2_7HumanRights	Cloud	0	Dec 29, 2021
2_7HumanRights2	Device	12	Dec 29, 2021
DlytsiosAR	Device	1	Jun 07, 2019
fastfashion	Device	6	Oct 06, 2019
greatLeaders	Device	8	Oct 30, 2019
Human_Rights	Device	7	Oct 18, 2020
robotics_image	Device	1	Dec 14, 2019
unit7extra	Device	5	Dec 29, 2021
unit7_human_rights	Device	7	Dec 29, 2021

Below the table, there are pagination controls: '25 per page', 'Showing 1-10 of 10', and 'Last updated: Today 8:37 PM Refresh'.

Εικόνα 17: Φαίνονται οι Βάσεις δεμένων που δημιουργήθηκαν και ο αριθμός εικόνων-στόχων

3.4 Η τεχνολογία AR

3.4.1 Ορολογία, επεξήγηση και Αλγόριθμος

Η τεχνολογία AR κάνει χρήση του αλγόριθμου SLAM (simultaneous localization and mapping-ταυτόχρονος εντοπισμός τοποθεσίας και χαρτογράφηση): ένας αλγόριθμος που ονομάζεται CV computer vision-υπολογιστική όραση και συγκρίνει οπτικά χαρακτηριστικά ανάμεσα σε λήψεις κάδρων από την φωτογραφική συσκευή με σκοπό την χαρτογράφηση και εντοπισμό στοιχείων του περιβάλλοντος. Ο αλγόριθμος σε συνδυασμό με δεδομένα που λαμβάνει από αισθητήρες όπως το γυροσκόπιο που υπάρχει σε κάποια «έξυπνα» τηλέφωνα, το επιταχυνσιόμετρο, είναι δυνατό να επιτύχει πολύ αξιόπιστο εντοπισμό. Οι εφαρμογές AR είναι, κατά κάποιο τρόπο, τεχνολογικά στρώματα. Στον πυρήνα τους εφαρμόζουν τον αλγόριθμο computer vision για τον εντοπισμό και την χαρτογράφηση του περιβάλλοντος. (Rothmann, 2021). Οι δυο πιο σημαντικές λειτουργίες είναι:

- Object Detection-Εντοπισμός Αντικειμένου: Που είναι τα αντικείμενα στην φωτογραφία?
- Object Verification-Επιβεβαίωση Αντικειμένου: είναι το σωστό αντικείμενο στην φωτογραφία? (Brownlee, 2019)

Επομένως η εικόνα-στόχος θα έπρεπε να πληροί κάποια κριτήρια για τον εύκολο εντοπισμό της. Η αξιολόγηση της κάθε εικόνας-στόχο έγινε από το Vuforia όπως αποτυπώθηκε στην εικόνα 18.

Target Name	Type	Rating	Status	Date Modified
<input type="checkbox"/> ex111un	Single Image	★★★★☆	Active	Dec 29, 2021 21:45
<input type="checkbox"/> ex111	Single Image	★★★★☆	Active	Dec 29, 2021 21:45
<input type="checkbox"/> ex109un	Single Image	★★★★☆	Active	Dec 29, 2021 21:45
<input type="checkbox"/> ex109	Single Image	★★★★☆	Active	Dec 29, 2021 21:45
<input type="checkbox"/> EX107UN	Single Image	★★★★☆	Active	Dec 29, 2021 21:45
<input type="checkbox"/> ex107	Single Image	★★★★☆	Active	Dec 29, 2021 21:44
<input type="checkbox"/> ex106un	Single Image	★★★★☆	Active	Dec 29, 2021 21:44
<input type="checkbox"/> EX106	Single Image	★★★★☆	Active	Dec 29, 2021 21:44
<input type="checkbox"/> ex105un	Single Image	★★★★☆	Active	Dec 29, 2021 21:44
<input type="checkbox"/> ex105	Single Image	★★★★☆	Active	Dec 29, 2021 21:43
<input type="checkbox"/> ex104un	Single Image	★★★★☆	Active	Dec 29, 2021 21:43
<input type="checkbox"/> ex104	Single Image	★★★★☆	Active	Dec 29, 2021 21:43

Εικόνα 18: Κάθε εικόνα-στόχος με την αξιολόγηση της σε αστέρια

Η αξιολόγηση της εικόνας-στόχου γίνεται με βάση ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που πληρούν τις βασικές προϋποθέσεις εντοπισμού και επιβεβαίωσης από την εφαρμογή. Η αξιολόγηση φαίνεται στον Target Manager και αφορά κάθε εικόνα που «ανεβαίνει» στην Βάση Δεδομένων της εφαρμογής μέσω web API όταν χρησιμοποιείται η Βάση Δεδομένων στο Cloud. Η αξιολόγηση γίνεται σε αστέρια, από 0 έως 5. Όσο πιο υψηλή είναι η αξιολόγηση τόσο πιο εύκολος είναι ο εντοπισμός και η αναγνώριση από την εφαρμογή. Για να γίνει πιο κατανοητή αυτή η λειτουργία θα παρατεθούν δυο εικόνες από την Vuforia Engine. Οι εικόνες-στόχοι δεν είναι απαραίτητα εικόνες, τουλάχιστο όχι με την ευρεία έννοια. Μπορεί να είναι οτιδήποτε δημιουργεί ένα μοτίβο σε ένα έντυπο. Αυτό επιτρέπει σε μια εφαρμογή να επαυξήσει τμήματα ενός βιβλίου που είναι απλό κείμενο και όχι κατ' ανάγκη εικόνες. Η εικόνα 19 που ακολουθεί είναι στιγμιότυπο από την σελίδα 107 του σχολικού βιβλίου με τίτλο «Αγγλικά 2» κεφάλαιο 7, όπου δεν υπάρχει καμία εικόνα αλλά κείμενο σε πλαίσια.

♦ discrimination ♦ tolerance ♦ grievance ♦ institution ♦ creed ♦ dignity ♦ liberty ♦ recrimination	
1	Governors should take any _____ relating to employment very seriously.
2	The peace talks broke down and ended in bitter mutual _____.
3	Every citizen deserves a basic measure of self-respect and _____.
4	The laws of our country apply to everyone irrespective of race, _____ or colour.
5	The scandal threatened to undermine the _____ of the Presidency.
6	_____ consists in the power of doing that which is permitted by law.
7	All members of our political party show greater _____ towards opposing views.
8	With the current job situation, age _____ in employment is becoming more common.

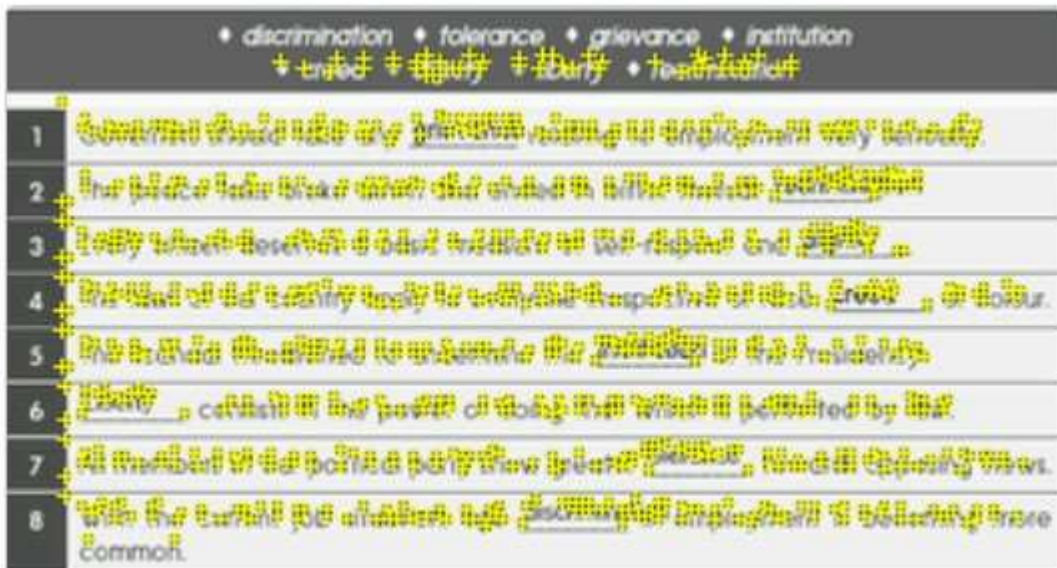
Εικόνα 19: στιγμιότυπο από την σελίδα 107 του σχολικού βιβλίου με τίτλο «Αγγλικά 2» κεφάλαιο 7

Το κείμενο αφορά μια άσκηση του βιβλίου η οποία επαυξήθηκε ώστε να εμφανίζεται η επόμενη εικόνα 20 που περιέχει τις λύσεις. Επειδή η εφαρμογή das_AR είναι εκπαιδευτική ήταν απαραίτητο να περιέχει υλικό που αφορούσε την αξιολόγηση των μαθητών οι οποίοι θα έπρεπε να συνεχίσουν να χρησιμοποιούν το σχολικό τους βιβλίο και να κάνουν τις ασκήσεις τους. Η εφαρμογή τους έδωσε την δυνατότητα να ελέγχουν την πορεία τους και να εντοπίζουν μόνοι τους τα λάθη και τις παραλείψεις τους. Για αυτό το σκοπό το στιγμιότυπο της εικόνας επεξεργάστηκε με κατάλληλο τρόπο ώστε να περιέχει τις απαντήσεις. Κατόπιν επιλέχθηκε το σημείο του σχολικού εγχειριδίου στο οποίο θα έμπαινε η επαύξηση. Υπήρχαν δυο επιλογές. Η επαύξηση να γίνει πάνω στην αρχική εικόνα της άσκησης χωρίς την λύση. Αν η άσκηση ήταν μικρή σε μέγεθος αυτό θα ήταν προτιμότερο. Αν όμως η έκταση της άσκησης ήταν μεγάλη τότε υπήρχε ο κίνδυνος να υπερκαλυφθεί με την επαύξηση και να μην είναι πλέον ορατή η αρχική άσκηση. Σε αυτή την περίπτωση επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί μια παρακείμενη σελίδα του βιβλίου η οποία να μην περιέχει άλλη επαύξηση ώστε ο μαθητής να μπορεί να εκτελεί την άσκηση και παράλληλα να την ελέγχει με ευκολία. Η επόμενη εικόνα 20 δείχνει την λύση της άσκησης και ήταν αυτή που τελικά επιλέχθηκε να επαυξήσει την προηγούμενη. Έγινε εισαγωγή της στο Unity κατά την εισαγωγή assets-υλικού στην φάση της δημιουργίας της εφαρμογής μαζί με βίντεο και αρχεία που η δημιουργός της εφαρμογής das_AR έκρινε ότι χρειάζεται.

♦ discrimination ♦ tolerance ♦ grievance ♦ institution ♦ creed ♦ dignity ♦ liberty ♦ recrimination	
1	Governors should take any <u>grievance</u> relating to employment very seriously.
2	The peace talks broke down and ended in bitter mutual <u>recrimination</u>
3	Every citizen deserves a basic measure of self-respect and <u>dignity</u> .
4	The laws of our country apply to everyone irrespective of race, <u>creed</u> or colour.
5	The scandal threatened to undermine the <u>institution</u> of the Presidency.
6	<u>Liberty</u> consists in the power of doing that which is permitted by law.
7	All members of our political party show greater <u>tolerance</u> towards opposing views.
8	With the current job situation, age <u>discrimination</u> in employment is becoming more common.

Εικόνα 20: Η εικόνα που περιέχει τις λύσεις

Το Vuforia αξιολόγησε την ικανότητα του στιγμιότυπου με 4 αστέρια όπως μπορεί να παρατηρηθεί στην προηγούμενη εικόνα 18. Στην εικόνα 21 φαίνεται πως ακριβώς εντοπίζει η Vuforia τα σημεία που χρησιμοποιήθηκαν για τον εντοπισμό και την αναγνώριση στα πλαίσια της λειτουργίας της εφαρμογής das_AR.



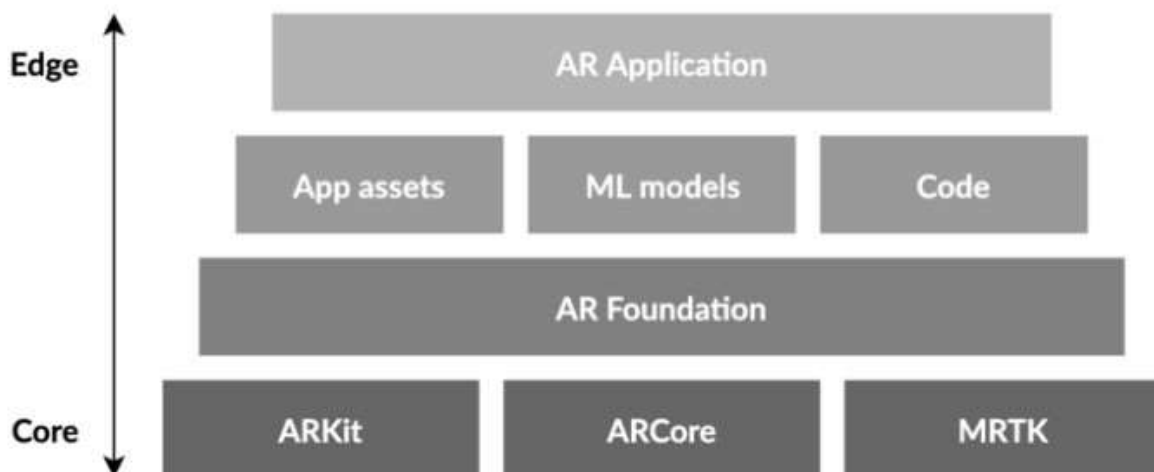
Εικόνα 21: Η εικόνα με τα σημεία που χρησιμοποιήθηκαν για εντοπισμό και αναγνώριση

Η Vuforia Engine έλεγχε και εντόπιζε τα εξωτερικά χαρακτηριστικά της εικόνας που «έβλεπε» το «έξυπνο» κινητό συγκρινόμενα με αυτά που είχε στην Βάση Δεδομένων της. Μόλις ολοκλήρωνε τον εντοπισμό και την ταυτοποίηση ξεκινούσε η επαύξηση άμεσα (Vuforia Portal, n.d.).

3.4.2 Οι δυνατότητες του συνδυασμού της AR και της Μηχανικής Μάθησης

Κάθε εφαρμογή Ar, όπως αναφέρθηκε στην βιβλιογραφία, αποτελούνταν από επίπεδα: Στην καρδιά μιας τέτοιας εφαρμογής βρίσκονταν η κάμερα της «έξυπνης» συσκευής. Τα πάντα απέρρεαν από τα δεδομένα που έφερνε η κάμερα στο σύστημα. Ο επαυξημένος κόσμος απαρτιζόταν από σχήματα, μορφές και κίνηση. Αυτά αποτελούσαν το Φυσικό επίπεδο. Πέρα από το Φυσικό επίπεδο υπήρχε το σημασιολογικό στρώμα το οποίο έδινε νόημα στα πράγματα που βλέπουμε. Το σημασιολογικό στρώμα περιλάμβανε την εκπαίδευση νευρωνικών δικτύων-neural networks ώστε η μηχανή να μπορέσει να καταλάβει τον Φυσικό κόσμο όπως οι άνθρωποι. Η χρησιμότητα της AR βρισκόταν στην ικανότητά της να χρησιμοποιεί πληροφορίες σχετικές με τον Φυσικό κόσμο και να τους προσθέτει επιπλέον αξία. «Δεδομένα από την κάμερα ξεκαθαρίζονται από τον αλγόριθμο υπολογιστικής όρασης που προσπαθεί να ταυτοποιήσει αντικείμενα που βρίσκονται στον Φυσικό κόσμο μέσα στην ροή δεδομένων και να επιστρέψει rixel-εικονοκώτταρα, πλέγματα και τελικά μοτίβα που αναγνωρίζονται» (Biswas, 2019).

Όσον αφορά το τεχνολογικό επίπεδο και την ιεράρχηση των τεχνολογιών, η πλατφόρμα Unity3D, παρείχε ένα ενιαίο API που περιστρέφονταν γύρω από μερικά πλαίσια AR όπως αποτυπώθηκε στην εικόνα 22. Στην άκρη-edge βρίσκονταν ο κώδικας και τα στοιχεία που χρησιμοποιούνταν από την συγκεκριμένη εφαρμογή (διάφοροι τύποι αρχείων). Μια από τις σημαντικότερες προκλήσεις που αντιμετώπιζε ένας δημιουργός όταν ήθελε να εμπλουτίσει μια εφαρμογή AR με την Μηχανική Μάθηση ήταν η απαίτηση για χαμηλή ταχύτητα αποστολής δεδομένων. Το πιο συνηθισμένο φαινόμενο ήταν κατά την λειτουργία της εφαρμογής, το προσαρμοσμένο επίπεδο μηχανικής μάθησης να χρειάζονταν να κάνει την πληροφορία διαθέσιμη σε πραγματικό χρόνο οπότε το μοντέλο θα έπρεπε να «τρέξει» στο μηχάνημα, το «έξυπνο» τηλέφωνο, ταχύτερα παρά στο σύννεφο-cloud (Rothmann, 2021).

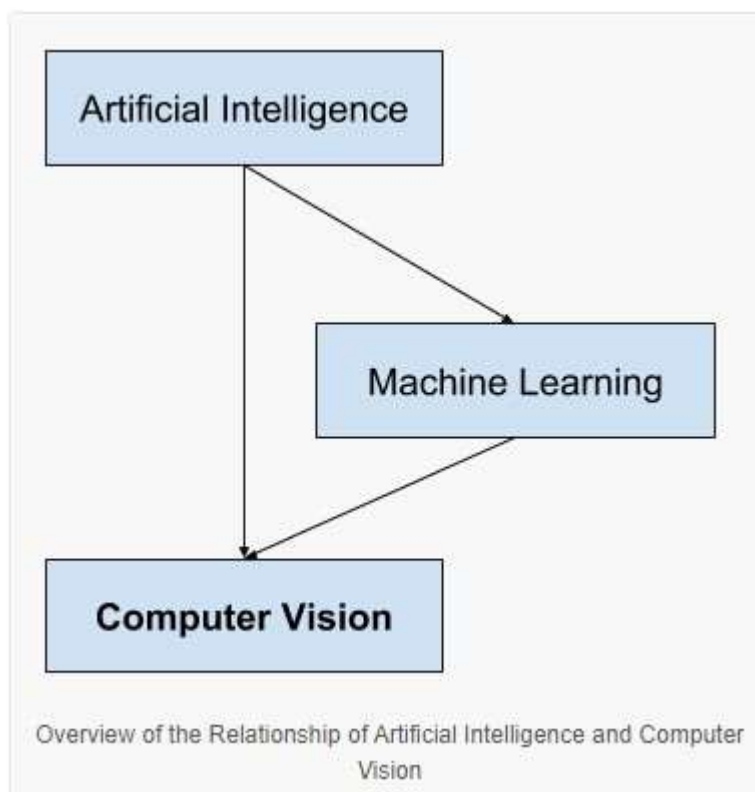


A hierarchy of AR technologies, going from the core to the edge.

Εικόνα 22: Η ιεραρχία στην τεχνολογία AR από τον πυρήνα προς την άκρη. Πηγή: <https://towardsdatascience.com/enhancing-ar-with-machine-learning-9214d2da75a6>

Όμως η Επαυξημένη Πραγματικότητα είχε μια δύσκολη αποστολή. Θα έπρεπε να εκπαιδεύσει μια εφαρμογή να βλέπει τον πραγματικό κόσμο και να τον αντιλαμβάνεται όπως οι άνθρωποι. Αυτή

θα ήταν μια σύνθετη διαδικασία. Η ανάλυση και η κατανόηση pixel-εικονοκύτταρου ονομάστηκε Computer Vision (CV)-υπολογιστική όραση και αποτέλεσε ένα αυτόνομο πεδίο έρευνας. Η Μηχανική Μάθηση-Machine learning θα μπορούσε να αποτελέσει την ιδανική λύση για να ξεπεραστούν τα μειονεκτήματα που τώρα αντιμετώπιζαν οι εφαρμογές AR στην επεξεργασία εικόνων (Le et al., 2021). Για να δει κάποιος ή στην προκειμένη περίπτωση μια μηχανή, τον κόσμο όπως οι άνθρωποι και να μπορέσει να κατηγοριοποιήσει τα αντικείμενα μέσα σε αυτόν τον φυσικό κόσμο όπως οι άνθρωποι, και κατόπιν να προσαρμοστεί στις αλλαγές που θα προέκυπταν στον φυσικό κόσμο θα απαιτούνταν η επιστήμη της Μηχανικής Μάθησης. Όπως οι άνθρωποι έμαθαν και έγιναν πιο ευφρείς έτσι και μια μηχανή μαθαίνει και παράγει αποτελέσματα ολοένα και καλύτερα οπότε εισήλθαμε στο πεδίο της Τεχνητής Νοημοσύνης- Artificial Intelligence (AI). Η Μηχανική Μάθηση (ML), η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI), και η Υπολογιστική Όραση (CV) μαζί με μερικούς αισθητήρες που αποτελούν την IMU (Inertial Measurement Unit-Αδρανειακή Μονάδα Μέτρησης), επιτρέπουν την λειτουργία της AR. Η εικόνα 23 αποδίδει σχηματικά την σχέση ανάμεσα στις έννοιες που αναλύθηκαν.



Εικόνα 23: Η σχέση ανάμεσα στην AI, ML και CV. Πηγή: <https://machinelearningmastery.com/what-is-computer-vision/>

Για κάποιους δημιουργούς τα προϊόντα τεχνολογίας που υπήρχαν διαθέσιμα μπορεί να ήταν επαρκή. Αν όμως απαιτούνταν κάποια πιο εξειδικευμένη λύση από αυτές που προσέφερε μόνο του το Vuforia, για παράδειγμα, θα έπρεπε να αναζητηθεί κάποιο μοντέλο Μηχανικής Μάθησης που θα μπορούσε να «τρέξει» στην πλατφόρμα που θα επέλεγε ο εκάστοτε δημιουργός. Όσον αφορά τις εφαρμογές AR οι περιορισμοί θα μπορούσαν να είναι διαφορετικοί. Θα είχαν να κάνουν με την υπολογιστική όραση και την επεξεργαστική ισχύ για την απόδοση τρισδιάστατων γραφικών. Το Unity ίσως θα μπορούσε να καλύψει αυτές τις ανάγκες και να βοηθήσει στην δημιουργία εφαρμογών AR με την χρήση διαφορετικών τύπων Μηχανικής Μάθησης όσο οι

ανάγκες των δημιουργών μπορούν να καλύπτονται από τις δυνατότητες που προσφέρει.. Για την δημιουργία εφαρμογών με περιεχόμενο που επαυξάνει άψογα έχει δημιουργηθεί ένα ολόκληρο τμήμα Τεχνητής Νοημοσύνης στο Unity. Στην παρουσίασή του ο Danny Lange, υποδιευθυντής του τμήματος της Unity στην Μηχανική Μάθηση και την Τεχνητή Νοημοσύνη, είπε « *Η AR και η VR είναι πραγματικά καταπληκτικά πεδία για την Μηχανική Μάθηση και την Τεχνητή Νοημοσύνη. Αυτά μπορούν να θεωρηθούν σαν πεδία που βελτιώνουν την πραγματικότητα. Είναι πολύ δύσκολο να σκεφτεί κάποιος σταθερούς αλγόριθμους που να καταλαβαίνουν τα πάντα σε έναν χώρο και να μπορούν να τον προσανξήσουν. Αυτό δύσκολα μπορεί κάποιος να το αποδώσει με κώδικα. Θα πρέπει να χρησιμοποιήσει Μηχανική Μάθηση και Τεχνητή Νοημοσύνη για να τοποθετήσει εικονικά αντικείμενα και να αναγνωρίζει επιφάνειες και θέσεις. Σε αυτές τις περιπτώσεις η Μηχανική Μάθηση παίζει σημαντικό ρόλο λόγω της δυναμικής και σε πραγματικό κόσμο συμπεριφοράς κατανοώντας το βάθος και τις διαστάσεις στους εικονικούς χώρους*» (Marvin, 2018).

4

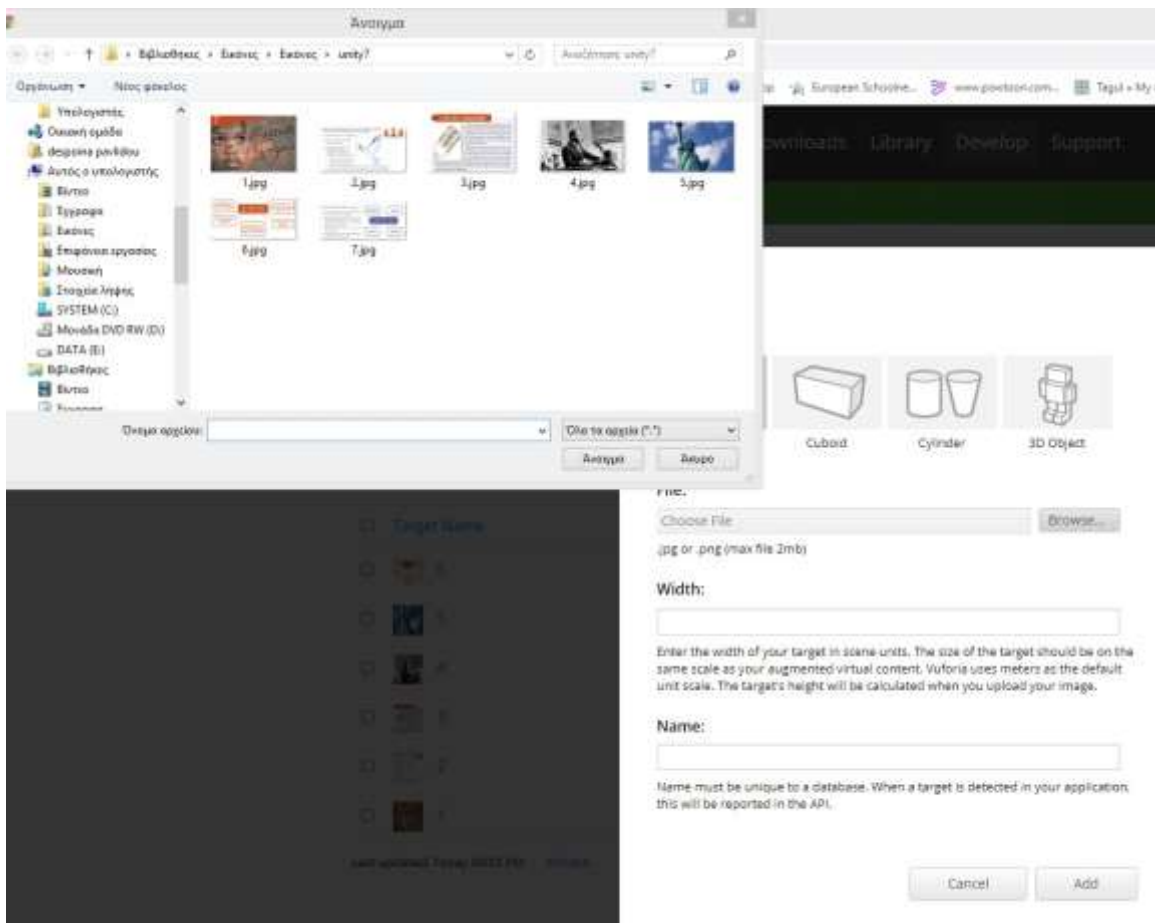
Η εφαρμογή

das_AR

Η τεχνολογία AR αποδείχθηκε πως μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευρέως στην εκπαιδευτική διαδικασία. Ιδιαίτερα χρήσιμες θα μπορούσαν να είναι οι εφαρμογές που θα επιτρέπουν την οπτικοποίηση εννοιών, μοντέλων και διαδικασιών στα σχολικά βιβλία. Με αυτόν τον τρόπο θα μπορούσε να βελτιωθεί η κατανόηση από μέρους των μαθητών και ταυτόχρονα να παρέχουν στους εκπαιδευτικούς ένα μεγάλο εύρος νέων ευκαιριών. Αυτή η διαδικασία θα οδηγούσε στην ανάπτυξη της δημιουργικής σκέψης των μαθητών και θα μπορούσε επιπλέον να αυξήσει τα κίνητρά τους να μάθουν (Kravtsov & Pulinets, 2020). «Όσον αφορά τις γλωσσικές δραστηριότητες εκμάθησης, δίνεται η δυνατότητα της συμπερίληψης μαθησιακών αποτελεσμάτων υψηλότερης τάξης και μπορούν να επιδιωχθούν ποιοτικές έρευνες» (Norzaimalina et al., 2021). Για αυτόν τον λόγο θεωρήθηκε πως θα μπορούσαν να εφαρμοστούν σε γλωσσικά μαθήματα με την ίδια επιτυχία που εφαρμόστηκαν σε μαθήματα των Φυσικών επιστημών. Παρόλο που η βιβλιογραφία δεν παρουσίασε πολλές περιπτώσεις εφαρμογών AR στον χώρο των γλωσσικών μαθημάτων, η εμπειρία μου με το μάθημα της Ιστορίας και την εφαρμογή Aurasma στο παρελθόν απέδειξε πως η διδασκαλία των Ξένων Γλωσσών θα μπορούσε να επωφεληθεί άμεσα. Η διδασκαλία ανάλογων γλωσσικών μαθημάτων επέτρεψε την χρησιμοποίηση και ενσωμάτωση ποικίλου εκπαιδευτικού υλικού. Οι εφαρμογές AR ήταν ελκυστικές επειδή έκανα την σχολική τάξη πιο ελκυστική, επέτρεψαν στους μαθητές να διατηρήσουν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα τις νέες γνώσεις που απόκτησαν με πιο εύκολο τρόπο και να μειώσουν το άγχος τους (Iftene & Trandabăț, 2018). Η εφαρμογή das_AR εφαρμόστηκε πιλοτικά σε ένα κεφάλαιο του βιβλίου, παρουσιάστηκε στους μαθητές 3 τμημάτων της Γ΄ Λυκείου, δουλεύτηκε στην τάξη καθ' όλη την διδασκαλία του κεφαλαίου παράλληλα με το σχολικό βιβλίο και κατόπιν αξιολογήθηκε από τους μαθητές. Η αξιολόγηση παρουσιάστηκε αναλυτικά στο ακόλουθο κεφάλαιο.

4.1 Δημιουργία της εφαρμογής σε Unity και Vuforia

Το πρώτο στάδιο σχεδιασμού και δημιουργίας αφορούσε την επιλογή των σημείων του βιβλίου που επαυζήθηκαν με την εφαρμογή das_AR στο Unity. Δημιουργήθηκαν 2 βάσεις δεδομένων τελικά στο Vuforia επειδή κατά το στάδιο της πρώτης δοκιμής κρίθηκε από την μικρή ομάδα που το είδε για πρώτη φορά πως υπήρχε το περιθώριο να εμπλουτιστεί περισσότερο. Η πρώτη δοκιμαστική έκδοση αφορούσε την επαύξηση με περιεχόμενο που παρείχε τις αναγκαίες πληροφορίες ώστε ο μαθητής να μπορέσει να κατανοήσει τις θεματικές ενότητες του κεφαλαίου, να μπορέσει να μελετήσει τα κείμενα, να παρακολουθήσει τις ομιλίες που περιείχε το βιβλίο και να αποκτήσει πρόσβαση σε έρευνες που αφορούσαν τα Κοινωνικά Δικαιώματα. Επιπλέον υπήρχαν ασκήσεις που ο μαθητής θα έπρεπε να επιλύσει. Ο βαθμός δυσκολίας των ασκήσεων κατέστησε αναγκαία την δημιουργία μιας επόμενης, πληρέστερης έκδοσης της εφαρμογής που περιείχε επιπλέον τις λύσεις των ασκήσεων ώστε οι μαθητές να μπορούν να ελέγχουν άμεσα τα λάθη τους ακόμα και αν δεν ήταν παρόντες στην τάξη λόγω ασθένειας. Στην εικόνα 24 αποτυπώθηκε το στιγμιότυπο οθόνης όπου φαίνεται η δημιουργία της πρώτης βάσης δεδομένων. Στο Vuforia προστέθηκαν (add) εικόνες, καθορίστηκε το μέγεθός τους και τους δόθηκε όνομα.



Εικόνα 24: Δημιουργία της βάσης Δεδομένων στη Vuforia

Παράλληλα αξιολογήθηκε η κάθε εικόνα όσον αφορά την ικανότητά της να αναγνωρίζεται ως εικόνα-στόχος. Παράδειγμα αξιολόγησης φαίνεται στις εικόνες 25 όπου απεικονίστηκε η αρχική και στην εικόνα 26 όπου απεικονίστηκαν τα σημεία που μάρκαρε ο αλγόριθμος ώστε να

επιτρέπεται η ταυτοποίηση της εικόνας που ο μαθητής έβλεπε με την κάμερα του «έξυπνου» τηλεφώνου του.



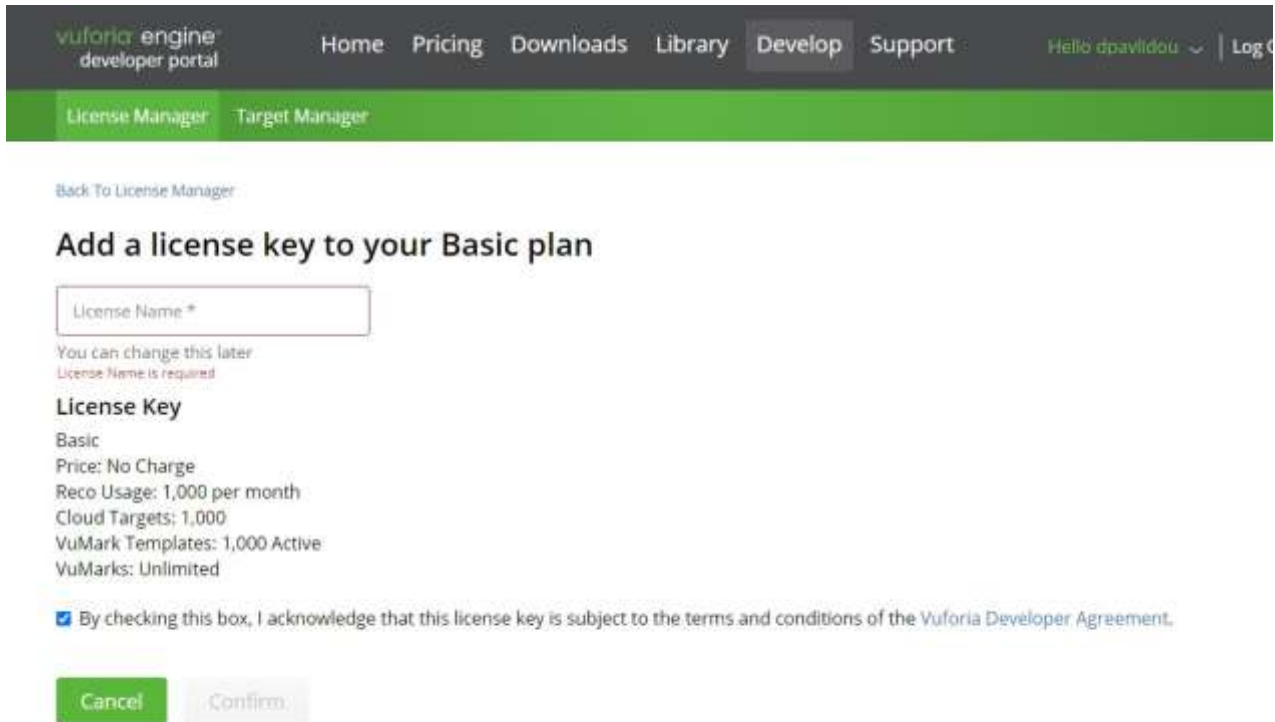
Εικόνα 25: Η εικόνα που προστέθηκε στο Vuforia



Εικόνα 26: Η αξιολόγηση της εικόνας στο Vuforia

Μπορεί να παρατηρηθεί πως η εικόνα αυτή δεν παρουσιάζει περισσότερα σημεία προς ταυτοποίηση σε σχέση με ένα κείμενο ή ένα σχήμα συγκρινόμενη με τις εικόνες 19 και 21 στις σελίδες 27 και 28 αντίστοιχα. Αυτό σημαίνει επίσης πως στις σελίδες ενός σχολικού βιβλίου κατάλληλος χώρος δεν είναι μόνο οι εικόνες αλλά και θα μπορούσαν να εντοπιστούν και άλλα σημεία προς επαύξηση.

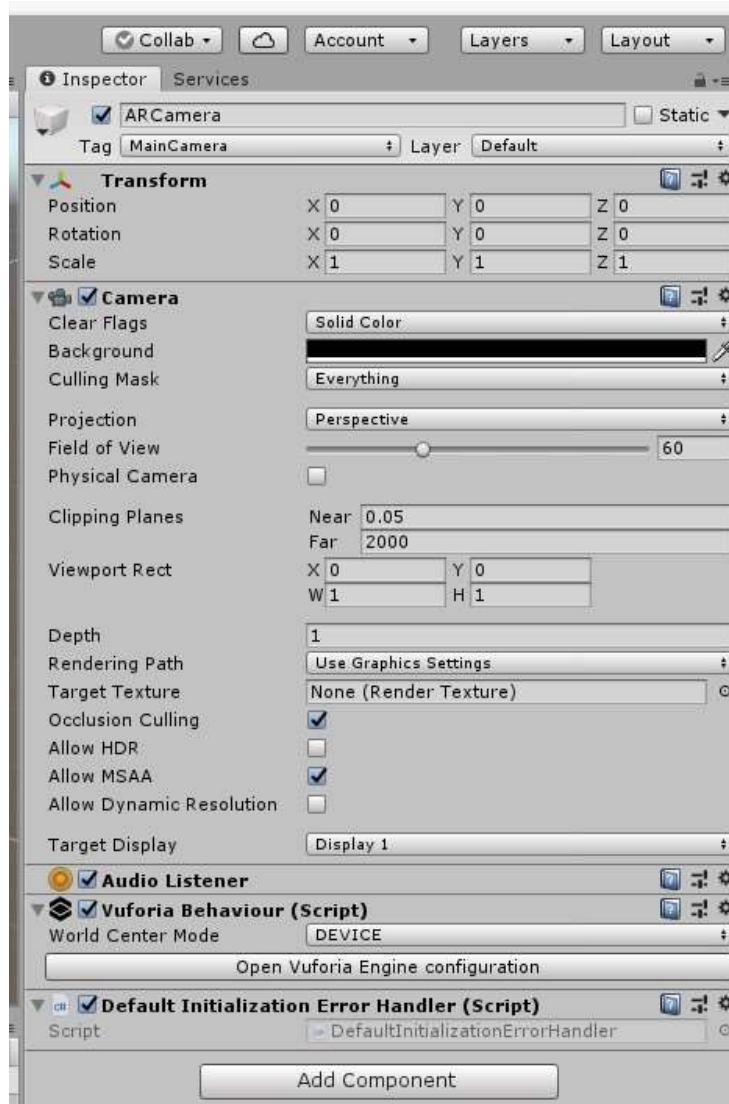
Από το Vuforia λήφθηκε το κλειδί προϊόντος που επικολλήθηκε στο Unity. Ο αριθμός επαυξήσεων μηνιαία καθόρισε την τιμή που χρέωνε στον δημιουργό η πλατφόρμα. Αυτό αποτυπώθηκε στο στιγμιότυπο οθόνης στην εικόνα 27.



The screenshot shows the 'Add a license key to your Basic plan' form in the Vuforia Developer Portal. At the top, there is a navigation bar with links for Home, Pricing, Downloads, Library, Develop, and Support. Below this is a green bar with 'License Manager' and 'Target Manager' buttons. The main content area has a 'Back To License Manager' link and the title 'Add a license key to your Basic plan'. There is a text input field for 'License Name *' with a note below it: 'You can change this later. License Name is required'. Below the input field is the 'License Key' section, which lists the plan details: 'Basic', 'Price: No Charge', 'Reco Usage: 1,000 per month', 'Cloud Targets: 1,000', 'VuMark Templates: 1,000 Active', and 'VuMarks: Unlimited'. At the bottom of the form, there is a checked checkbox with the text: 'By checking this box, I acknowledge that this license key is subject to the terms and conditions of the Vuforia Developer Agreement.' Finally, there are two buttons: 'Cancel' and 'Confirm'.

Εικόνα 27: Το κλειδί που θα επικολληθεί παρακάτω στο Unity

Η εκκίνηση οποιουδήποτε έργου στο Unity περιγράφηκε στο κεφάλαιο 3 αναλυτικά οπότε οι οδηγίες που ακολουθούν αφορούν πλέον αποκλειστικά την δημιουργία της εφαρμογής das_AR. Έχει προηγηθεί η δημιουργία νέου έργου στο Unity, η προσθήκη της κάμερας AR από το βασικό μενού, η διαγραφή της αρχικής κάμερας και η επιλογή πλατφόρμας ανάπτυξης του έργου σε Android. Ακολούθως έγινε η εισαγωγή του κλειδιού. Η επικόλληση του κλειδιού-προϊόντος στο Unity έγινε επιλέγοντας στην οθόνη επεξεργασίας του έργου το στοιχείο AR Camera που βρίσκεται στο αριστερό πλαίσιο κάτω από την σκηνή (scene) και υποδεικνύει την ιεράρχηση (hierarchy) των στοιχείων που περιλαμβάνονται στην σκηνή. Εμφανίστηκε η εικόνα 28 και έπρεπε να επιλέξουμε το Open Vuforia Engine configuration που βρίσκονταν στο μενού του Vuforia Behaviour.



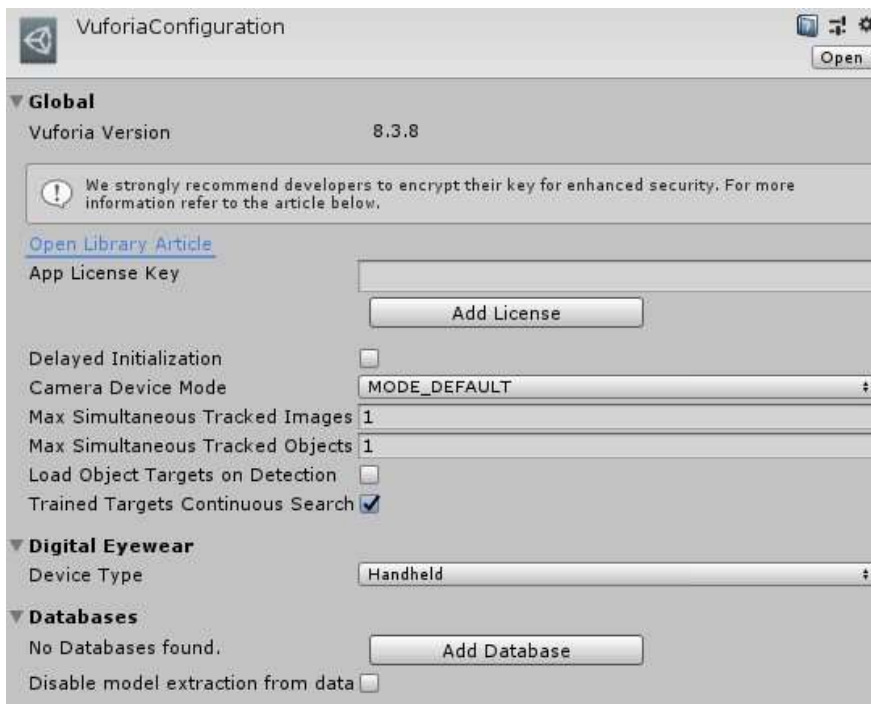
Εικόνα 28: στιγμιότυπο οθόνης πριν την επικόλληση του κλειδιού-προϊόντος.

Έχοντας αντιγράψει από το Vuforia το κλειδί, αυτό επικολλήθηκε όπως φαίνεται στην εικόνα 29 που ακολουθεί και είναι στιγμιότυπο της οθόνης μετά την επιλογή που φαίνεται στην εικόνα 28.



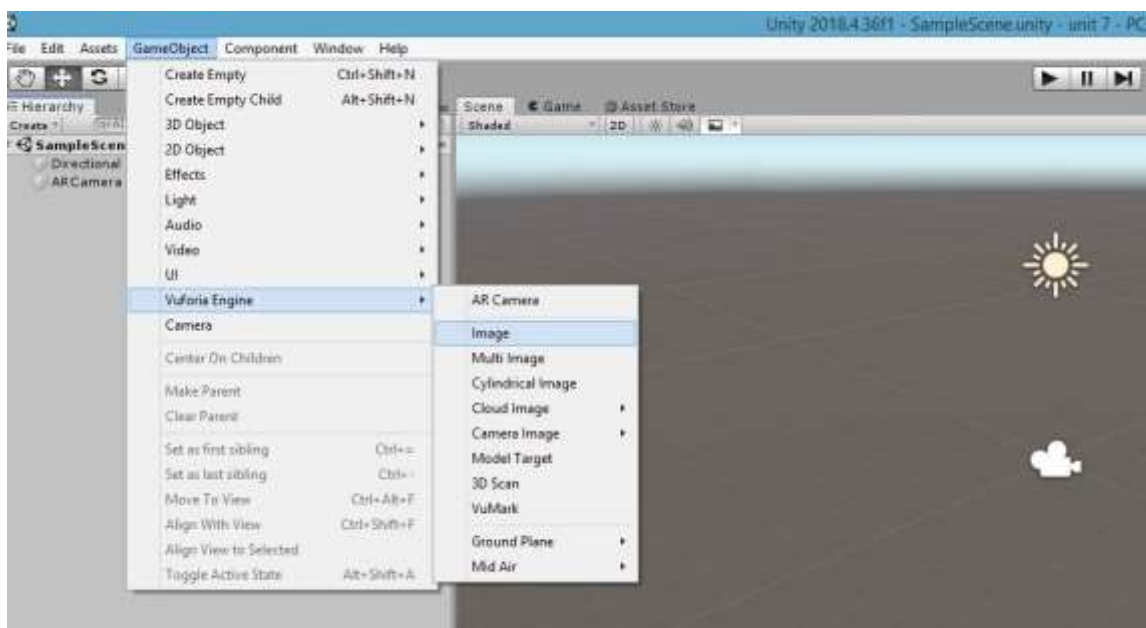
Εικόνα 29: Η Η επικόλληση του κλειδιού-προϊόντος

Μετά από αυτές τις ρυθμίσεις ακολούθησε η εισαγωγή των βάσεων δεδομένων εικόνων που έγινε στην ίδια οθόνη με την επικόλληση του κλειδιού στο Vuforia Configuration μετά την εισαγωγή κλειδιού όπως φαίνεται στο στιγμιότυπο της εικόνας 30.



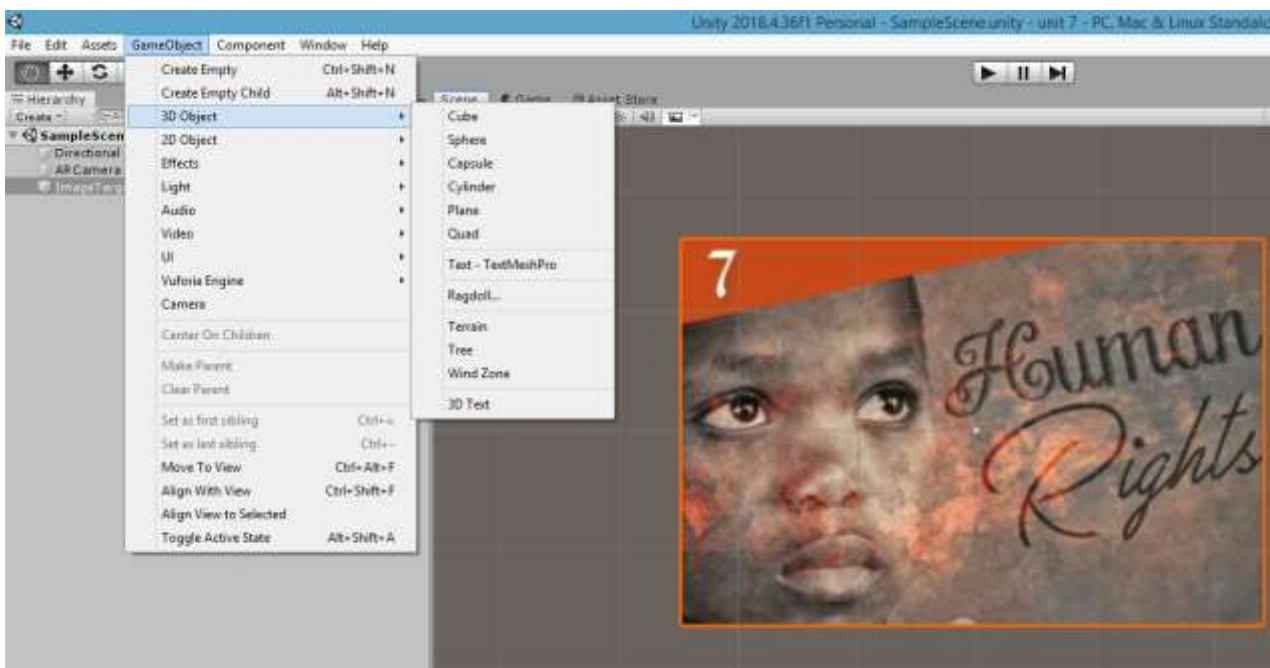
Εικόνα 30: Στιγμιότυπο οθόνης για την προσθήκη βάσεων δεδομένων

Ακολούθησε η εργασία τοποθέτησης των εικόνων στην σκηνή. Αυτό φαίνεται στην εικόνα 31 επιλέγοντας από το μενού Game Object → Vuforia Engine → Image. Όταν εμφανίστηκε η βάση δεδομένων μας επιλέχθηκε η επιθυμητή εικόνα. Τα ονόματα των εικόνων είναι αυτά που δόθηκαν στο Vuforia κατά την δημιουργία της βάσης δεδομένων.



Εικόνα 31: Επιλογή εισαγωγής εικόνα-στόχου στην σκηνή μας

Η εισαγωγή εικόνων-στόχων ήταν η πρώτη φάση της δημιουργίας της εφαρμογής. Όταν μια εικόνα εισάγονταν στο αριστερό μενού που εμφάνιζε την ιεράρχηση μπορούσε να της αποδοθεί μια ιδιότητα τύπου γονέας-παιδί που κληρονομούσε τις ιδιότητες του γονέα. Η σωστή ιεράρχηση επέτρεπε την μετατροπή του κώδικα όταν αυτό ήταν απαραίτητο και την προσθήκη στοιχείων ώστε η εφαρμογή να λειτουργεί ομαλά. Κάθε εικόνα σύρθηκε και τοποθετήθηκε σε μια σειρά ώστε να είναι εύκολο να προστεθούν τα στοιχεία που ακολουθούσαν. Μπορούσε να ρυθμιστεί το μέγεθος της κάθε εικόνας και να μετακινηθεί σε όποιο σημείο ήταν επιθυμητό. Δεν είχε ιδιαίτερη σημασία η θέση των εικόνων. Τοποθετήθηκαν απλά στη σκηνή ώστε να τοποθετηθεί ακολούθως πάνω σε αυτές ένα φυσικό μέγεθος. Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 2 η επαυξημένη πραγματικότητα βάσιζε την λειτουργία της στην κάμερα ενός «έξυπνου» τηλεφώνου που θα έβλεπε μια εικόνα που έχει οριστεί ως εικόνα στόχος στο Unity και ακολούθως θα ταυτοποιούνταν ως η σωστή εικόνα μέσω του Vuforia. Για να επιτευχθεί η επαύξηση έχει τοποθετηθεί στην εικόνα-στόχο ένα άλλο φυσικό μέγεθος που στο Unity μπορεί να είναι ένα Quad ή ένα Plane. Πάνω σε αυτό το φυσικό μέγεθος έχει προστεθεί κάποιο βίντεο, εικόνα, ηχητικό αρχείο ή τρισδιάστατο αντικείμενο. Η εφαρμογή Elements 4D χρησιμοποιούσε έναν κύβο, για παράδειγμα. Το κάθε φυσικό μέγεθος (Quad, Plane) συνοδεύονταν από ανάλογη συμπεριφορά (behaviour) και αυτή ήταν παραμετροποιήσιμη. Αυτό σήμαινε πως άλλη συμπεριφορά θα είχε ένα Quad αν προστίθονταν και άλλη ένα Plane. Αυτό θα μπορούσε να αποδειχτεί εξαιρετικά χρήσιμο και να εξοικονομήσει χρόνο σε έναν δημιουργό. Αναθέτει διαφορετική συμπεριφορά που κληρονομείται από τα παιδιά τους. Στην εικόνα που ακολουθεί αποτυπώθηκε η εισαγωγή Quad στην ιεραρχία κάτω από μια εικόνα στόχο. Όπως αριθμήθηκαν οι εικόνες είναι πρακτικά ωφέλιμο να αριθμηθούν και τα Quad. Κάθε ένα θα πρέπει να αποτελεί παιδί της εικόνας και αυτό έγινε όταν σύρθηκε το Quad κάτω από το κυβάκι που υπάρχει δίπλα σε κάθε Image Target. Η εισαγωγή Quad έγινε επιλέγοντας: GameObject → 3D Object → Quad όπως αποτυπώθηκε στο στιγμιότυπο της εικόνας 32.

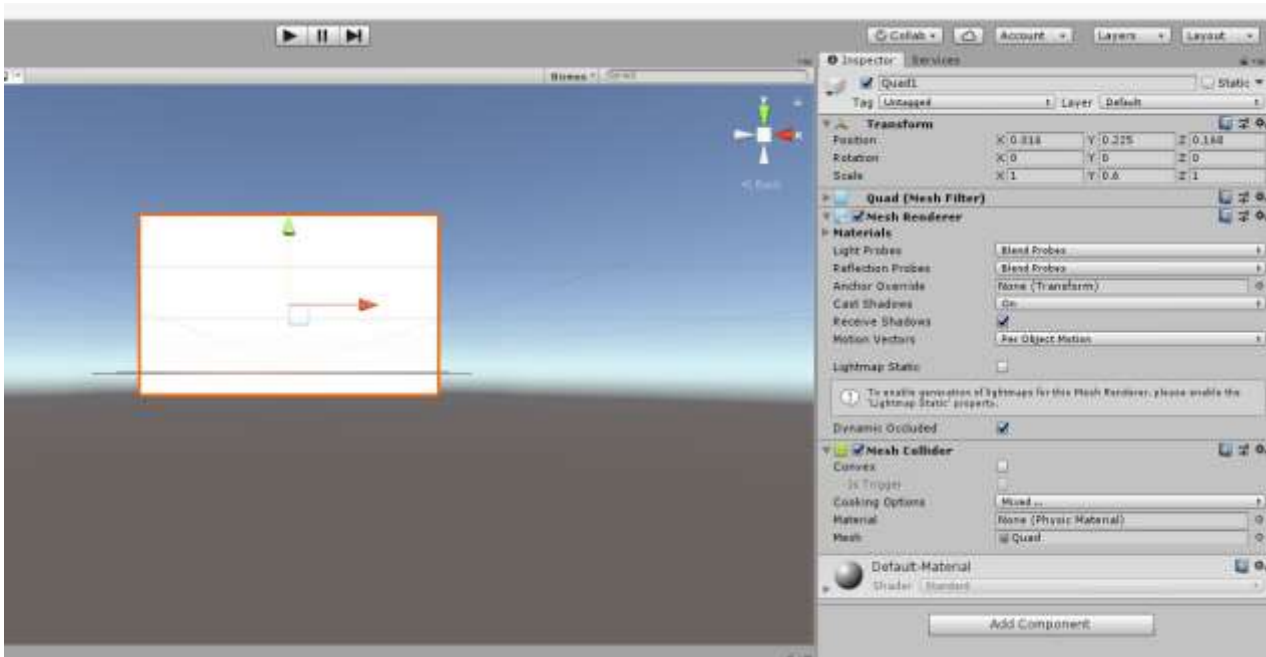


Εικόνα 32: Στιγμιότυπο οθόνης με την εισαγωγή Quad

Η διαδικασία αυτή δεν ήταν απλή και απαιτήθηκε προσοχή. Το Quad είναι ένα φυσικό μέγεθος που θα έπρεπε να προσαρμοστεί στο μέγεθος, τον προσανατολισμό και την κατεύθυνση της εικόνας-στόχου. Οι ρυθμίσεις αυτές έπρεπε να γίνουν με χρήση των εικονιδίων μετακίνησης στοιχείων και μετατόπισης της κάμερας:

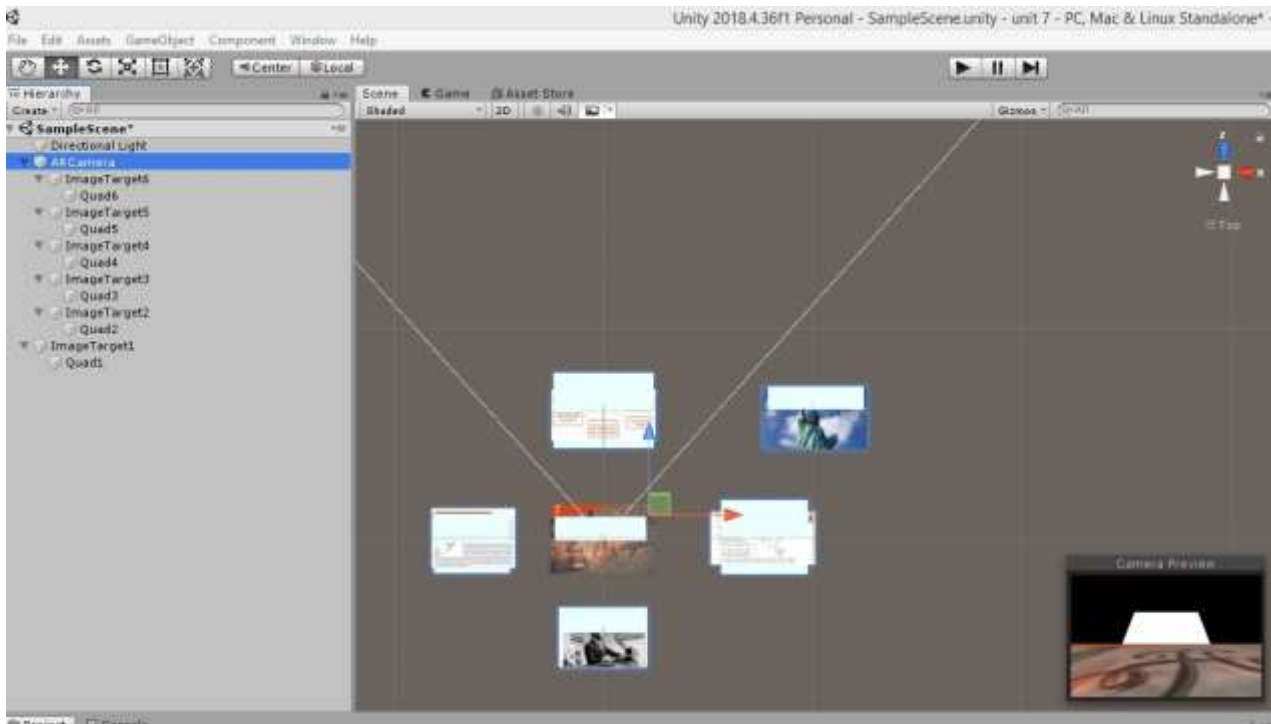


Αυτό ήταν ίσως το πιο κοπιαστικό μέρος της δημιουργίας της εφαρμογής. Απαιτήθηκε εξοικείωση με την πλατφόρμα αλλά με εξάσκηση επιτεύχθηκε το τελικό αποτέλεσμα. Στην εικόνα 33 που ακολουθεί φαίνεται η τοποθέτησή του και οι ρυθμίσεις στο δεξιό μενού που αφορούσαν τις διαστάσεις και την κλίση που είχε. Στην ίδια εικόνα φαίνεται και η επιλογή Add Component στο δεξιό μενού. Εκεί τοποθετήθηκαν τα κομμάτια του βίντεο και του ήχου.



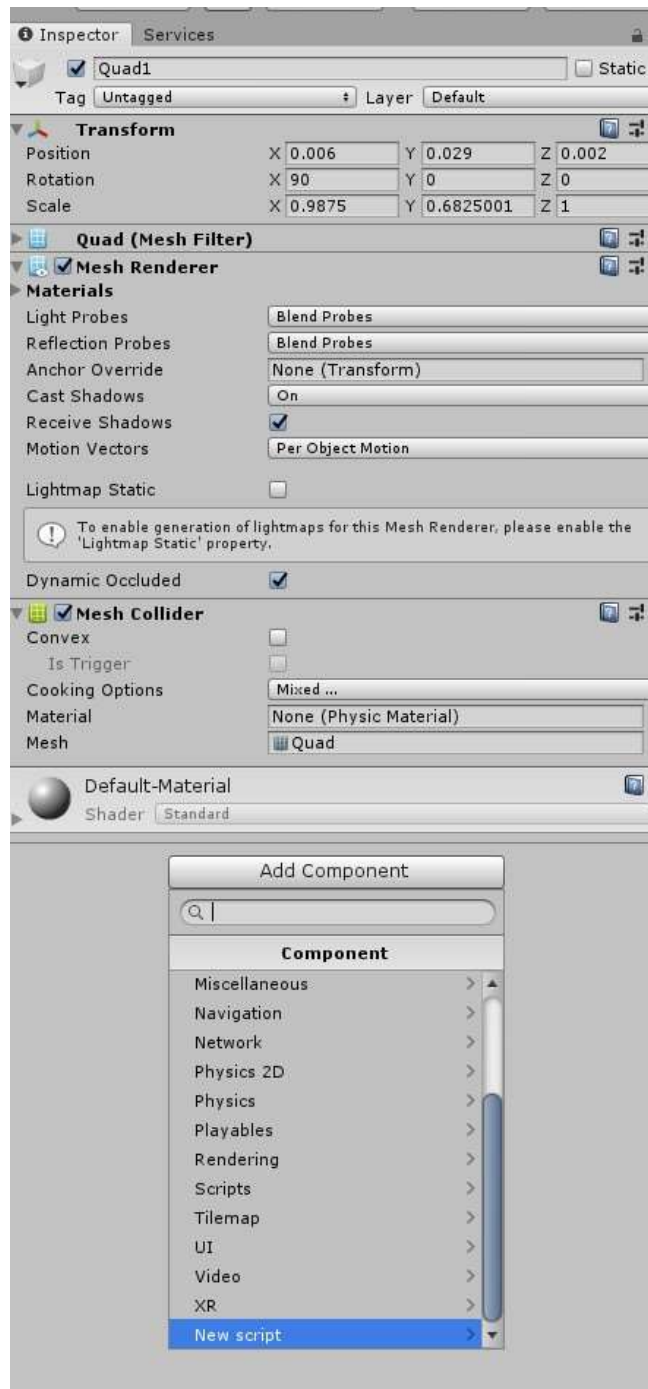
Εικόνα 33: Ρυθμίσεις ενός Quad

Όταν ολοκληρώθηκε αυτή η διαδικασία προέκυψε μια σκηνή όπου φαίνονται στο ίδιο επίπεδο οι εικόνες στόχοι με τα παιδιά τους όπως φαίνεται στην εικόνα 34. Τα Quad έχουν τοποθετηθεί πάνω στις εικόνες στόχους αλλά χωρίς να τις καλύπτουν πλήρως. Έχουν μικρή κάθετη κλίση αλλά ήταν εμφανή στον δημιουργό. Αν υπερκαλύπτονταν τις εικόνες θα ήταν δύσκολη η προσθήκη του βίντεο επειδή δε θα μπορούσε να βλέπει ο δημιουργός ποια εικόνα καλύπτεται. Αν είχαν τοποθετηθεί τελείως από κάτω θα υπήρχε η περίπτωση το βίντεο να μην ταιριάζει τελείως με το πλαίσιο του Quad οπότε να μη φαίνεται όμορφο. Ο δημιουργός θα μπορούσε να επιλέξει να φαίνεται το Quad κάθετα προς την εικόνα-στόχο. Θα ήταν καλύτερα αν φανταζόμασταν το Quad σαν μια οθόνη κινηματογράφου. Αν ήμασταν καθιστοί τότε θα ήταν καλύτερα να ήταν και η οθόνη παράλληλη με εμάς στον τοίχο. Αν όμως ξαπλώναμε θα θέλαμε να ήταν σε μια άλλη θέση π.χ. στην οροφή. Ο δημιουργός θα έπρεπε να αποφασίσει για την θέση της οθόνης. Τα Quad κληροδοτούσαν τις ιδιότητές τους στα παιδιά τους που στην προκειμένη περίπτωση ήταν βίντεο.



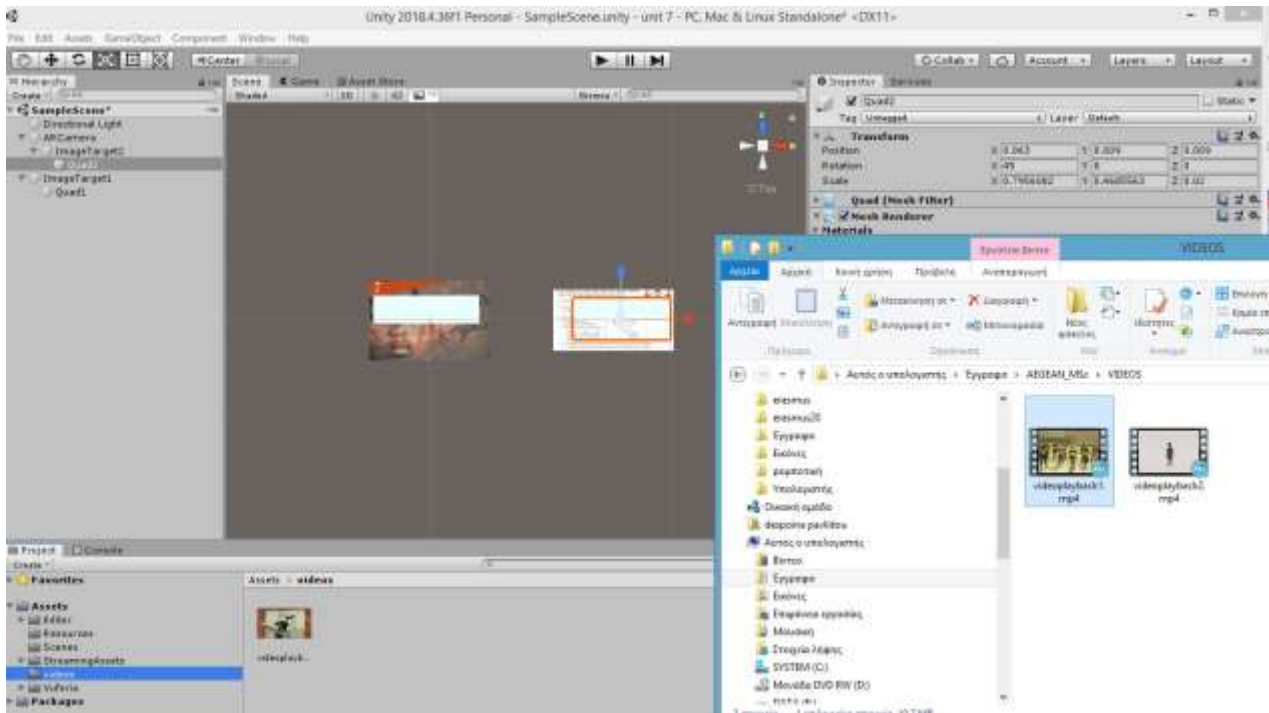
Εικόνα 34: Τοποθέτηση Image Target και των Quad στη σκηνή και την ιεραρχία

Για την τοποθέτηση βίντεο στο Quad, έπρεπε αυτό να εισαχθεί στην ιεραρχία (αριστερό μενού) ως κομμάτι (component). Αυτό σήμαινε πως το βίντεο ήταν ένα τμήμα που προστίθονταν στο Quad ακολουθώντας την ιεράρχηση που επέτρεπε να κληροδοτούνταν από τον γονέα (Quad) ιδιότητες στο παιδί (Video). Με τον ίδιο τρόπο μπορούσαμε να προσθέσουμε υλικό στα φυσικά αντικείμενα που προστέθηκαν στις εικόνες-στόχους. Τα κομμάτια αυτά επιδέχονταν επεξεργασία όσον αφορά την υφή και την συμπεριφορά τους. Μπορούσαμε να προσθέσουμε και άλλα κομμάτια (components) σε ένα Quad ώσπου να επιτύχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα. Πρέπει να τονιστεί πως ότι προσθέτονταν θα έπρεπε να τοποθετείται ιεραρχικά κάτω από τον γονέα του ώστε να κληρονομεί τις ιδιότητές του. Σε διαφορετική περίπτωση θα απαιτούνταν επιπλέον, κουραστικός προγραμματισμός. Στην επόμενη εικόνα 35 αποτυπώθηκε πως προστέθηκε το βίντεο. Αυτό επέτρεψε στην εφαρμογή να επαυξήσει την εικόνα-στόχο με ένα βίντεο κάθε φορά που ο μαθητής έβλεπε με την «έξυπνη» συσκευή του την αντίστοιχη σελίδα του βιβλίου. Η εφαρμογή την ταυτοποιούσε και ξεκινούσε το βίντεο. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να αναφερθεί πως ο δημιουργός είχε την επιλογή να προσθέσει κουμπιά χειρισμού του βίντεο ώστε αυτό να ξεκινάει όταν ο χρήστης επιλέγει “play”, να κάνει παύση όταν επιλέγει “pause” και να σταματάει όταν επιλέγει “stop”. Αυτές οι δυνατότητες αποτυπώθηκαν στην εικόνα 35, στις επιλογές Miscellaneous, Playables, Navigation. Θα μπορούσαν επίσης να εισαχθούν με κώδικα που θα συνόδευε εικονίδια που επιλέχθηκαν από τον δημιουργό. Στην επόμενη ενότητα εξηγείται η επιλογή να μην εισαχθεί χειρισμός από τον χρήστη. Όταν οι μαθητές έβλεπαν το βιβλίο τους με τη κάμερα της «έξυπνης» συσκευής τους, η εφαρμογή ταυτοποιούσε άμεσα τις εικόνες-στόχους και προέβαλε το υλικό που είχε προστεθεί πάνω σε αυτές. Επιλέχθηκε να μην καλύπτεται όλη η οθόνη από το βίντεο ώστε να εξακολουθεί να είναι ορατή η σελίδα του βιβλίου. Αυτό κρίθηκε σκόπιμο επειδή τα βίντεο εξηγούσαν έννοιες, έδιναν τις λύσεις των ασκήσεων ή συνόδευαν κάποιο γραπτό κείμενο.



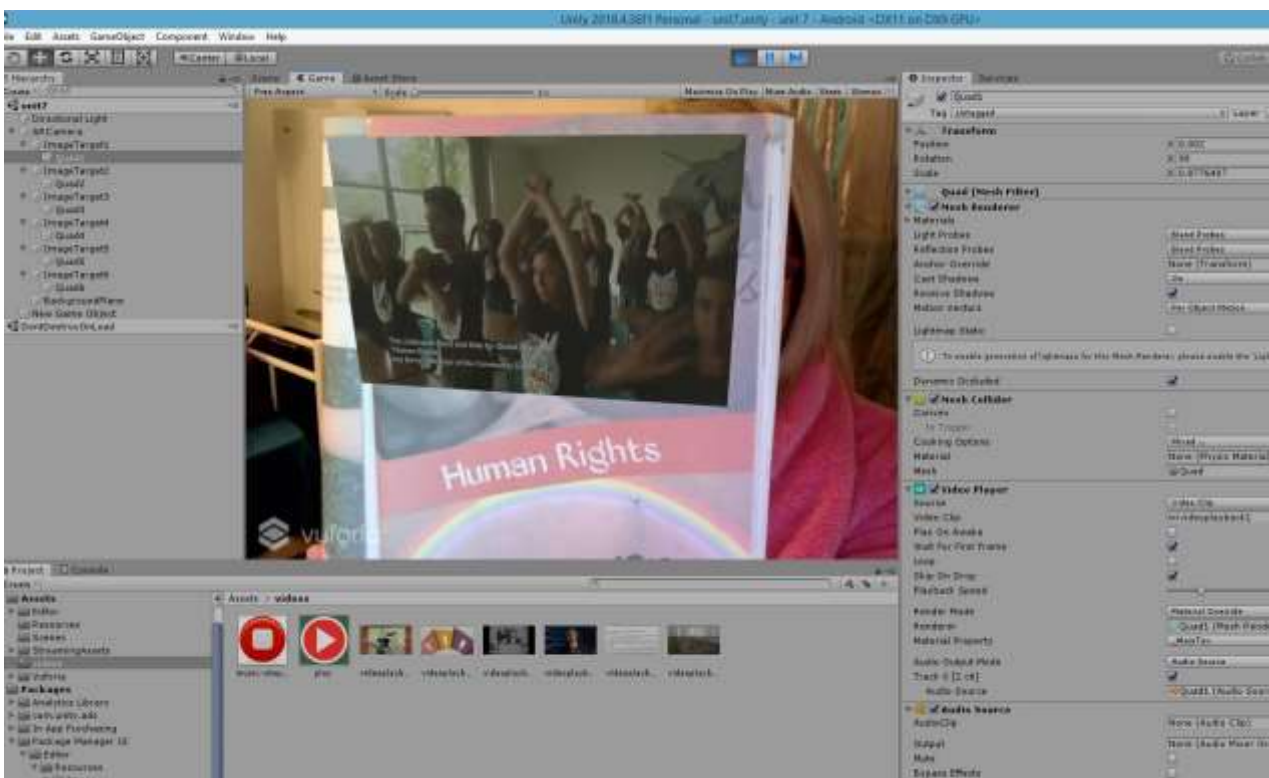
Εικόνα 35: Στιγμιότυπο οθόνης με εισαγωγή Component Video σε Quad

Μετά την εισαγωγή του στοιχείου Video στην ιεραρχία μπορούσαμε να εισάγουμε τα αρχεία βίντεο που είχαμε επιλέξει. Η διαδικασία ήταν σχετικά απλή αφού αρκούσε να τα «σύρουμε» επί της οθόνης και να τα τοποθετήσουμε στο τμήμα της οθόνης μας, κάτω από την κύρια σκηνή, εκεί που είχαμε τα asset μας. Αν τα αρχεία βίντεο ήταν εξ' αρχής ομαδοποιημένα σε έναν φάκελο στον υπολογιστή, η διαδικασία δεν ήταν κοπιαστική. Αυτό αποτυπώθηκε στην εικόνα 36 που ακολουθεί. Ήταν απαραίτητο να τοποθετηθούν τα βίντεο ως ιεραρχικά παιδιά κάτω από την εικόνα-στόχο και κάτω από το Quad που είχε τοποθετηθεί σε αυτή. Εάν δε συνέβαινε αυτό, δεν θα κληρονομούσαν τις αντίστοιχες ιδιότητες οπότε η συμπεριφορά τους δεν θα ήταν η επιθυμητή. Η ορθή τοποθέτηση τους εγγυήθηκε την σωστή και ομαλή λειτουργία της εφαρμογής.



Εικόνα 36: Εισαγωγή αρχείων βίντεο στην περιοχή asset του έργου

Μετά από την εισαγωγή νέου υλικού η εφαρμογή δοκιμαζόταν ώστε να επιβεβαιώνεται η ορθή και ομαλή λειτουργία. Πάνω από την οθόνη που έδειχνε την βασική σκηνή υπήρχαν τα εικονίδια που αντιστοιχούν στο play, pause, next. Στην εικόνα 37 αποτυπώθηκε το στιγμιότυπο οθόνης κατά την δοκιμή του υλικού. Στην οθόνη φαίνεται η εικόνα της σελίδας 101 του βιβλίου.



Εικόνα 37: Στιγμιότυπο οθόνης κατά την δοκιμή του υλικού

Για να εκκινήσει η εφαρμογή έπρεπε ο δημιουργός να πατήσει το play και να δει μέσα από την κάμερα του υπολογιστή την εικόνα-στόχο. Στην προκειμένη περίπτωση, την σελίδα του βιβλίου. Για το Unity αυτό χαρακτηρίζονταν ως play mode. Κατά την διάρκεια αυτής της λειτουργίας, ο δημιουργός μπορούσε να βλέπει μόνο το έργο. Για να επιστρέψει στην λειτουργία της επεξεργασίας του έργου θα έπρεπε να σταματήσει το play. Στην εικόνα 37 φαίνεται το εικονίδιο play ως πιο σκούρο επειδή είχε επιλεγεί και στην οθόνη της εφαρμογής είναι ορατή η επιφάνεια που καταλαμβάνει το βίντεο. Η υπόλοιπη σελίδα του βιβλίου παρέμενε ορατή στον χρήστη. Αυτό κρίθηκε απαραίτητο επειδή κάποιες σελίδες χρειάστηκε να επαυξηθούν σε 2 διαφορετικά σημεία με διαφορετικό υλικό. Αν η επαύξηση καταλάμβανε όλη την οθόνη δεν θα μπορούσε ο μαθητής να βλέπει τις πληροφορίες που δίνει η σελίδα του βιβλίου και η επαύξηση συμπλήρωνε. Μπορεί να παρατηρηθεί η διαφορά της συμπεριφοράς της εφαρμογής das_AR όπως φαίνεται στην εικόνα 37 και τις παλαιότερης προσπάθειας που είχε γίνει στο Aurasma και φαίνεται στην εικόνα 5. Στην εικόνα 5 φαίνεται επίσης η προσθήκη κουμπιού play που επέβαλε στους μαθητές επιπλέον αναγκαστικά χειρισμό. Κατά την χρήση του Aurasma παρούσες στην αίθουσα διδασκαλίας ήταν καθηγήτριες Ειδικής Αγωγής που βοηθούσαν μαθητές με κινητικά προβλήματα. Αυτές υπέδειξαν την απαλοιφή επιπλέον κουμπιών που δυσκόλευαν τους μαθητές τους. Κάποιοι μαθητές διέθεταν βραχίονα υποστήριξης στο αμαξίδιό τους αλλά το πλήκτρο play θα έπρεπε να πατηθεί από συνοδό. Χωρίς αυτό η επαύξηση απαιτούσε απλώς να προσαρμόζεται ο βραχίονας στην σελίδα του βιβλίου. Η παρουσία καθηγητών Ειδικής Αγωγής κατά το στάδιο δοκιμής της εφαρμογής AR στην αίθουσα διδασκαλίας ήταν πραγματικό ευτύχημα. Οι συμβουλές τους ήταν ανεκτίμητες όπως και οι παρεμβάσεις τους. Παρόλο που δεν δοκιμάστηκε τότε η εφαρμογή σε περιβάλλον αποκλειστικά ατόμων με κινητικές αναπηρίες, η παρουσία τους βοήθησε στην λήψη των αποφάσεων που οδήγησαν τον σχεδιασμό της εφαρμογής das_AR.

Στην εικόνα 37 φαίνονται επίσης δύο σημεία που χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής. Το ένα αφορούσε την συμπεριφορά του βίντεο όταν η εφαρμογή ολοκλήρωνε την ταυτοποίηση και εκκινούσε. Η επιλογή που θα έπρεπε να από-επιλεγεί είναι το Play on Awake στο δεξιά μενού. Αν δεν γινόταν η από-επιλογή θα εκκινούσε το βίντεο με λάθος συγχρονισμό σε σχέση με τον ήχο του. Επίσης χρειάστηκε να επιλεγεί η λειτουργία Skip-on-Drop για την αποφυγή πλήκτρων εκκίνησης-παύσης του βίντεο και Wait-for-first-Frame ώστε να δοθεί χρόνος για τον συγχρονισμό βίντεο και ήχου. Για το Quad η λειτουργία του βίντεο και η λειτουργία του ήχου δεν ήταν ταυτόσημες. Για πιο ομαλή λειτουργία και εμφάνιση του υλικού προτάθηκε η εισαγωγή ενός επιπλέον Component στην ουρά του Quad. Έτσι κληροδοτούνταν οι ιδιότητες-συμπεριφορές σε όλα τα παιδιά και εξοικονομήθηκε χρόνος. Το Component που προστέθηκε ήταν το Audio Source όπου ως πηγή ορίστηκε το βίντεο. Προσθέτοντας το όταν ολοκληρώνονταν η ταυτοποίηση εκκινούσε το βίντεο και ο ήχος ταυτόχρονα. Σε διαφορετική περίπτωση μπορεί να μην υπήρχε ο απαραίτητος συγχρονισμός της εικόνας με τον ήχο.

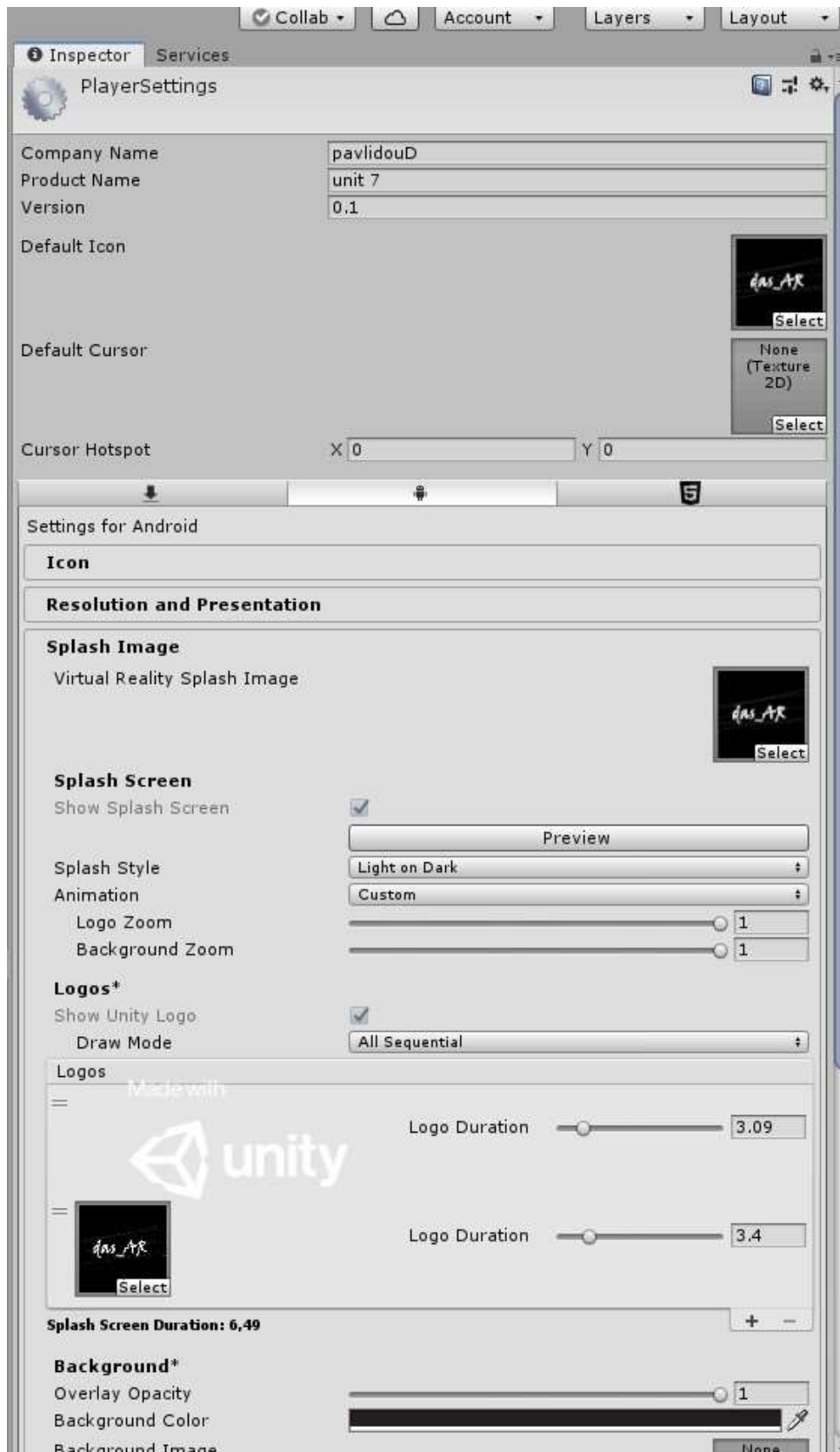
Το δεύτερο σημείο που έχρηζε ιδιαίτερης προσοχής ήταν η ιεράρχηση και ο κώδικας. Αν ο δημιουργός επέλεγε την εισαγωγή μεγάλου αριθμού βίντεο μπορούσε να υπάρχει η πιθανότητα να προκύψει πρόβλημα στον χρονισμό. Είχε παρατηρηθεί πως ενώ το βίντεο σταματούσε στις αρχικές δοκιμές δεν έκανε το ίδιο και ο ήχος. Αυτό το πρόβλημα, όποτε προέκυπτε, μπορούσε να επιλυθεί με επέμβαση στον κώδικα. Η επέμβαση παρουσιάστηκε στην επόμενη ενότητα.

Με την ολοκλήρωση της προσθήκης υλικού και των δοκιμών κάθε φορά που προστίθονταν νέο υλικό, ο δημιουργός μπόρεσε να κλείσει το έργο, να το λάβει σε μορφή εφαρμογής και να επιλέξει την μέθοδο διαμοιρασμού με τους χρήστες. Επειδή η εφαρμογή das_AR αφορούσε μαθητές, η διαδικασία θα έπρεπε να είναι απλή αλλά να λαμβάνει υπόψη ζητήματα κόστους και ασφάλειας. Αφού αρχικά «σώθηκε» το έργο στον φάκελο προορισμού που δημιουργήθηκε για αυτό το σκοπό από το Unity και περιείχε όσα χρειαζόνταν η εφαρμογή για να τρέξει, «κατέβηκε» κατόπιν ως εκτελέσιμο αρχείο με κατάληξη .apk. Για να είναι αισθητικά όμορφη και αναγνωρίσιμη η εφαρμογή προστέθηκε ένα εικονίδιο ως λογότυπο. Ο λογότυπος das_AR, αποτέλεσε προσωπική επιλογή. Το εικονίδιο φαίνεται στην εικόνα 38 που ακολουθεί. Επιλέχθηκε μαύρο πλαίσιο για να ταιριάζει με το υδατογράφημα του Unity που φαίνονταν στην οθόνη κατά την εκκίνηση της εφαρμογής και προστέθηκε μικρής χρονικής διάρκειας μετάβαση με λειτουργία zoom in.



Εικόνα 38: Το logo της εφαρμογής das_AR

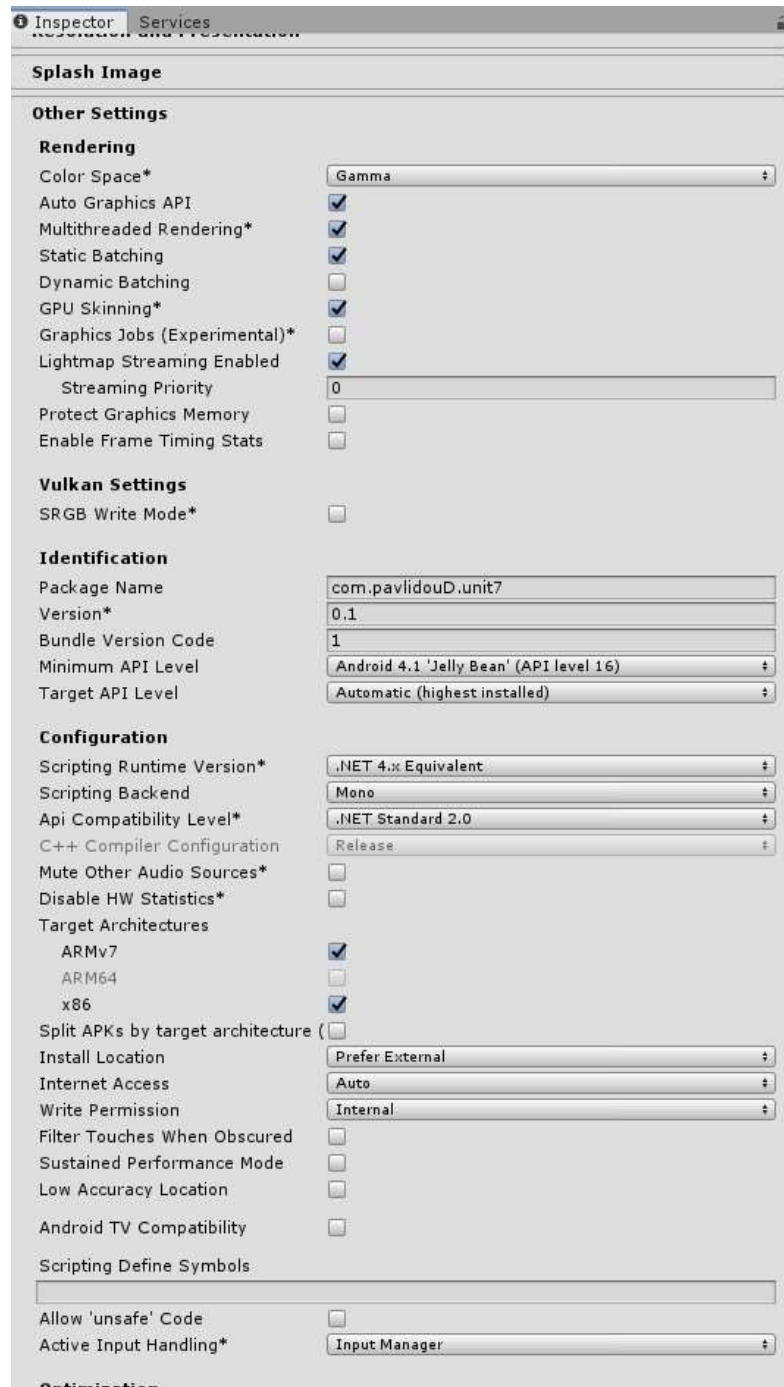
Ακολούθως δόθηκε όνομα στην εταιρεία του δημιουργού, όπως φαίνεται στην εικόνα 39 που ακολουθεί και δείχνει το στιγμιότυπο της οθόνης με αυτές τις λειτουργίες. Οι επιλογές που ακολούθησαν εκτελέστηκαν μέσα από το File → Build Settings → Player Settings. Η προσθήκη λογότυπου και οι ρυθμίσεις της φαίνονται στην εικόνα 39. Αφορούσαν τις επιλογές Icon και Splash Image. Η πρώτη καθόριζε ποιο εικονίδιο θα εμφανίζονταν στιγμιαία ως λογότυπο και η δεύτερη καθόριζε το εικονίδιο το οποίο θα μπορούσε να λειτουργεί ως οθόνη έναρξης με εστίαση και να συνοδεύει το λογότυπο του Unity. Το λογότυπο της πλατφόρμας εμφανίζονταν σε όσες εφαρμογές δημιουργήθηκαν και «τρέχουν» σε δωρεάν λογαριασμούς. Μπορούσε να αφαιρεθεί από την οθόνη σε λογαριασμούς που είχαν επιλέξει κάποιο πλάνο επί πληρωμή. Μπορούσε να παραμείνει αν το επιθυμούσε ο δημιουργός. Η εισαγωγή σε μια εφαρμογή με εστίαση του λογότυπου κρίθηκε πως προσδίδει αισθητικά καλύτερο αποτέλεσμα στο τελικό προϊόν και φανερώνει την επιθυμία του δημιουργού να προσέχει ακόμη και τις μικρές λεπτομέρειες.



Εικόνα 39: Στιγμιότυπο οθόνης με τις επιλογές Icon/Splash Image της εφαρμογής das_AR

Στην εικόνα 40 φαίνονται οι απαραίτητες ρυθμίσεις όσον αφορά το λειτουργικό σύστημα στο οποίο χτίστηκε η εφαρμογή. Επειδή κάποιοι μαθητές είχαν συσκευές με παλαιότερες εκδόσεις λειτουργικού συστήματος Android χρειάστηκε να περιληφθούν εκδόσεις 4. Επίσης δεν έγινε

προσπάθεια κατά την πρώτη έκδοση της εφαρμογής να εξαχθεί και για άλλα λειτουργικά συστήματα επειδή θα έπρεπε πρώτα να αξιολογηθεί σαν μορφή, περιεχόμενο και χρήση, να γίνουν οι απαραίτητες μετατροπές και βελτιώσεις, να πιστοποιήσουν οι χρήστες πως άξιζε να χρησιμοποιηθεί πιο ευρέως και κατόπι να πραγματοποιηθεί εξαγωγή σε περισσότερα λειτουργικά και φιλοξενία σε κάποιο Play Store για ευκολία πρόσβασης από τους μαθητές-χρήστες. Η διαδικασία ολοκληρώθηκε με την επιλογή Build and Run όπως φαίνεται στο στιγμιότυπο οθόνης που δείχνει η εικόνα 10 στη σελίδα 19.



Εικόνα 40: Στιγμιότυπο οθόνης με τις επιλογές λειτουργικού συστήματος

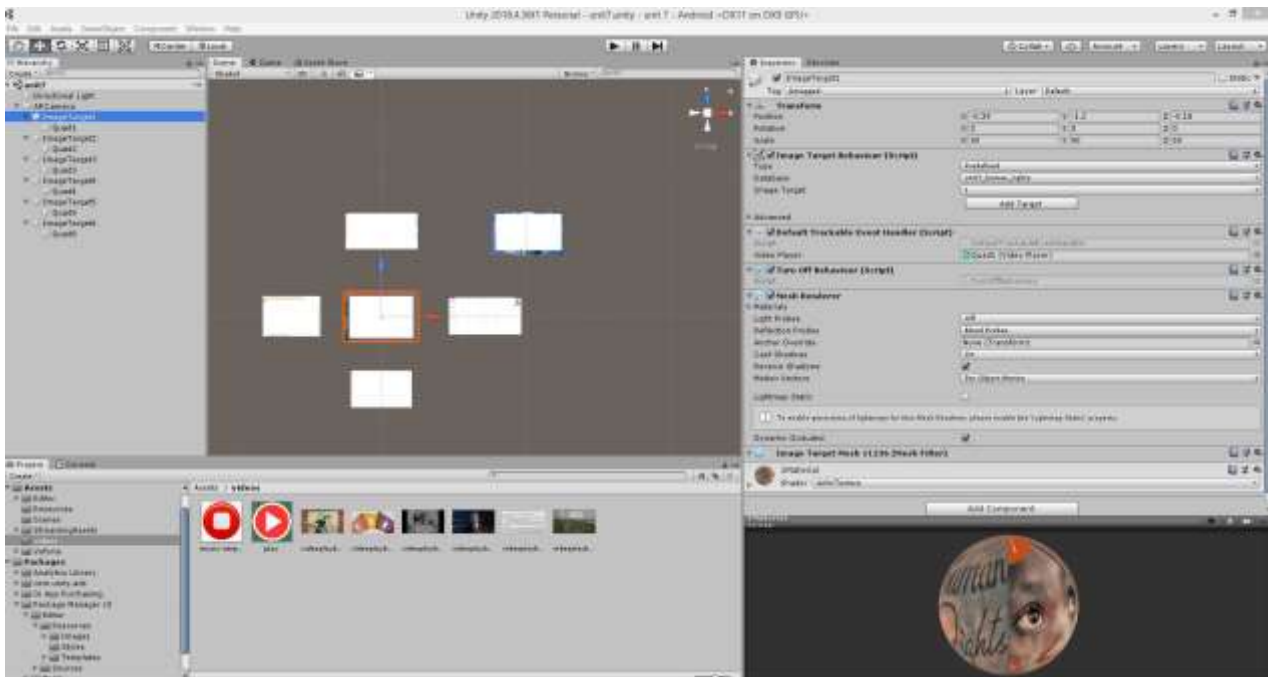
Κατά την φάση της πρώτης παρουσίασης η πρόσβαση δινόταν μέσω της η-τάξης προς κάποιο Drive που φιλοξενούσε το εκτελέσιμο αρχείο της εφαρμογής. Επιλέχθηκε το λειτουργικό σύστημα

για το οποίο δημιουργήθηκε. Ακολούθησε η εξαγωγή στον υπολογιστή της δημιουργού και το «ανέβασμα» στο Google Drive σε έναν κοινόχρηστο φάκελο. Στην η-τάξη για το μάθημα των Αγγλικών στο 3^ο ΓΕΛ Βέροιας με τίτλο Unit7 Human Rights σε μια θεματική ενότητα με τον τίτλο App οι μαθητές έβρισκαν το σύνδεσμο για το κοινόχρηστο φάκελο στο Google Drive οπότε μπορούσαν να το «κατεβάσουν» στην συσκευή τους και να το ανοίξουν. Η εφαρμογή απαιτούσε από τον χρήστη πρόσβαση μόνο στην κάμερα της συσκευής. Επειδή οι χρήστες της εφαρμογής θα ήταν ανήλικοι και ενήλικοι μαθητές δεν θεωρήθηκε σωστό και νόμιμο να συλλέγει άλλα δεδομένα όπως χρόνο παραμονής στην εφαρμογή, τοποθεσία, χρήση μικροφώνου. Η εφαρμογή θα έπρεπε να απαιτεί το μικρότερο δυνατό χώρο μνήμης στην συσκευή και τα δεδομένα. Η πρώτη έκδοση απαιτούσε χώρο περίπου 315 MB από τους μαθητές. Όπως ανέφεραν οι ίδιοι δύσκολα θα μπορούσαν να διαθέσουν περισσότερο. Το εύρος δεδομένων προκειμένου να «τρέξει» η επιλογή καλύφθηκε από τα δεδομένα που οι περισσότεροι μαθητές διέθεταν λόγω των πακέτων κινητής τηλεφωνίας που επέλεγαν και στους υπόλοιπους μαθητές δίνονταν πρόσβαση σε ένα μικρό τοπικό Δίκτυο που είχε δημιουργηθεί για αυτό το σκοπό στην ειδικά διαμορφωμένη αίθουσα διδασκαλίας Αγγλικών στο 3^ο ΓΕΛ Βέροιας. Η αίθουσα διέθετε δικό της ασφαλές Δίκτυο για επιλεκτική χρήση από μαθητές.

Η εφαρμογή φιλοξενήθηκε στο Github με εικόνες, κείμενο και την επέκταση του κώδικα σε ανοιχτή μορφή και είναι στον σύνδεσμο: https://github.com/dpavlidou/AR_humanrights.

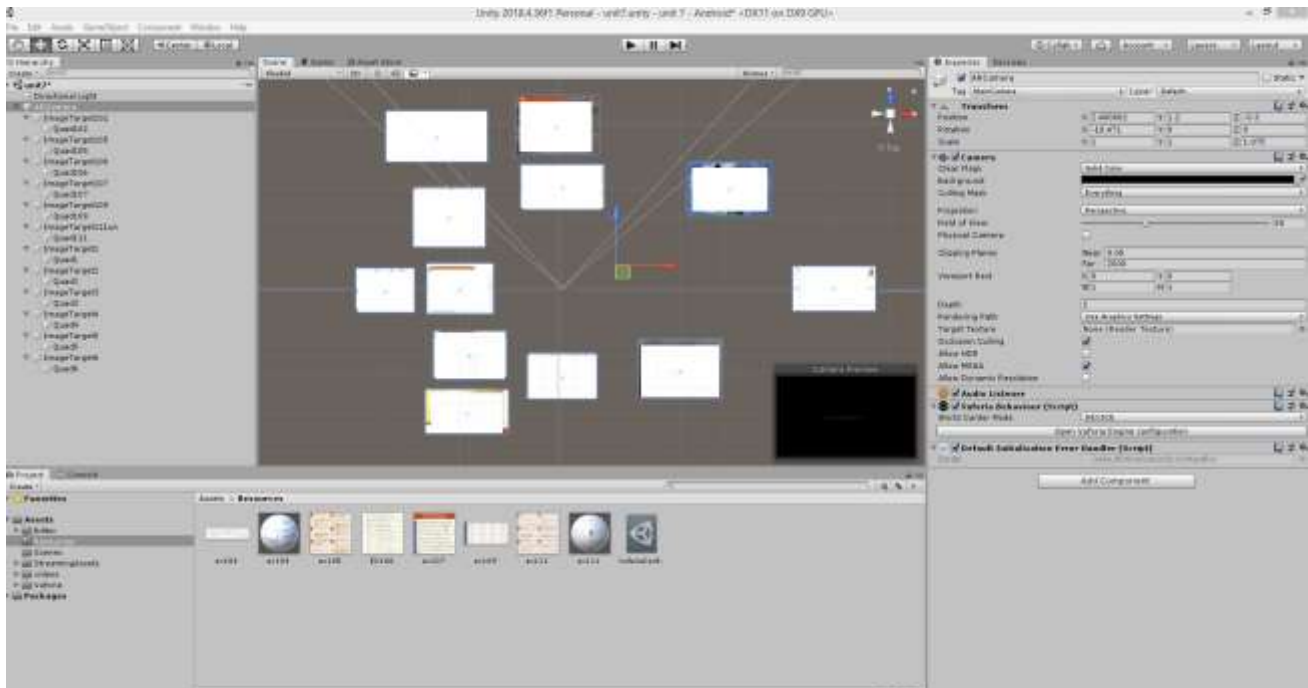
4.2 Επεμβάσεις στην εφαρμογή *das_AR* και μετατροπές στον κώδικα

Μια δυνατότητα που δίνονταν από το Unity ήταν η προσθήκη κουμπιών χειρισμού. Στην εικόνα 41 που ακολουθεί φαίνονται τα κουμπιά play, stop που αρχικά εισήχθησαν. Όταν όμως δοκιμάστηκε η εφαρμογή αποδείχθηκε πως κάλυπταν μέρος, αναγκαστικά, της οθόνης δυσκολεύοντας τον χρήστη να βλέπει την σελίδα του βιβλίου. Αν και μπορεί να ήταν χρήσιμα σε μικρές επαυξήσεις, γίνονταν κουραστικά όταν το υλικό ήταν μεγάλο. Έτσι προτιμήθηκε να ξεκινά η επαύξηση με την ταυτοποίηση της εικόνας-στόχου και να σταματά όταν ο μαθητής δεν την βλέπει πλέον. Επίσης η μετάβαση στην επόμενη επαύξηση γίνονταν πιο ομαλά αφού δεν απαιτούνταν από τον χρήστη κάποια ενέργεια. Αυτό συνεπάγονταν εξοικονόμηση πόρων.



Εικόνα 41: Στιγμιότυπο οθόνης που φαίνονται τα κουμπιά play, stop στο μενού παροχών

Στην επόμενη εικόνα 42 φαίνεται η προσθήκη επιπλέον εικόνων-στόχων προς επαύξηση. Αυτή η συνθήκη προέκυψε μετά από την πρώτη δοκιμή της εφαρμογής από μια μικρή ομάδα χρηστών που όμως δεν προερχόταν εξ' ολοκλήρου από τον χώρο της εκπαίδευσης και αποτελούσε ένα δείγμα ευκολίας. Υπήρχαν τα βίντεο που επεξηγούσαν τις βασικές έννοιες των Ανθρώπινων Δικαιωμάτων με τα οποία ασχολείται το κεφάλαιο 7 του βιβλίου Αγγλικά 2, τα βίντεο που περιείχαν τις 2 ομιλίες που περιλαμβάνονταν στο βιβλίο, βίντεο που επεξηγούσαν το Ιστορικό και Νομικό πλαίσιο των εννοιών. Δεν υπήρχαν όμως οι λύσεις των ασκήσεων. Αυτό θεωρήθηκε παράλειψη από μέρους της δημιουργού της εφαρμογής *das_AR*. Για αυτό τον λόγο επιλέχθηκαν επιπλέον σημεία του βιβλίου στα οποία προστέθηκε επαυξημένο το υλικό με τις λύσεις των ασκήσεων σε σημεία που όμως δεν εμποδίζουν τους μαθητές να βλέπουν την άσκηση στην σελίδα του βιβλίου τους. Επιπλέον προτάσεις από τους μαθητές προέκυψαν κατά το στάδιο της αξιολόγησης της εφαρμογής, δεν ήταν όμως μεγάλης κλίμακας και περιλήφθηκαν στο κεφάλαιο 5 με την ποιοτική και ποσοτική αξιολόγηση της εφαρμογής από μαθητές, εκπαιδευτικούς και ειδικούς πεδίου.



Εικόνα 42: Στιγμιότυπο οθόνης με την ολοκληρωμένη εφαρμογή και 12 εικόνες-στόχους

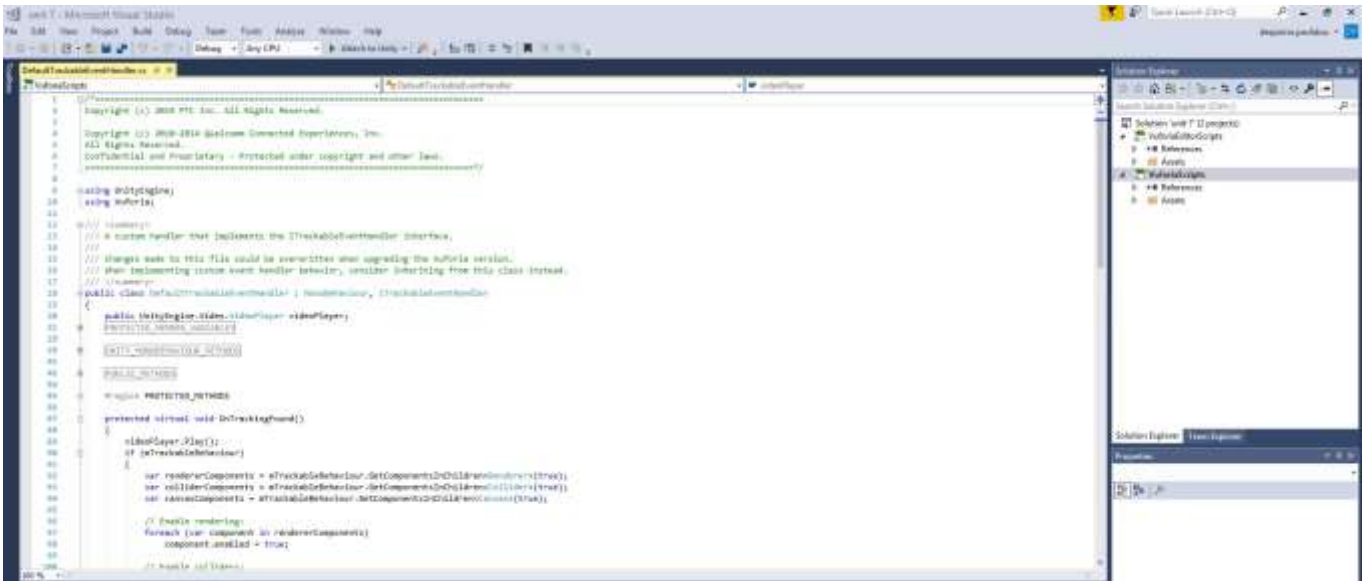
Η επόμενη αλλαγή αφορούσε τον κώδικα. Το Unity επέτρεπε μετατροπές στα Script τα οποία άνοιγαν στο περιβάλλον του Microsoft Visual Studio. Όπως φαίνεται στις εικόνες 43 και 44 που ακολουθούν απαιτήθηκε η προσθήκη γραμμών κώδικα για να είναι πιο ομαλή η μετάβαση από βίντεο σε βίντεο. Κατά την λειτουργία της εφαρμογής παρατηρήθηκε πως ο ήχος από τα βίντεο δεν σταματούσε όταν σταματούσε το βίντεο προκαλώντας σύγχυση. Δυστυχώς τα forum που αφορούσαν την πλατφόρμα του Unity δεν έδιναν λύσεις. Κάποιοι δημιουργοί πρότειναν κομμάτια κώδικα που είτε αφορούσαν διαφορετικές εκδόσεις της πλατφόρμας είτε το περιβάλλον του δημιουργού αφορούσε διαφορετικό λειτουργικό σύστημα όπως IOs. Ομοίως η αναζήτηση στην Google δεν έφερε κάποιο καλό αποτέλεσμα. Δοκιμάστηκαν αρκετές μετατροπές και προσθήκες στον κώδικα. Τελικά προτιμήθηκαν οι ακόλουθες προσθήκες που φάνηκε να λειτουργούν άψογα σε περιβάλλον πλατφόρμας Unity έκδοσης του 2018, σε λειτουργικό σύστημα Windows για τον δημιουργό και για συσκευές που «τρέχουν» σε λειτουργικό σύστημα Android. Όταν ανοίγει το Microsoft Visual Studio στο Script που αφορά DefaultTrackableEventHandler.cs του Component που προστέθηκε σαν Video Player στο Video θα πρέπει να προστεθούν οι παρακάτω γραμμές κώδικα:

Στο σημείο

```
PUBLIC_METHODS
```

```
#region PROTECTED_METHODS
protected virtual void OnTrackingFound( )
{
    videoPlayer.Play( );
}
```

στην περίπτωση της εφαρμογής das_AR αυτό το κομμάτι προστέθηκε στις γραμμές 46 και 85-89



Εικόνα 43: Προσθήκη κώδικα για την έναρξη του Video Player

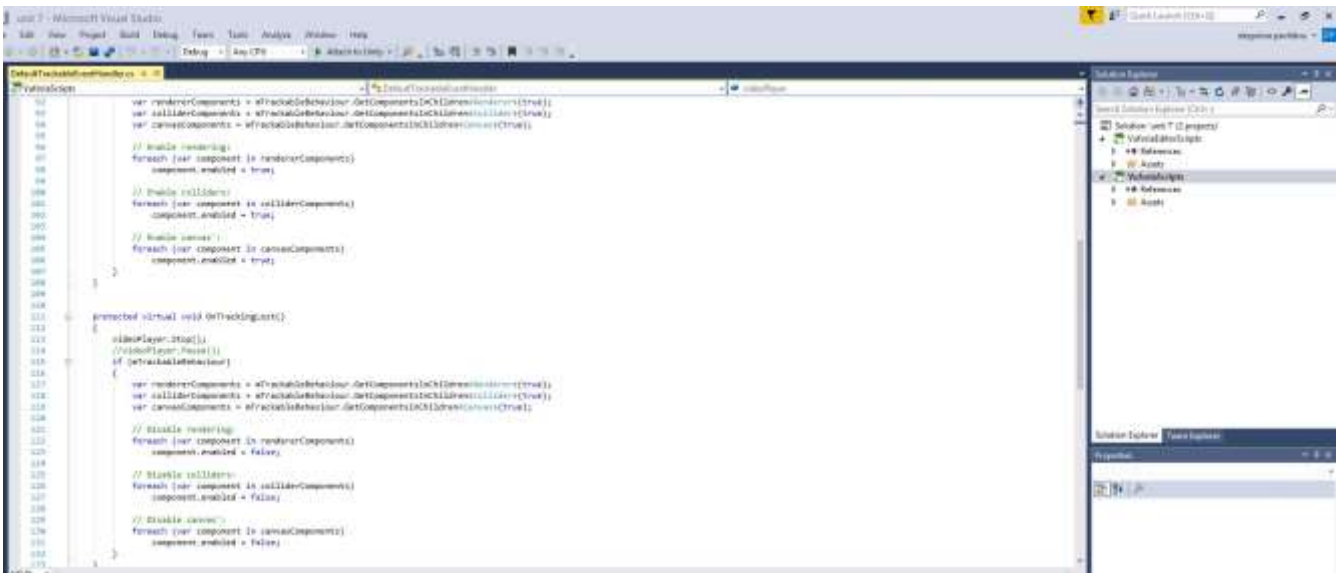
Εν συνεχεία προστέθηκαν οι ακόλουθες γραμμές μεταξύ των γραμμών 111-114:

`protected virtual void OnTrackingLost ()`

`{`
`videoPlayer.Stop ();`

`//videoPlayer.Pause ();`

Η εικόνα 44 δείχνει στιγμιότυπο από την προσθήκη.



Εικόνα 44: Προσθήκη κώδικα για την λήξη του Video Player

Οι μετατροπές αυτές αποδείχτηκε πως λειτουργούσαν υπό τις προϋποθέσεις που αναφέρθηκαν προηγουμένως και αφορούσαν το λειτουργικό σύστημα και την έκδοση της πλατφόρμας Unity. Άλλοι ερευνητές μπορεί να προτείνουν διαφορετικές μετατροπές και προσθήκες. Για τα ανάγκες της εφαρμογής das_AR αυτές ήταν επαρκείς και επέτρεψαν την ομαλή λειτουργία της.

4.3 Δυνατότητες επεκτασιμότητας και προσαρμοστικότητα της εφαρμογής *das_AR*

Ο τρόπος με τον οποίο αποφασίστηκε να γίνει η παρουσίαση της μεθόδου δημιουργίας της εφαρμογής *das_AR* είχε ως γνώμονα την πεποίθηση πως όσοι περισσότεροι εκπαιδευτικοί αποφασίσουν να υιοθετήσουν την χρήση της τεχνολογίας AR στα πλαίσια της διδασκαλίας των μαθημάτων τους θα έβρισκαν χρήσιμη την εργασία αυτή αφού προσφέρει τόσο το θεωρητικό και εκπαιδευτικό πλαίσιο που απαιτείται όσο και το τεχνικό κομμάτι. Θεωρητικά κάθε εκπαιδευτικός διαθέτει επαρκή γνώση του επιστημονικού του πεδίου, πείρα ώστε να εντοπίζει το μαθησιακό προφίλ των μαθητών του και να βρίσκει υλικό κατάλληλο και για τα δυο (Mor & Craft, 2012; Mor & Winters, 2007). Απομένει η γνώση και τα βήματα που θα απαιτούνταν ώστε να χρησιμοποιήσει κάποια τεχνολογία για την οποία ενδιαφέρεται. Τα κεφάλαια 3 και 4 αποτέλεσαν έναν ολοκληρωμένο οδηγό με πληροφορίες για οποιονδήποτε επιθυμήσει στο μέλλον να δημιουργήσει μια εφαρμογή Επαυξημένης Πραγματικότητας. Παρουσιάστηκαν βήμα-βήμα με εικόνες όλα τα στάδια δημιουργίας και προσφέρθηκαν παράλληλα συμβουλές και κομμάτια κώδικα για να διευκολύνουν μελλοντικούς δημιουργούς.

Η ίδια η εφαρμογή είναι πλήρως επεκτάσιμη αφού δημιουργήθηκε εξ' ολοκλήρου από την ίδια δημιουργό. Στην έκδοση που έχουν οι μαθητές στις συσκευές τους υπάρχει υλικό για να καλύψει ανάγκες κατανόησης, πρόσβασης και αξιολόγησης. Υπάρχουν δυο ακόμη ανάγκες που θα πρέπει να καλυφθούν αλλά αυτό απαιτεί την ενεργή συμμετοχή των μαθητών. Το πρώτο αφορά την αναζήτηση πρώτερης γνώσης από τους μαθητές και αφορά σε δραστηριότητες *brainstorming* που συνήθως προηγούνται της διδασκαλίας μιας ενότητας. Αυτό προτάθηκε και από την πρώτη ομάδα που «έτρεξε» την εφαρμογή και επιβεβαιώθηκε κατά την ποιοτική αξιολόγηση από τους ίδιους τους μαθητές. Η δραστηριότητα αυτή λαμβάνει συνήθως χώρα στην αίθουσα διδασκαλίας και δημιουργείται ένα ετικετο-σύννεφο σε κάποια εφαρμογή *on line*. Συνήθως επιλέγεται το *Word-Art* στο: <https://wordart.com/> το οποίο είναι δωρεάν, δεν απαιτεί να κατέβει το λογισμικό ή να δημιουργηθεί λογαριασμός χρήστη. Το αποτέλεσμα της διεργασίας προσθήκης λέξεων σε ένα προκαθορισμένο πλαίσιο είναι ένα αρχείο μορφής εικόνας το οποίο «κατεβαίνει» στον υπολογιστή και μπορεί να επαυξήσει κάποια εικόνα-στόχο. Για απλή επαύξηση εικόνας-στόχου με άλλη εικόνα και όχι βίντεο, μπορεί να προτιμηθεί η χρήση *Plane* έναντι του *Quad* ως φυσικό μέγεθος οπότε να έχει διαφορετική συμπεριφορά, πιο απλή από του *videoPlayer*. Για τις ανάγκες του κεφαλαίου *Human Rights* δεν κρίθηκε μια τέτοια παρέμβαση απαραίτητη επειδή το βιβλίο διέθετε μια ανάλογη εικόνα απλά δεν ήταν στις πρώτες σελίδες του κεφαλαίου και οι μαθητές την εντόπιζαν αργότερα.

Το δεύτερο σημείο που θα μπορούσε μελλοντικά να επεκταθεί θα ήταν η συμπερίληψη εργασιών από τους μαθητές που θα αφορούσαν τις εργασίες του κεφαλαίου και όχι μόνο τις ασκήσεις του βιβλίου. Οι εργασίες αφορούσαν την συγγραφή κειμένων κατόπιν έρευνας από τους μαθητές για θέματα και έννοιες που αφορούσαν τα Ανθρώπινα Δικαιώματα. Αυτή θα μπορούσε να είναι μια πρόταση επέκτασης αλλά δεν ήταν βέβαιο πως θα προσέθετε άμεσα επιπλέον αξία στην εφαρμογή. Παρόλο που προτάθηκε κατά την ποιοτική αξιολόγηση από κάποιους μαθητές, η πείρα έχει αποδείξει πως δεν λειτουργεί πάντα θετικά. Κάποιοι μαθητές μπορούσαν να ωφελούνται πραγματικά από την παρουσία υποδειγματικών εργασιών πριν γράψουν την δική

τους. Από τεχνικής άποψης η παρουσία ενός υποδείγματος με αρχιτεκτονική, μορφή και περιεχόμενο που βαθμολογήθηκε με άριστα από τον καθηγητή, θα μπορούσε να ωφελήσει. Όταν όμως πρόκειται για μια έρευνα που αφορά ιδέες και απόψεις, θα μπορούσε να ελλοχεύει ο κίνδυνος του πλαγιαρισμού και της επανάληψης ή του περιορισμού της κριτικής σκέψης των μαθητών. Αποφασίστηκε να αφηθεί στην πλήρη αξιολόγηση να καταδείξει την ανάγκη για μια τέτοια προσθήκη όταν δημιουργηθεί μια νέα έκδοση της εφαρμογής που θα περιλαμβάνει μια ή δυο υποδειγματικές εργασίες μαθητών.

Καταλήγοντας θα ήθελα να τονιστεί η δυνατότητα που έχει η εφαρμογή για προσαρμοστικότητα. Όσον αφορά την επεκτασιμότητα, με βάση την έκταση της και τον χώρο που απαιτεί στις «έξυπνες» συσκευές των μαθητών, είναι εμφανές πως η εφαρμογή θα πρέπει να περιλαμβάνει υλικό για ένα μόνο κεφάλαιο. Αν αφορά μόνο ένα κεφάλαιο, ο προγραμματισμός είναι απλός και οι μαθητές θα χρειάζεται να «κατεβάζουν» μόνο το κεφάλαιο που διδάσκονται και να το διαγράψουν όταν ολοκληρωθεί αντικαθιστώντας το με το επόμενο. Δεν θα απαιτηθεί έτσι η μετάβαση σε λογαριασμό επί πληρωμή για την δημιουργό αφού οι 1000 επαυξήσεις το μήνα δεν θα υπερβαίνουν. Οι εφαρμογές θα μπορούν να είναι προσβάσιμες με τον τρόπο με τον οποίο έγινε προσβάσιμη η εφαρμογή ήδη. Όταν η επιτυχία της εφαρμογής και η αξιολόγηση υποδείξει την άμεση επέκταση της σε περισσότερα κεφάλαια, θα απαιτηθεί είτε η μετάβαση σε λογαριασμό επί πληρωμή είτε ο περιορισμός του υλικού προς επαύξηση. Αυτή η συζήτηση ολοκληρώθηκε στο κεφάλαιο 6 αφού παρουσιαστεί και αναλυθεί η διαδικασία της αξιολόγησης της εφαρμογής στο κεφάλαιο 5.

5

Αξιολόγηση της

εφαρμογής *das_AR*

Η αξιολόγηση μιας εφαρμογής είναι το στάδιο που ακολουθεί την ολοκλήρωση της εφαρμογής και προηγείται των διορθώσεων που πιθανό να χρειάζεται να γίνουν ώστε ένα σύστημα να βελτιώσει την λειτουργικότητά του. Ιδιαίτερα όταν ένα σύστημα αφορά χρήστες που ανήκουν σε ιδιαίτερες κατηγορίες όπως οι μαθητές. Για την πλήρη αξιολόγηση χρησιμοποιήθηκαν περισσότερες από μια ομάδες συμμετεχόντων και περισσότερα από ένα είδη αξιολόγησης. Προηγήθηκε έλεγχος της βιβλιογραφίας ώστε η αξιολόγηση να είναι όσο το δυνατό πιο πλήρης και ολοκληρωμένη απαντώντας σε σημαντικά ζητήματα. Επίσης κρίθηκε σκόπιμο να είναι πολύπλευρη. Η στατιστική ανάλυση που ακολουθεί συνοδεύτηκε από περιγραφική ανάλυση, με βάση την διεθνή βιβλιογραφία. Παραθέτονται οι πίνακες αξιολόγησης με την περιγραφή τους. Τα ερωτηματολόγια περιλήφθηκαν στο Παράρτημα 2.

5.1 Σχεδιασμός της διαδικασίας αξιολόγησης

Ο σχεδιασμός υποδείχθηκε από την σχετική βιβλιογραφία. Αφορούσε το είδος της στατιστικής ανάλυσης, το μέγεθος του στατιστικού δείγματος και την δεξαμενή από όπου αυτό αντλήθηκε. Η βιβλιογραφία πρότεινε δυο βασικά είδη ανάλυσης: ποσοτική που συνοδεύτηκε από ποιοτική. Η διαδικασία αναλύθηκε ενδελεχώς παρακάτω. Όσον αφορά το μέγεθος του δείγματος, προέκυψε σύμφωνα με την βιβλιογραφία από τον μέσο όρο των ερευνών που διεξήχθησαν από ερευνητές του ίδιου πεδίου (Santos et al., 2014). Από ένα σύνολο 87 ερευνών, αποτυπώθηκε ένας μέσος όρος συμμετεχόντων της τάξης του 36 μαθητών. Επίσης προτάθηκε ένα μικτό μοντέλο αξιολόγησης όπου η συμμετοχή των μαθητών ελέγχθηκε με βάση συγκεκριμένους παράγοντες για την συλλογή ποσοτικών δεδομένων και την ακολούθησε η διενέργεια συζητήσεων και συνεντεύξεων για την συλλογή ποιοτικών δεικτών.

Μεγάλη σημασία φάνηκε να έχει στην βιβλιογραφία η ύπαρξη περισσότερων από μιας ομάδας συμμετεχόντων που να προέρχεται από διαφορετικό χώρο. Προτάθηκε η συμμετοχή ομάδας καθηγητών ώστε να αποτυπωθεί η εξειδικευμένη γνώση που θα προσέφεραν όσον αφορά

την χρήση της εφαρμογής αλλά και τις δυνατότητές της. Η βιβλιογραφία πρότεινε μια ομάδα 16 καθηγητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Kravtsov & Pulinets, 2020). Επίσης προτάθηκε η συμμετοχή μιας ανεξάρτητης ομάδας που χαρακτηρίζεται ως ομάδα-ειδικών πεδίου. Η ομάδα αυτή μπορούσε να είναι εξωτερικοί παρατηρητές με γνώσεις πεδίου που θα συμμετείχαν ως αξιολογητές της λειτουργίας του συστήματος στον χώρο της εκπαίδευσης γενικότερα (Kurilovas, 2016). Δεν προτάθηκε ακριβής αριθμός συμμετεχόντων για την ομάδα αυτή αλλά προέκυψε από την πρόσβαση που μπορούσε να έχει η ερευνήτρια σε τέτοιες ομάδες. Συνολικά προτάθηκαν τρεις ομάδες: μαθητές, καθηγητές και ειδικοί πεδίου (Bakri et al., 2020). Όλοι οι συμμετέχοντες μπορούσαν να «κατεβάσουν» την εφαρμογή από ένα Google drive στο οποίο είχαν πρόσβαση μέσω ενός link που υπήρχε στο αντίστοιχο ανοιχτό μάθημα στο e-class.

Για την ορθή διεξαγωγή της αξιολόγησης, διανεμήθηκαν υπεύθυνες δηλώσεις σε όλους τους συμμετέχοντες και τονίστηκε πως δεν θα συλλεγόταν κανενός είδους προσωπικό δεδομένο τόσο από τους συμμετέχοντες όσο και από την εφαρμογή. Η έρευνα έλαβε θετική εισήγηση από Επιτροπής Ηθικής και Δεοντολογίας Έρευνας (Ε.Η.Δ.Ε.) του Πανεπιστημίου Αιγαίου με αρ. πρωτ. 15/03.06.2022.

5.2 Ποσοτική Αξιολόγηση

5.2.1 Οργάνωση-Διεξαγωγή

Η ποσοτική αξιολόγηση ελέγχει ένα σύνολο από χαρακτηριστικά τα οποία πιστεύεται πως αποτυπώνουν την στάση των χρηστών απέναντι σε μια σειρά από έννοιες. Οι έννοιες αυτές αποτυπώνονται στην ορθή εννοιολόγηση ενός ερωτηματολογίου. Αυτού του είδους η αξιολόγηση προσφέρει μια σειρά από πλεονεκτήματα. Μπορεί να ανιχνεύσει την στάση των χρηστών απέναντι σε συγκεκριμένες έννοιες τις οποίες υποστηρίζει η σχετική βιβλιογραφία. Υποστηρίζεται επίσης από την δημιουργία αρκετών έτοιμων ερωτηματολογίων που προσφέρουν ικανοποιητικό βαθμό λειτουργικοποίησης. Όταν υπάρχει η ανάγκη να αποτυπωθεί η στάση ενός χρήστη απέναντι σε ένα σύστημα θα πρέπει να τηρούνται κάποιοι κανόνες ώστε η αξιολόγηση να είναι έγκυρη και αξιόπιστη. Προτείνεται από την βιβλιογραφία η χρήση δομημένων ερωτηματολογίων. *«Δομημένο είναι ένα ερωτηματολόγιο το οποίο έχει αυστηρά καθορισμένη σειρά των γραπτών ερωτήσεων, συνήθως κλειστών, και δεν επιτρέπει στον ερευνητή-συνεντευκτή να την υπερβαίνει και να ρωτά τις ερωτήσεις με διαφορετική σειρά.»* (Ζαφειροπουλος, n.d.). Το πλεονέκτημα της χρήσης ενός ερωτηματολογίου κλειστού τύπου είναι πως προσφέρει ευκολία στην ανάλυσή του και την σύγκρισή του με άλλες ανάλογες έρευνες ώστε να εξαχθούν αξιόπιστα συμπεράσματα. Η στατιστική ανάλυση ενός έτοιμου ερωτηματολογίου κάνει χρήση των αρχών μεθοδολογίας Στατιστικής Ανάλυσης υποστηριζόμενη από κάποιο ηλεκτρονικό πακέτο ανάλυσης. Για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας γίνεται συχνή αναφορά στην βιβλιογραφία που καθόρισε την ποσοτική αξιολόγηση. Για την διενέργεια της στατιστικής αξιολόγησης και την αποτύπωση των αποτελεσμάτων έγινε χρήση του πακέτου στατιστικής ανάλυσης SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) το οποίο ήταν προσβάσιμο μέσω του Πανεπιστημίου Αιγαίου στο <https://helpdesk.chios.aegean.gr/el/item/48-spss-online.html> όπου δίνονταν και οι αντίστοιχες οδηγίες για την εγκατάσταση remote desktop app και την ρύθμιση της λειτουργίας VPN ώστε να συνδεθούν οι χρήστες και να ταυτοποιηθούν. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε στον

απομακρυσμένο υπολογιστή και η αποθήκευση των αρχείων και αποτελεσμάτων έγινε στον τοπικό υπολογιστή του χρήστη. Για την εγκυρότερη διενέργεια της ποσοτικής ανάλυσης χρησιμοποιήθηκαν σαν βιβλία αναφοράς τα βιβλία με τίτλο «Στατιστική με SPSS» και «Εισαγωγή στη στατιστική και τις πιθανότητες» (Ζαφειροπουλος, n.d.; Ζαφειρόπουλος, n.d.) του καθηγητή κυρίου Ζαφειρόπουλου Κωνσταντίνου με τις σημειώσεις που προσέφερε μέσω του Πανεπιστημίου Μακεδονίας.

Για να είναι ένα ερωτηματολόγιο έγκυρο και αξιόπιστο θα πρέπει να προηγηθούν κάποιοι έλεγχοι. «*Η πρώτη μορφή εγκυρότητας που κάθε φορά ελέγχεται σε ένα ερωτηματολόγιο και σε σχέση με τη σειρά των ερωτήσεων είναι το ότι μετρά αυτό που ισχυρίζεται ότι μετρά.*» (Ζαφειροπουλος, n.d.). Αφού έχουν ορισθεί οι έννοιες που ελέγχουμε με το ερωτηματολόγιο πρέπει να βεβαιωθούμε πως ο χρήστης αντιλαμβάνεται με τον ίδιο τρόπο τις ερωτήσεις και τις έννοιες που περικλείουν. «*Συνήθως εφαρμόζουμε Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών (Principal Components Analysis – PCA, δηλαδή πόσες κύριες συνιστώσες δημιουργούνται και τι ποσοστό της συνολικής διασποράς ερμηνεύεται από κάθε μία*» (Ζαφειρόπουλος, n.d.). Επίσης ελέγχεται ο βαθμός αξιοπιστίας εσωτερικής συνάφειας. Με βάση την βιβλιογραφία θα πρέπει να είναι >0.7 για να θεωρηθεί ικανοποιητικός.

Για τα ανάγκες της παρούσας έρευνας διενεργήθηκε ποσοτική αξιολόγηση της εφαρμογής das_AR σε δείγμα 36 μαθητών της Γ' Λυκείου σε Ημερήσιο Λύκειο της πόλης της Βέροιας δια ζώσης. Η συμμετοχή των μαθητών ήταν εθελοντική και ανώνυμη. Διαμοιράστηκαν βεβαιώσεις συγκατάθεσης τόσο για τους ενήλικες όσο και για τους ανήλικους μαθητές. Δεν απαιτήθηκε η συμμετοχή όλων των μαθητών που χρησιμοποίησαν την εφαρμογή κατά την διδασκαλία του κεφαλαίου 7 “human rights” στο βιβλίο Αγγλικά 2. Συμμετείχαν οι μισοί με τυχαία επιλογή και βήμα 2. Ο αριθμός κρίθηκε ικανοποιητικός με βάση την σχετική βιβλιογραφία. Η ίδια ποσοτική αξιολόγηση έγινε και σε δείγμα ειδικών πεδίου δια ζώσης και εξ’ αποστάσεως μέσω Google forms. Οι δύο αξιολογήσεις δεν είναι άμεσα συγκρίσιμες επειδή το δείγμα από τους ειδικούς πεδίου είχε πιο εξειδικευμένες γνώσεις και μεγαλύτερη ηλικία. Η ομάδα των καθηγητών δεν συμμετείχε στην ποσοτική αξιολόγηση επειδή δεν μπορούσαν να διδαχθούν το αντίστοιχο κεφάλαιο, να συμμετέχουν δηλαδή στην εκπαιδευτική διαδικασία ούτε είχαν τις απαραίτητες γνώσεις πεδίου όπως η δεύτερη ομάδα ειδικών. Συμμετείχαν όμως στην ποιοτική αξιολόγηση που ακολούθησε. Τα ερωτηματολόγια ήταν ανώνυμα και δεν κρίθηκε απαραίτητο να περιέχουν δημογραφικά ή άλλα περιγραφικά στοιχεία για τους ερωτώμενους.

Η ποσοτική ανάλυση προηγήθηκε της ποιοτικής και επικεντρώθηκε στην επιβεβαίωση του μοντέλου TAM (Technology Acceptance Model). «*Χρησιμοποιείται ευρύτατα στη μελέτη των Πληροφοριακών Συστημάτων και έχει αποτελέσει τη βάση για την ανάπτυξη περισσότερο γενικευμένων μοντέλων*» (Ζαφειροπουλος, n.d.). Το μοντέλο ανιχνεύει τον βαθμό στον οποίο ένα σύστημα είναι αποδεκτό από έναν χρήστη του ελέγχοντας τέσσερις επιμέρους διατάσεις (Cabero-Almenara et al., 2019):

- **Προσλαμβανόμενη ευκολία χρήσης**
- **Προσλαμβανόμενη χρησιμότητα**
- **Στάση ως προς την υιοθέτηση**
- **Στάση απέναντι στην χρήση**

Πραγματοποιήθηκε μέσω ερωτηματολογίου (usability test) βασισμένη στο ερωτηματολόγιο SUS (System Usability Scale) λόγω της υψηλής αξιοπιστίας του (Brooke, 1996). Το ερωτηματολόγιο περιλαμβάνει απαντήσεις που διατυπώνονται σε 5-βαθμη κλίμακα επειδή «στις κλίμακες με άρτιο αριθμό θέσεων δεν υπάρχει μεσαίο σημείο οπότε έμμεσα πιέζεται ο ερωτώμενος να επιλέξει από τη μία ή την άλλη πλευρά της κλίμακας. Αντίθετα, για παράδειγμα, σε μια πενταβάθμη κλίμακα (περιττός αριθμός θέσεων) ο ερωτώμενος μπορεί να επιλέξει τη μεσαία θέση (με την τιμή 3) αν θέλει έμμεσα να αποφύγει να απαντήσει στην ερώτηση ή να πάρει θέση.» (Ζαφειροπουλος, n.d.). Η αξιολόγηση μέσω δομημένων ερωτηματολογίων προτάθηκε από την βιβλιογραφία, της οποίας τα αποτελέσματα χρησιμοποιήθηκαν για σύγκριση με την αξιολόγηση της εφαρμογής das_AR.

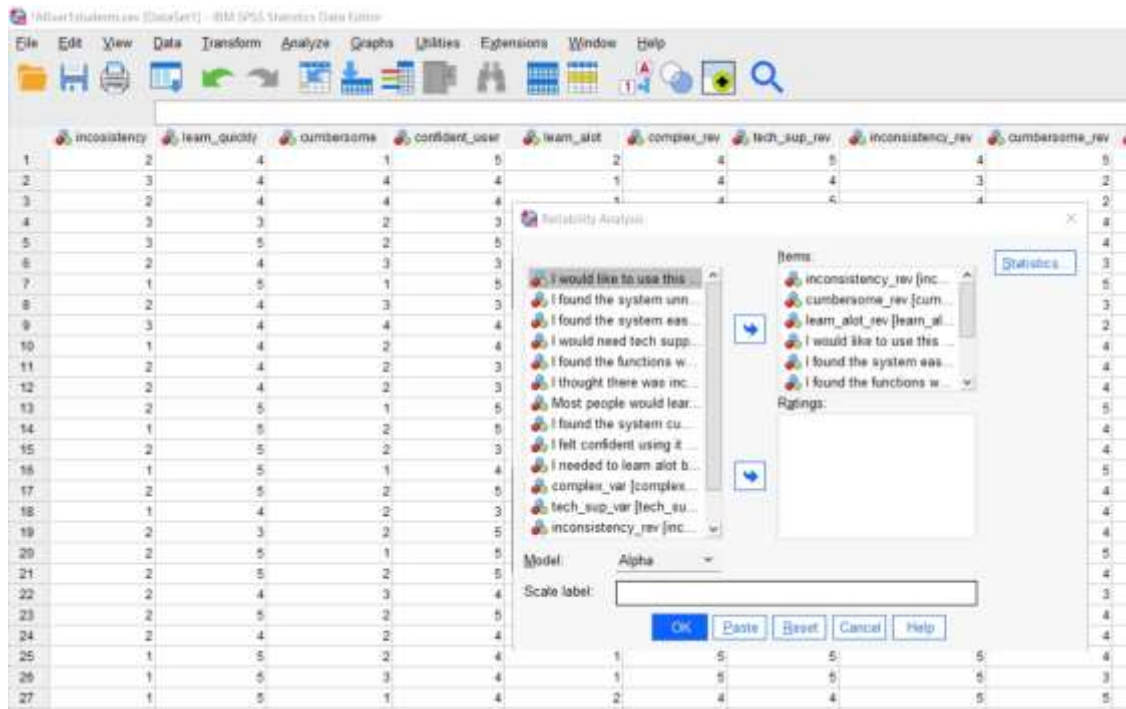
5.2.2 Περιγραφική Ανάλυση

Για να γίνει η αποτύπωση της αξιολόγησης στο SPSS πρώτα εισάχθηκαν οι έννοιες-μεταβλητές που λειτουργικοποιούσαν το ερωτηματολόγιο και κατόπιν εισάχθηκαν οι τιμές των μεταβλητών από κάθε ερωτηματολόγιο. Ο πίνακας 1 αποτυπώνει τις μεταβλητές στο SPSS.

Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure	Role
1 frequently	Numerical	5	0	I would like to use this system frequently	{1, strongly	None	10	Right	Nominal	Input
2 complex	Numerical	5	0	I found the system unnecessarily complex	{1, strongly	None	10	Right	Nominal	Input
3 easy	Numerical	5	0	I found the system easy to use	{1, strongly	None	9	Right	Nominal	Input
4 tech_suzp	Numerical	5	0	I would need tech support to use the system	{1, strongly	None	12	Right	Nominal	Input
5 integrated	Numerical	5	0	I found the functions well integrated	{1, strongly	None	12	Right	Nominal	Input
6 inconsistency	Numerical	5	0	I thought there was inconsistency in the system	{1, strongly	None	13	Right	Nominal	Input
7 learn_quickly	Numerical	5	0	Most people would learn to use it quickly	{1, strongly	None	14	Right	Nominal	Input
8 cumbersome	Numerical	5	0	I found the system cumbersome to use	{1, strongly	None	16	Right	Nominal	Input
9 confident_user	Numerical	5	0	I felt confident using it	{1, strongly	None	14	Right	Nominal	Input
10 learn_not	Numerical	5	0	I needed to learn alot before I could get going with this system	{1, strongly	None	15	Right	Nominal	Input
11 complex_rev	Numerical	5	0	complex_var	None	None	13	Right	Nominal	Input
12 tech_suzp_rev	Numerical	5	0	tech_suzp_var	None	None	14	Right	Nominal	Input
13 inconsistency_rev	Numerical	5	0	inconsistency_rev	None	None	19	Right	Nominal	Input
14 cumbersome_rev	Numerical	5	0	cumbersome_rev	None	None	16	Right	Nominal	Input
15 learn_not_rev	Numerical	5	0	learn_not_rev	None	None	16	Right	Nominal	Input

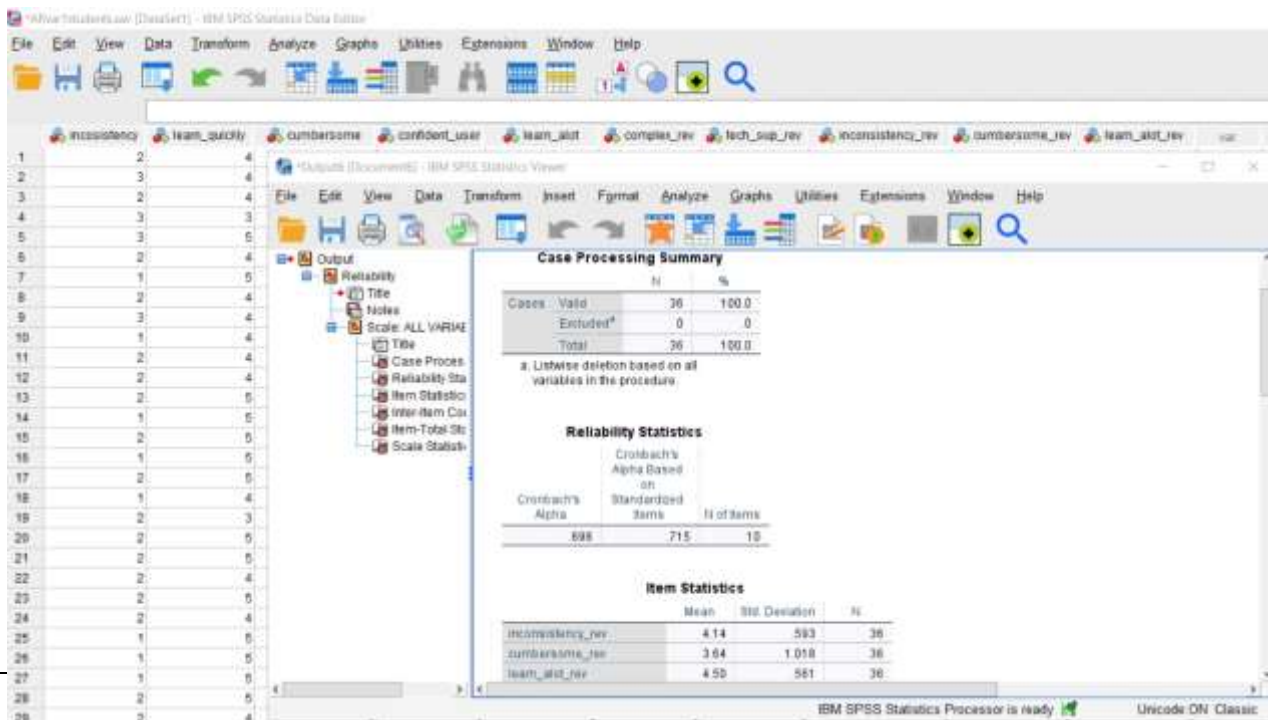
Πίνακας 1 με την αποτύπωση των μεταβλητών-εννοιών στο SPSS

Κατόπιν εισάχθηκαν οι τιμές τους ανά ερωτηματολόγιο. Αυτό αποτυπώνεται στον πίνακα 2.



Πίνακας 2 με τις τιμές των μεταβλητών ανά δείγμα

Για τις ανάγκες ελέγχου αξιοπιστίας και εγκυρότητας χρειάστηκε να γίνει ανά-κωδικοποίηση των μεταβλητών που αποτύπωναν αρνητικά τις έννοιες. Έτσι προέκυψαν 15 αντί των αρχικών 10 μεταβλητών. Αυτές περιλάμβαναν την αναστροφή των ερωτήσεων 2, 4, 6, 8 και 10. Με χρήση των αρχικών 1, 3, 5, 7, και 9 και των 11-15 ελέγχθηκε ο βαθμός αξιοπιστίας εσωτερικής συνάφειας, ο σημαντικός και ιδιαίτερα δημοφιλής συντελεστής α του Cronbach. Εκφράζει το μέσο όρο των συντελεστών συσχέτισης μεταξύ των ερωτήσεων και των συνδυασμών ερωτήσεων ενός ερωτηματολογίου ή μιας κλίμακας. Λαμβάνει τιμές από το 0 έως το 1. Αυτός προκύπτει από την χρήση του πακέτου SPSS και χαρακτηρίζεται ως Cronbach's Alpha όπως φαίνεται στον πίνακα 3 που ακολουθεί. Η τιμή 0,698 που έλαβε είναι πολύ κοντά στο 0,7 που θεωρείται αποδεκτή βάση.



Πίνακας 1: Cronbach's Alpha, έλεγχος αξιοπιστίας

Ο επόμενος έλεγχος απαιτήθηκε προκειμένου να αποδειχτεί πως το ερωτηματολόγιο ορθά ερευνά την στάση των χρηστών απέναντι στο μοντέλο TAM που περιλαμβάνει 4 διακριτές μεν αλλά συνδεδεμένες έννοιες-διαστάσεις. Η μονοδιαστατικότητα ενός εργαλείου μέτρησης, δηλαδή του συνόλου των στοιχείων που λειτουργικοποιούν μια έννοια, δηλώνει ότι όλα τα στοιχεία συνθέτουν ένα εργαλείο, μία διάσταση για τη μέτρηση της έννοιας. Εκτελώντας ανάλυση κυρίων συνιστωσών προκύπτει πως ορθά κατά την ανάλυση εντοπίστηκαν 4 κύριοι παράγοντες, διακριτοί αλλά με ικανοποιητικό βαθμό συσχέτισης μεταξύ τους. Αυτό φαίνεται στον πίνακα 4 από την ανάλυση PCA στο SPSS. Η διάκριση αυτή μας επιτρέπει να εξάγουμε το πρώτο συμπέρασμα όσον αφορά την ανάλυση. Το δείγμα μας συμπεριφέρθηκε με ορθό τρόπο και αναγνώρισε πως το σύνολο των 10 ερωτήσεων που απαντήθηκαν αντικατόπτριζαν 4 βασικές έννοιες (components), αυτές που προαναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα. Οι δυο αυτές αναλύσεις είναι οι βασικότερες που εκτελούνται κατά τον έλεγχο ενός ερωτηματολογίου και παράλληλα επιβεβαιώνουν την συμπεριφορά του δείγματος.

	Component			
	1	2	3	4
I would like to use this system frequently	.482	.213	.384	.046
I found the system easy to use	.691	-.122	-.565	.029
I found the functions well integrated.	-.411	-.598	.282	-.376
Most people would learn to use it quickly	.564	-.171	.549	.363
I felt confident using it	.429	-.474	-.141	-.506
complex_var	.791	.218	-.366	-.083
tech_sup_var	.481	.538	-.113	-.445
inconsistency_rev	.653	.288	.444	-.213
cumbersome_rev	.587	-.354	-.177	.036
learn_alot_rev	.160	.724	-.006	.556

Extraction Method: Principal Component Analysis.
a. 4 components extracted.

Πίνακας 4 από την ανάλυση PCA στο SPSS

Στον πίνακα 4 επίσης φαίνεται και η συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών. Παρόλο που υπάρχει σαφής διάκριση μεταξύ τους εντούτοις παρατηρείται και ένας βαθμός συσχέτισης καθώς η κάθε μεταβλητή εμφανίζει μικρό πεδίο συσχετίσεων και σε άλλες κατηγορίες πέρα από αυτή που συγκεντρώνει το μεγαλύτερο καταγεγραμμένο. Η εσωτερική συνάφεια αξιολογείται ως θετικός δείκτης σε ένα ερωτηματολόγιο που ελέγχει την στάση των χρηστών ενός συστήματος.

Το επόμενο στάδιο της περιγραφικής στατιστικής αποδίδει τους μέσους όρους ανά ερώτηση. Αυτή η αποτύπωση συγκρίνεται ακολούθως με έρευνες που αποτύπωσαν τα ίδια ερωτήματα. Η αρχική ανάλυση αποτυπώνεται στον πίνακα 5 με τους μέσους όρους, τις μέγιστες και τις ελάχιστες τιμές που δόθηκαν σε κάθε μεταβλητή.

Όλοι οι σχετικοί πίνακες που προέκυψαν από την ανάλυση στο SPSS, συχνοτήτων και περιγραφικής στατιστικής περιλήφθηκαν στο Παράρτημα 1, λόγω της μεγάλης έκτασης που καταλάμβαναν.

Επειδή η σύγκριση με άλλες έρευνες βάση του ερωτηματολογίου έπρεπε να γίνει στα Αγγλικά, χρησιμοποιήθηκαν τα ονόματα των μεταβλητών στα Αγγλικά. Το ερωτηματολόγιο επειδή αφορούσε στο μάθημα των Αγγλικών, δόθηκε στα Αγγλικά και μόνο κατά περίπτωση στα Ελληνικά. Δεν έγινε μόνο ενδεδεχής ανάλυση στο SPSS αλλά καλύφθηκαν επιπλέον τα σημεία που παρουσιάστηκαν σε παρόμοιες έρευνες στην βιβλιογραφία ώστε να καταλήξει η έρευνα σε μετρήσιμα συμπεράσματα.

Descriptives

Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
I would like to use this system frequently	36	3	5	3.89	.575
I found the system unnecessarily complex	36	1	3	1.64	.543
I found the system easy to use	36	3	5	4.31	.624
I would need tech support to use the system	36	1	5	1.47	.774
I found the functions well integrated	36	2	5	3.86	.543
I thought there was inconsistency in the system	36	1	3	1.86	.593
Most people would learn to use it quickly	36	3	5	4.44	.607
I found the system cumbersome to use	36	1	5	2.36	1.018
I felt confident using it	36	2	5	3.89	.854
I needed to learn alot before I could get going with this system	36	1	3	1.50	.561
Valid N (listwise)	36				

Πίνακας 5 με τους μέσους όρους, τις μέγιστες και τις ελάχιστες τιμές που δόθηκαν σε κάθε μεταβλητή

Λαμβάνοντας υπόψη την στατιστική αποτίμηση των ερωτηματολογίων από τους μαθητές ξεκίνησε η σύγκριση των ευρημάτων με αυτά από άλλες έρευνες. Οι περισσότεροι ερευνητές περιορίστηκαν σε ένα σύντομο ερωτηματολόγιο με απαντήσεις σε κλίμακα Likert. «Οι κλίμακες που συνήθως χρησιμοποιούνται στα ερωτηματολόγια ποσοτικών ερευνών, είναι οι κλίμακες διάταξης, δηλαδή ερωτήσεις ή καταφατικά διατυπωμένες προτάσεις με συγκεκριμένο σύνολο τιμών, οι οποίες τιμές παρουσιάζουν κλιμάκωση και αναλύονται στατιστικά λαμβάνοντας πάντα υπόψη ότι οι τιμές δεν είναι συνεχείς αλλά διάταξης» (Ζαφειροπουλος, n.d.)

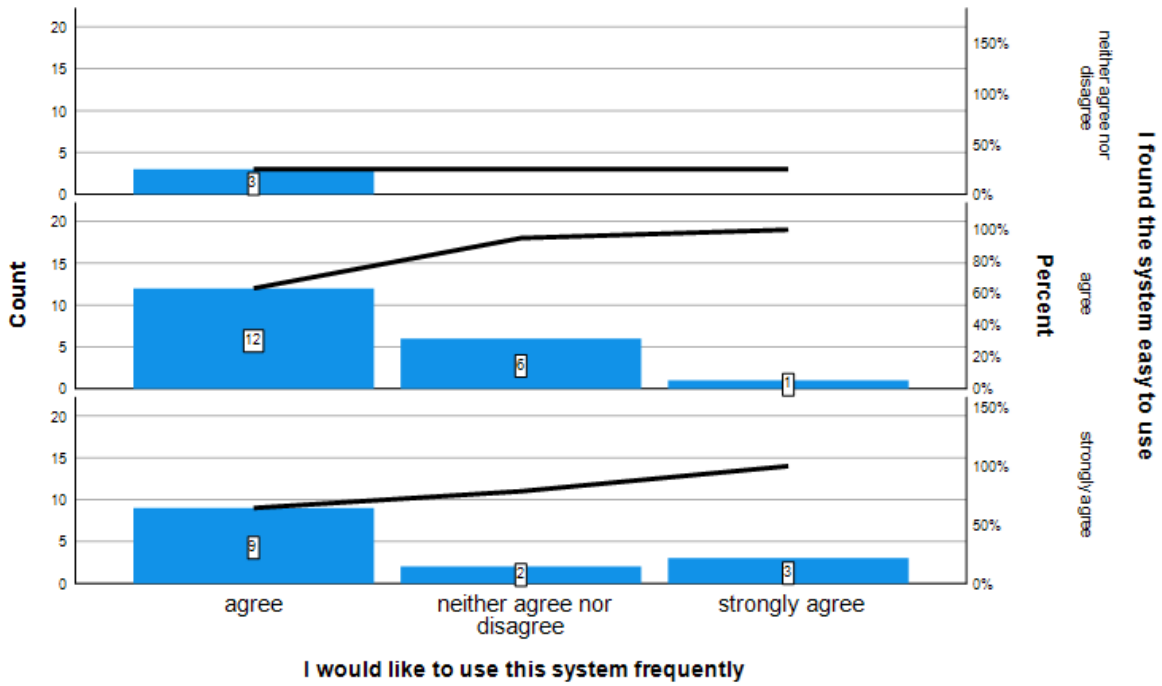
Για την παρούσα έρευνα ακολούθησε έλεγχος κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov στο SPSS για να ελεγχθεί αν υπάρχει και μεταξύ ποιών μεταβλητών βαθμός κανονικότητας. Με βάση αυτόν τον έλεγχο, υπήρχε κανονικότητα σε βαθμό Σημαντικότητας Sig.<.001 για όλες τις μεταβλητές. Ο σχετικός πίνακας υπάρχει στο Παράρτημα 1. Επόμενος έλεγχος ήταν αυτός του Pearson που χαρακτηρίζεται ως έλεγχος συντελεστών γραμμικής συσχέτισης και δείχνει αν η συσχέτιση ανάμεσα σε ζεύγη μεταβλητών είναι θετική, μηδενική ή αρνητική και σε ποιο βαθμό. Γενική παρατήρηση είναι ότι οι συντελεστές συσχέτισης του Pearson μετρούν τη γραμμική συσχέτιση μεταξύ δύο μεταβλητών. Όταν η μία μεταβλητή μεγαλώνει και η άλλη μικραίνει ο συντελεστής είναι αρνητικός. Όταν η μία μεταβλητή μεγαλώνει και η αύξηση των τιμών της συνοδεύεται με αύξηση των τιμών της άλλης, τότε ο συντελεστής συσχέτισης είναι θετικός. Όπως φαίνεται στους πίνακες που παρατέθηκαν στο Παράρτημα 1, η μεταβλητή που επηρεάζει θετικότερα την πρόθεση χρήσης ήταν η ευκολία με την οποία περιηγούνταν ο χρήστης στην εφαρμογή σε βαθμό σημαντικότητας Sig 0.3 όσον αφορά τις μεταβλητές που είχαν γενικά θετικό χαρακτήρα. Όσον αφορά τις μεταβλητές που απέδιδαν αρνητικά χαρακτηριστικά, αυτή που συγκέντρωσε μεγαλύτερο βαθμό ήταν το κατά πόσο κουραστικό έβρισκε ο χρήστης το σύστημα (I found the system cumbersome to use) με βαθμό σημαντικότητας Sig 0,46. Ο βαθμός μειωνόταν στις άλλες μεταβλητές. Συμπερασματικά φάνηκε πως η πρόθεση ενός χρήστη να χρησιμοποιήσει την εφαρμογή επηρεαζόταν θετικά από την ευκολία περιήγησης και αρνητικά από την κούραση. Ο έλεγχος προχώρησε στο SPSS στον έλεγχο μη παραμετρικού συντελεστή συσχέτισης, Spearman. Ελέγχθηκαν οι συντελεστές συσχέτισης ανάμεσα στις ποσοτικές μεταβλητές για να φανεί ποια μεταβλητή επηρέαζε και σε ποιο βαθμό την στάση απέναντι στην πρόθεση χρήσης. Από τον έλεγχο φάνηκε πως η μεταβλητή με θετικά χαρακτηριστικά που επηρεάζει περισσότερο την στάση ήταν η ευκολία στην περιήγηση (I found the system easy to use) με βαθμό σημαντικότητας Sig. 0.255. Η μεταβλητή που επηρέαζε σε μεγαλύτερο βαθμό αρνητικά την πρόθεση χρήσης ήταν η κούραση στην πλοήγηση (I found the system cumbersome to use) με βαθμό σημαντικότητας Sig. 0,66. Η πολυπλοκότητα δεν φάνηκε να επηρεάζει ιδιαίτερα την κούραση του χρήστη κατά την πλοήγηση με βαθμό σημαντικότητας Sig.0,03. Οι σχετικοί πίνακες περιλήφθηκαν στο Παράρτημα 1. Η ανάλυση συνεχίστηκε με έλεγχο αξιοπιστίας διαβαθμολόγησης (interrated reliability- Cohen's Weighted Kappa). Η σημασία της αξιοπιστίας διαβαθμολόγησης έγκειται στο γεγονός ότι μπορεί να ελεγχθεί η έκταση στην οποία τα δεδομένα που συλλέχθηκαν στη μελέτη αποτέλεσαν σωστές αναπαραστάσεις των μεταβλητών που μετρήθηκαν (McHugh, 2012). Στο SPSS φάνηκε πως οι μεγαλύτερες θετικές συσχετίσεις αφορούσαν την ευκολία στην περιήγηση, την αυτοπεποίθηση του χρήστη και την καλή ενσωμάτωση των λειτουργιών όπως φαίνεται στον πίνακα 6 που ακολουθεί. Οι μεγαλύτερες αρνητικές συσχετίσεις αφορούσαν την εκλαμβανόμενη πολυπλοκότητα του συστήματος σε σχέση με την ανάγκη για τεχνική υποστήριξη. Οι πίνακες ολόκληροι επικολλήθηκαν στο Παράρτημα 1.

Μεταβλητές	Cohen's Weighted Kappa	Std. Error	z	Sig.
I would like to use this system frequently - I	.063	.090	.663	.508

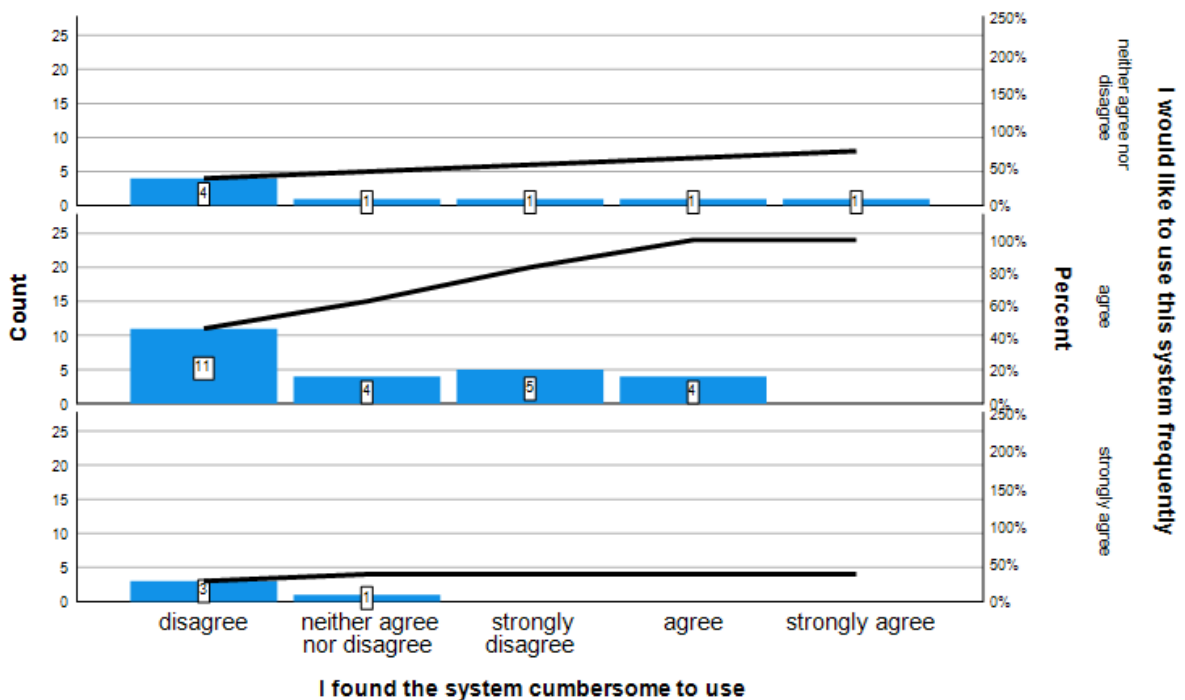
found the system easy to use				
I would like to use this system frequently - I found the functions well integrated	.050	.120	.430	.667
I would like to use this system frequently - I felt confident using it	.000	.106	.000	1.000
I would need tech support to use the system - I found the system cumbersome to use	.039	.054	.574	.566

Πίνακας 6: συσχετισμών Cohen's Kappa

Ο έλεγχος υψηλής συσχέτισης (με συντελεστές Pearson, Sprearman, Kappa) έγινε για ποσοτικές μεταβλητές. «*Η έννοια της συσχέτισης δεν θα πρέπει να συγχέεται με την έννοια της σχέσης. Η συσχέτιση είναι μια ιδιότητα που αφορά μια περιγραφή-μια εικόνα και εκφράζεται με ένα δείκτη. Σχέση είναι κάτι γενικό και πολύμορφο. Μπορεί να μετριέται με έναν ή συνήθως με περισσότερους συντελεστές και συνήθως προϋποθέτει την ύπαρξη σχέσης αιτίου – αποτελέσματος*» (Ζαφειροπουλος, n.d.). Για αυτό το λόγο κρίθηκε σκόπιμο να συνεχιστεί ο έλεγχος με κατασκευή διαγραμμάτων διασποράς (scatter plot, Summary point plot) αρχικά και σχέσεων παλινδρόμησης (regression, pareto) κατόπιν. Τα διαγράμματα διασποράς στο SPSS δεν είχαν μεγάλο εύρος τιμών επειδή αφορούσαν αποκλειστικά μέτρηση τιμών που αποδόθηκαν σε 5βαθμη κλίμακα τύπου Likert. Τα ευρήματα ήταν αντίστοιχα με των άλλων παραμετρικών και μη-παραμετρικών ελέγχων. Η τάσεις και οι συσχετισμοί φαίνονται στους πίνακες 7 και 8 γραφημάτων Pareto. Ο πίνακας 7 απέδωσε την σχέση ανάμεσα στην μεταβλητή που απέδιδε την πρόθεση χρήσης με την μεταβλητή που απέδιδε την ευκολία κατά την χρήση. Η μία μεταβλητή επηρεάζει την άλλη θετικά. Στον πίνακα 8 αποδόθηκε σε γράφημα η σχέση ανάμεσα στην μεταβλητή που απέδωσε την πρόθεση χρήσης της εφαρμογής σε σχέση με την μεταβλητή που απέδιδε την κούραση που ένιωθε ο χρήστης της εφαρμογής κατά την χρήση της. Η σχέση ήταν αντίστροφα ανάλογη. Η μεταβλητή που επηρεάζε θετικά σε όλες τους ελέγχους ήταν η ευκολία χρήσης και η μεταβλητή που επηρεάζε σε μεγαλύτερο βαθμό αρνητικά ήταν η κούραση. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον είχαν επίσης τα γραφήματα που απέδιδαν τις σχέσεις ανάμεσα σε υπό-ομάδες και το σύνολο των αποκρίσεων.



Πίνακας 7: γράφημα συσχετίσεων Pareto



Πίνακας 8: γράφημα συσχετίσεων Pareto

Συνολικά οι πίνακες και τα γραφήματα παρατέθηκαν στο Παράρτημα 1. Στο ερωτηματολόγιο δεν περιλήφθηκαν ποιοτικές μεταβλητές. Επειδή τα ερωτηματολόγια ήταν ανώνυμα και δεν υπήρχαν δυο ομάδες συμμετεχόντων που να επαναλάβουν την αξιολόγηση μετά από εύλογο χρονικό διάστημα μεταξύ τους οπότε να μετρηθεί η υψηλή αξιοπιστία, η σύγκριση των

αποτελεσμάτων ολοκληρώθηκε στη συνέχεια με την σύγκριση σε σχέση με ανάλογες έρευνες από την βιβλιογραφία.

Όταν μια εφαρμογή ολοκληρώνεται, απαραίτητο στοιχείο του κύκλου ζωής της είναι η φάση της αξιολόγησης. Κάποιες φορές θεωρείται χρήσιμο να εκτελέσει ο μαθητής ένα διαγνωστικό τεστ πριν και μετά την χρήση της εφαρμογής. Αυτό κρίθηκε απαραίτητο σε μια εφαρμογή που παρουσίαζε το Ηλιακό σύστημα σε μαθητές Γυμνασίου (Medicherla et al., 2010). Για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας όμως αυτή η προσέγγιση θα δημιουργούσε προβλήματα σε επίπεδο σημασιολογίας αφού επί της ουσίας θα έπρεπε να ελέγχουμε την ευκολία χρήσης της εφαρμογής επιπλέον της σημασίας του υλικού της. Με αυτόν τον τρόπο θα κατέληγε να δημιουργείται αναντιστοιχία στόχων.

Τα αποτελέσματα των περισσότερων ερευνών υπήρξαν θετικά όσον αφορά τον βαθμό στον οποίο η AR επέτρεπε την συνεργατικότητα ανάμεσα στους μαθητές (Díaz, 2017). Επίσης συνεκτιμήθηκαν θετικά ο βαθμός απόκτησης και διατήρησης της νέας Γνώσης (Ibáñez et al., 2014).

Η έρευνα με τίτλο «A Usability and Acceptance Evaluation of the Use of Augmented Reality for Learning Atoms and Molecules Reaction by Primary School Female Students in Palestine» (Ewais & Troyer, 2019) ασχολήθηκε με μια εφαρμογή AR που αφορούσε το μάθημα των Φυσικών Επιστημών. Για την δημιουργία της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε το Unity3D και Vuuforia. Χρησιμοποίησαν κάρτες που κατασκεύασαν οι ίδιοι για τις ανάγκες του μαθήματος. Η εφαρμογή αξιολογήθηκε ποσοτικά μέσω ερωτηματολογίων και ποιοτικά μέσω σύντομων συνεντεύξεων. Το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποίησαν ήταν επίσης το SUS. Στο δικό τους δείγμα οι μαθήτριες βαθμολόγησαν την εφαρμογή εξίσου καλά όσον αφορά την συνέπεια (inconsistency), την συνοχή (integration) και την απλότητα (complexity). Έδωσαν μέσους όρους 1,7 - 4,1 - 1,72 αντίστοιχα. Η das_AR συγκέντρωσε αντίστοιχα 1,86 - 3,86 - 1,64 μ.ο.. Η das_AR είχε υψηλότερους μ.ο. όσον αφορά την ταχύτητα και έκταση εκμάθησης (I need to learn a lot before I could get going with this system-I would imagine most people would learn to use it quickly) με 1,50 μ.ο. και 4,32 μ.ο. έναντι 3,38 μ.ο. και 4,44 μ.ο. στην δική τους, όπου η μεν πρώτη ερώτηση είναι αρνητική και η δεύτερη η αντίστροφή της. Το ίδιο σημειώθηκε με την ερώτηση που αφορούσε την ανάγκη για τεχνική υποστήριξη (I think that I would need the support of a technical person to be able to use this AR app) με 1,47 μ.ο. έναντι 3,38 μ.ο. στην δική τους σε μια αρνητική επίσης ερώτηση. Συγκέντρωσε επίσης υψηλότερο μ.ο. στην προσλαμβανόμενη ευκολία χρήσης με 4,31 μ.ο. έναντι 4,18 μ.ο.. Στα σημεία που φάνηκε να υστερεί ήταν η κόπωση που προκαλούσε στους μαθητές, όπου η das_AR είχε 2,36 μ.ο. έναντι 1,68 μ.ο. και η επιθυμία να την χρησιμοποιούν περισσότερο με 3,89 μ.ο. έναντι 4,22 μ.ο.. Το τελευταίο σημείο απασχόλησε ιδιαίτερα αλλά στην συνέχεια της έρευνάς τους, κατά την αποδελτίωση των συνεντεύξεων, το ποσοστό αυτό αποδόθηκε στον παιγνιώδη χαρακτήρα της εφαρμογής που ήταν ιδιαίτερα ελκυστικός για τις μαθήτριες. Επιπλέον, η εφαρμογή δεν προοριζόταν για τις συσκευές των μαθητριών αλλά για συσκευές που την είχαν προ-εγκατεστημένη στην αίθουσα διδασκαλίας. Το δείγμα προερχόταν από μαθήτριες 12-13 ετών. Η ηλικία φάνηκε να παίζει σημαντικό ρόλο στο είδος της AR που δημιουργήθηκε.

Η έρευνα με τίτλο «Evaluation of learners' attitude toward learning in ARIES augmented reality environments» (Wojciechowski & Cellary, 2013) αφορούσε την δημιουργία μιας εφαρμογής AR για το μάθημα της χημείας σε Γυμνάσιο. Οι μαθητές συμμετείχαν σε ποσοτική αξιολόγηση όπου ο μ.ο. στην προσλαμβανόμενη ευκολία χρήσης ήταν 4,29 μ.ο. έναντι 4,31 μ.ο. της das_AR. Βαθμολόγησαν υψηλότερα με 4,29 μ.ο. έναντι 3,89 μ.ο. της das_AR την επιθυμία τους να το χρησιμοποιούν περισσότερο στο μέλλον εάν έχουν την ευκαιρία. Η εφαρμογή δομήθηκε για τις ανάγκες του μαθήματος χημείας που αφορούσε τα στερεά με την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού που δίδασκε χημεία στους μαθητές και μαθήτριες. Η πρόσβαση γινόταν από ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Δεν την είχαν οι μαθητές στις συσκευές τους αλλά κατά την συγγραφή των αποτελεσμάτων, αυτή η ιδέα προτάθηκε από τους ερευνητές. Το συμπέρασμα της έρευνάς τους ήταν πως αν η εμπειρία των μαθητών ήταν συνολικά διασκεδαστική, αυτός ο παράγοντας επηρέαζε σε σημαντικό βαθμό την στάση τους ως προς την χρήση και την υιοθέτηση.

Η έρευνα με τίτλο «Probability learning in mathematics using augmented reality: impact on student's learning gains and attitudes» (Cai et al., 2020) αφορούσε μαθητές γυμνασίου και το μάθημα των Μαθηματικών. Συνολικά στην έρευνα και υλοποίηση έλαβαν μέρος 68 μαθητές. Την εφαρμογή χρησιμοποίησαν οι 33 οι οποίοι ελέγχθηκαν σε σχέση με τους υπόλοιπους. Η δική τους εφαρμογή AR συγκέντρωσε υψηλό 4,06 μ.ο. όσον αφορά στην προσλαμβανόμενη ευκολία χρήσης με την das_AR να έχει υψηλότερο μ.ο. 4,31. Υπερτερεί όμως στην στάση τους ως προς την χρήση και την υιοθέτηση με μ.ο. 3,98 έχοντας μικρό προβάδισμα έναντι 3,89 μ.ο. της das_AR. Η εφαρμογή τους δημιουργήθηκε με την συνεργασία του εκπαιδευτικού που δίδασκε το μάθημα και επαίνεσε την εφαρμογή και την χρήση της από τους μαθητές. Οι ερευνητές κατέγραψαν μεγάλο βαθμό συμμετοχής από τους μαθητές και ενθάρρυναν την δημιουργία ανάλογων εφαρμογών.

Η έρευνα με τίτλο «Η χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας στην εκπαίδευση: ανάπτυξη και χρήση εφαρμογής για το μάθημα «Φυσικά - ερευνώ και ανακαλύπτω» της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου» (Τσιαβός & Τσιανός, 2019) αφορούσε την επαύξηση του βιβλίου της Ε΄ Δημοτικού και την αξιολόγησή της. Οι μαθητές ήταν σαφώς μικρότεροι των μαθητών Λυκείου και το μάθημα διαφορετικό αλλά η καταγραφή της στάση τους θεωρήθηκε σημαντική. Η δική τους εφαρμογή AR συγκέντρωσε υψηλό μ.ο. 4,82 όσον αφορά στην προσλαμβανόμενη ευκολία χρήσης με την das_AR να έχει χαμηλότερο μ.ο. 4,31. Η συμμετοχή των μικρών μαθητών και η στάση τους ως προς την χρήση και την υιοθέτηση ήταν σχεδόν απόλυτη με μ.ο. 5,00. Το εμπλουτισμένο βιβλίο φάνηκε να κερδίζει το ενδιαφέρον και την προτίμηση των μικρών μαθητών. Παρόλο που οι μαθησιακές τους ανάγκες ήταν διαφορετικές από των μαθητών ενός Λυκείου, αναγνωρίζονταν οι δυνατότητες που προσέφερε μια εφαρμογή AR.

Η έρευνα με τίτλο «Επαυξημένη Πραγματικότητα και Σχολικά Εγχειρίδια: Μία εναλλακτική πρόταση διδασκαλίας σε σύγχρονες και ασύγχρονες ψηφιακές τάξεις» (Κουτρομάνος, 2021) αφορούσε Δημοτικά σχολεία και η αξιολόγηση έγινε από μαθητές και εκπαιδευτικούς. Παρόλο που μεγαλύτερη σημασία είχε η ποιοτική αξιολόγηση από τους εκπαιδευτικούς και οι εφαρμογές προέρχονταν από τα εμπλουτισμένα βιβλία του Φωτόδεντρου και την πλατφόρμα Zapworks, οι μαθητές όσον αφορά την προσλαμβανόμενη ευκολία χρήσης έδωσαν στην εφαρμογή μ.ο. 4,55 μια πολύ υψηλή τιμή. Η πλατφόρμα Zapworks δεν είναι ελεύθερη ούτε δωρεάν. Όπως σημείωσε και ο ίδιος ο ερευνητής θα ήταν προτιμότερο να χρησιμοποιηθούν ελεύθερα και ανοιχτά λογισμικά από τους δημιουργούς. Οι μαθησιακές ανάγκες και το γνωστικό υπόβαθρο των μαθητών του

Δημοτικού ήταν διαφορετικό από των μαθητών Λυκείου αλλά ενδεικτικό της δυναμικής που υπάρχει στην εκπαιδευτική κοινότητα. Στην μελέτη αυτή έχει γίνει μνεία στην επόμενη ενότητα που κάλυψε την ποιοτική αξιολόγηση των εφαρμογών.

Η έρευνα με τίτλο «Ανάπτυξη εφαρμογής Επαυξημένης Πραγματικότητας για το μάθημα Πληροφορικής Γυμνασίου: Μελέτη Της Αποδοχής Και Επίδοσης των μαθητών της Β Γυμνασίου» (Ζώγλης, 2019) δεν κάνει χρήση μόνο εφαρμογής AR αλλά ενός μικτού μοντέλου. Αφορούσε μαθητές Γυμνασίου και μάθημα Πληροφορικής. Κάλυψε το πρώτο κεφάλαιο του σχολικού εγχειριδίου. Χρησιμοποιήθηκε επίσης το Unity3D για την δημιουργία τρισδιάστατων αντικειμένων. Η αξιολόγηση από τους μαθητές αποτυπώθηκε σε πίνακες συχνοτήτων και έδειξε πως στην προσλαμβανόμενη ευκολία χρήσης οι θετικές απαντήσεις (συμφωνώ, συμφωνώ απόλυτα) είχαν αθροιστικά ποσοστό 81,5%. Η das_AR είχε 81,2%. Όσον αφορά την στάση τους ως προς την χρήση και την υιοθέτηση, συγκέντρωσε 74% ποσοστό. Η das_AR είχε 77,8%. Η συνολική αποτίμηση ήταν θετική για την χρήση εφαρμογών AR ιδιαίτερα όταν ο εκπαιδευτικός ήταν σε θέση να δημιουργήσει μέρος ή ολόκληρη την εφαρμογή και όχι να συμβουλευτεί απλώς τους δημιουργούς.

Η έρευνα με τίτλο «Exploring the Educational Use of an Augmented Reality Books» (Lim & Park, n.d.) αφορούσε την Κορέα και έκανε λόγο για την ανάγκη να διατηρηθούν τα βιβλία στην έντυπη μορφή τους επειδή υπήρχε ο φόβος να αντικατασταθούν ανεπιστρεπτί με ηλεκτρονικές μορφές που θα έκαναν τα παλιά βιβλία ανεπιθύμητα από τους μαθητές. Η χρήση εφαρμογών AR προτάθηκε σαν η βέλτιστη λύση ώστε να μην υπάρξει τέτοιο πρόβλημα. Ήταν ο βέλτιστος συνδυασμός ψηφιακού περιεχομένου με αναλογικό φυσικό μέσο. Κάνοντας εκτενή βιβλιογραφική έρευνα διαπίστωσαν πως υπήρχε ανάγκη να ληφθούν υπόψη οι ανάγκες των μαθητών, οι ικανότητες των εκπαιδευτικών και οι διαθέσιμοι πόροι σε υπολογιστικά συστήματα, συσκευές, πρόσβαση και εύρος δεδομένων. Μια διαπίστωση που έκαναν ήταν πως τα άμεσα Γλωσσικά μαθήματα είχαν μόλις 11% διαθέσιμες εφαρμογές έναντι 38% των Φυσικών Επιστημών. Μια άλλη έρευνα που αφορούσε το ανθρώπινο σώμα και την εκμάθηση των οργάνων του σε περιβάλλον ανώτερης εκπαίδευσης, αλλά άξιζε να αναφερθεί πως είχε επίσης θετικά αποτελέσματα (Juan et al., 2008). Οι έρευνες που παρουσιάστηκαν αφορούσαν μαθήματα που δεν είχαν άμεσα Γλωσσικό προσανατολισμό αλλά Θετικές Επιστήμες και αφορούσαν νεαρότερες ηλικίες. Μια από τις έρευνες που αξιοποιήθηκαν αφορούσε μια εφαρμογή AR με εκπαιδευτικό περιεχόμενο που χρησιμοποιήθηκε σε 40 μαθητές και συγκρίθηκε με τον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας. Οι μαθητές την αξιολόγησαν θετικότερα σε σχέση με την διδασκαλία από το βιβλίο βελτιώνοντας ακόμη και τους βαθμούς τους (Guimarães et al., 2018).

Η βιβλιογραφία έδειξε πως η ευκολία χρήσης καθόριζε σε μεγάλο βαθμό τη χρήση ενός εργαλείου. Αυτό αφορούσε διάφορες μετρικές αξιολόγησης όπως η προηγούμενη εμπειρία των χρηστών, τα ενδεχόμενα λάθη του συστήματος, ο βαθμός ικανοποίησης αλλά και το γνωστικό φορτίο του κάθε χρήστη (Cuendet et al., 2013). Γι' αυτόν τον λόγο η προσλαμβανόμενη ευκολία χρήσης ήταν η παράμετρος που ερευνήθηκε περισσότερο.

5.3 Ποιοτική Αξιολόγηση

Η ποιοτική αξιολόγηση συμπλήρωσε την ποσοτική. Ολοκληρώθηκε σε δυο στάδια. Το πρώτο αφορούσε συζητήσεις με τους μαθητές όταν ολοκληρωνόταν ένα μάθημα στο οποίο είχε

χρησιμοποιηθεί Επαυξημένη Πραγματικότητα. Το δεύτερο και ουσιαστικά το επίσημο στάδιο ολοκληρώθηκε τον Ιούνιο μετά την ποσοτική αξιολόγηση. Οι μαθητές κλήθηκαν σε μικρές ομάδες να συμμετέχουν σε συζήτηση, να απαντήσουν ανοιχτού περιεχομένου ερωτήσεις και να συμπληρώσουν σχόλια σε μια κάρτα. Όπως σημειώθηκε στην έρευνα με τίτλο «Augmented reality uses in educational research projects: the "Falcons Project", a case study applying technology in the Humanities framework at high school level» (Navarro et al., 2013), για να γίνει ορθότερα και πληρέστερα η αξιολόγηση ενός τέτοιου συστήματος θα έπρεπε να υπάρχει το στάδιο των ανοιχτών ερωτήσεων αλλά εν συνεχεία να περιοριστούν στα θετικά-αρνητικά στοιχεία που εντοπίζουν ώστε να μπορεί να γίνει αποδελτίωση των απαντήσεων. Οι ομάδες των μαθητών ακολούθησαν αυτό το σχήμα. Οι αποκρίσεις τους αποδελτιώθηκαν και κατατάχθηκαν σε ευρύτερες κατηγορίες προκειμένου να αναλυθούν. Η διαδικασία αυτή προτιμήθηκε επειδή έδινε ευελιξία στην συλλογή αποκρίσεων και δεν κούραζε τους συμμετέχοντες. Επίσης υποστηριζόταν από την σχετική βιβλιογραφία. «Τα μη δομημένα ερωτηματολόγια, στα οποία η σειρά των ερωτήσεων μπορεί να αλλάζει σύμφωνα με τη γνώμη του ερευνητή, χρησιμοποιούνται σε έρευνες με ομάδες συζήτησης και συνεντεύξεις σε βάθος.» (Ζαφειροπουλος, n.d.).

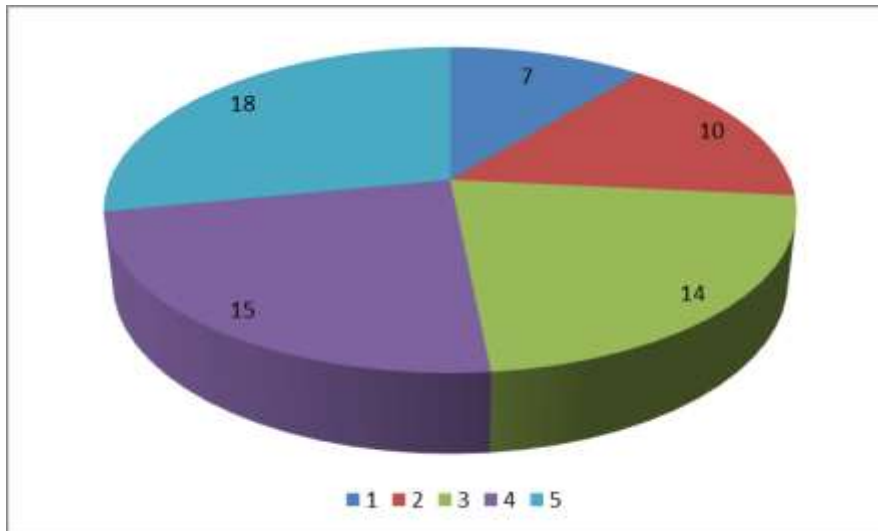
Η έρευνα με τίτλο «A Usability and Acceptance Evaluation of the Use of Augmented Reality for Learning Atoms and Molecules Reaction by Primary School Female Students in Palestine» (Ewais & Troyer, 2019) ασχολήθηκε με μια εφαρμογή AR που αφορούσε το μάθημα των Φυσικών Επιστημών. Για την δημιουργία της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε το Unity3D και Vuforia. Οι ερευνητές αξιολόγησαν ποιοτικά την εφαρμογή με μια σειρά 15-λεπτων συνεντεύξεων με 10 μαθήτριες. Οι συμμετέχοντες θεώρησαν πως η εφαρμογή εξυπηρετούσε τις ανάγκες των μαθητών για το συγκεκριμένο κεφάλαιο και θα ήταν θετικό να υπάρχει ελεύθερα για τις συσκευές τους και να χρησιμοποιείται και σε άλλα κεφάλαια. Τις ίδιες παρατηρήσεις έκαναν και οι μαθητές που συμμετείχαν στην αξιολόγηση της εφαρμογής das_AR μέσω συνεντεύξεων. Όπως αποτυπώθηκε στον πίνακα 9, οι αποκρίσεις ομαδοποιήθηκαν σε 5 ευρύτερες κατηγορίες. Η ομαδοποίηση έγινε με βάση την σημασία που αποδόθηκε στην κάθε πρόταση από τους μαθητές. Αυτό προέκυψε από την θέση στην οποία σημείωσαν την πρόταση-επισημάνση τους.

έπαινοι και μικρής σημασίας σχόλια	7
μικρότερη διάρκεια video	10
επέκταση της εφαρμογής σε συσκευές με Λ.Σ. iOS	14
προσθήκης μπάρας χειρισμού λειτουργίας video	15
επιθυμία για επέκταση της εφαρμογής σε περισσότερα μαθήματα/κεφάλαια	18
σύνολο	64

Πίνακας 9: συγκέντρωση αποκρίσεων μαθητών σε ευρύτερες κατηγορίες

Η αποτύπωση φαίνεται καλύτερα στον πίνακα 10 που ακολουθεί. Οι μαθητές έκαναν προτάσεις και επικεντρώθηκαν περισσότερο στην διεύρυνση της χρήσης της εφαρμογής σε περισσότερα κεφάλαια του βιβλίου αναφέροντας συγκεκριμένα κεφάλαια. Επίσης ανέφεραν επιπλέον μαθήματα στα οποία έκριναν πως η εφαρμογή θα μπορούσε να υιοθετηθεί με ευεργετικά αποτελέσματα. Ο πίνακας επίσης αποτυπώνει την τάση των μαθητών να εντοπίζουν περισσότερες ωφέλειες από ότι προβλήματα. Σημαντική παρατήρηση ήταν η επιθυμία για επέκταση της εφαρμογής σε συσκευές με διαφορετικό Λειτουργικό Σύστημα (iOS). Σημαντική επίσης θεωρήθηκε η παρατήρηση για την τοποθέτηση μιας μπάρας ελέγχου της λειτουργίας του video ή της προσθήκης κουμπιών play/pause. Οι μαθητές επέδειξαν ωριμότητα και προσοχή στην

αξιολόγηση επειδή αντιλήφθηκαν την σημασία και τις δυνατότητες της χρήσης Επαυξημένης Πραγματικότητας στην εκπαίδευση. Οι παρατηρήσεις τους αποτέλεσαν σημείο αναφοράς στην ποιοτική αξιολόγηση από τις δυο επόμενες ομάδες συμμετεχόντων. Αυτό συνέβη επειδή τόσο οι παρατηρήσεις τους για την δυνατότητα επέκτασης της εφαρμογής αφορούσαν άμεσα τους καθηγητές όσο και οι παρατηρήσεις τους για την εμφάνιση και λειτουργία της εφαρμογής αφορούσαν τους ειδικούς πεδίου.



Πίνακας 10: αποτύπωση των ποσοστών αποκρίσεων των μαθητών ανά κατηγορία

Οι μαθητές σχολίασαν τα πιο σημαντικά σημεία για αυτούς. Τα σχόλια των μαθητών ήταν αντίστοιχα με την μελέτη με τίτλο «Limitless or pointless? An evaluation of augmented reality technology in the school and home» (Luckin & Fraser, 2011) όπου οι μαθητές σχολίασαν θετικά την δυνατότητα φορητότητας, την ευκολία πρόσβασης και την πρόσβαση σε άφθονο υλικό συμπληρωματικά με το εκτυπωμένο εγχειρίδιο. Το πιο αρνητικό ήταν η μεγάλη διάρκεια που είχαν κάποια βίντεο. Οι μαθητές χαρακτήρισαν την εφαρμογή και στις δυο έρευνες ως εργαλεία που υποβοηθούσαν την μνήμη και την απόκτηση γνώσης. Η ευκολία πρόσβασης και ο ελάχιστος χρόνος που απαιτείται για να έχει ο μαθητής πρόσβαση σε ποιοτικό υλικό χωρίς άλλες ανακατευθύνσεις στην συσκευή, σχολιάστηκε θετικά και στην έρευνα με τίτλο « Summary of Usability Evaluations of an Educational Augmented Reality Application» (Kaufmann & Dünser, 2007). Οι μαθητές δεν χρειάστηκαν πολλές οδηγίες για να πλοηγηθούν στο περιεχόμενο της εφαρμογής. Σύμφωνα με τα ευρήματα της παρούσας έρευνας ήταν και η έρευνα με τίτλο «Impact of augmented reality technology on academic achievement and motivation of students from public and private Mexican schools. A case study in a middle-school geometry course» (Ibáñez et al., 2020) όπου οι μαθητές επίσης εκδήλωσαν μεγάλο βαθμό ικανοποίησης όταν χρησιμοποιούσαν Επαυξημένη Πραγματικότητα στα μαθήματά τους. Το παράδοξο που αποτυπώθηκε τόσο στην βιβλιογραφική έρευνα όσο και στην ποιοτική έρευνα που επακολούθησε ήταν πως υπήρχε μια δυσαναλογία ανάμεσα στις επιθυμίες και υποδείξεις των μαθητών, στον βαθμό αποδοχής της Επαυξημένης Πραγματικότητας από την μια μεριά και στην ανταπόκριση που είχε από την ομάδα αξιολόγησης των καθηγητών από την άλλη.

Όπως σημειώθηκε στην εισαγωγή και στο κεφάλαιο 1 η Επαυξημένη Πραγματικότητα έχει αρκετά χρόνια που εμφανίστηκε και θεωρήθηκε από ερευνητές πως έχει μεγάλες δυνατότητες εφαρμογής στην εκπαιδευτική διαδικασία. Παρόλα αυτά δεν συνέβηκε κάτι τέτοιο. Για να

κατανοηθούν καλύτερα οι λόγοι της περιορισμένης χρήσης από εκπαιδευτικούς κάποιοι ερευνητές διεξήγαγαν μεγάλες έρευνες. Μια ανάλυση έδειξε πως παρόλο που θεωρούνταν θετικά τα συμπεράσματα (Heintz et al., 2021), οι εκπαιδευτικοί δύσκολα πείθονταν να το δοκιμάσουν. Οι καθηγητές ανέφεραν πως δεν ένιωθαν αρκετά ικανοί ώστε να ανταπεξέλθουν στις τεχνολογικές προκλήσεις. Η έρευνα με τίτλο «Augmented Reality Applications in Education» (Antonioli et al., 2014) ανέφερε παρόμοια ευρήματα συνδυάζοντας ποιοτική και ποσοτική αξιολόγηση περισσότερων ερευνών. Μια δυσκολία συγκεντρωτικής αξιολόγησης ήταν πως οι περισσότερες εφαρμογές ήταν δημιουργημένες για να καλύψουν μεμονωμένες ανάγκες και τα αποτελέσματα δεν έρχονταν γενίκευσης. Οι περισσότερες έρευνες αφορούσαν περιβάλλοντα εκπαίδευσης διαφορετικά από την τυπική αίθουσα διδασκαλίας και στόχευαν στις Φυσικές επιστήμες αλλά παρόλα αυτά υπήρχε θετική υποδοχή της τεχνολογίας (Koutromanos et al., 2015). Η εφαρμογή das_AR αξιολογήθηκε ποιοτικά από τρεις ομάδες. Η δεύτερη ομάδα αποτελούνταν από 12 εκπαιδευτικούς δυο σχολικών μονάδων διαφορετικών ειδικοτήτων. Οι εκπαιδευτικοί παρουσίασαν τις απόψεις και τις προτάσεις τους πάνω στα εξής ζητήματα:

- **Ευκολία ανάπτυξης**
- **Χρησιμότητα**
- **Ευκολία χρήσης**

Παρόλο που συμφωνήθηκε πως η χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας ήταν ωφέλιμη και θα μπορούσε να καλύψει ευρύ επιστημονικό πεδίο ανεξάρτητα από το είδος της επιστήμης, οι καθηγητές ανέφεραν πως δεν θεωρούσαν πως θα μπορούσαν εύκολα να αναπτύξουν τέτοιο υλικό. Η δυστοκία πιστεύεται πως ήταν συνισταμένη δυο ειδικότερων παραγόντων. Ο ένας αφορούσε τον χρόνο που θα έπρεπε να δαπανηθεί από τους ίδιους και ο δεύτερος αφορούσε το κόστος μιας τέτοιας εφαρμογής. Η απάντηση στο πρώτο ζήτημα σχετίζονταν άμεσα με το δεύτερο. Η χρήση μιας έτοιμης πλατφόρμας θα διευκόλυνε μεν τους εκπαιδευτικούς αλλά θα συνεπάγονταν κόστος. Εναλλακτικά θα προτεινόταν η χρήση ανοιχτού Λογισμικού με καθοδήγηση και υποστήριξη. Η χρησιμότητα δεν αμφισβητήθηκε από κανένα. Η ευκολία χρήσης ήταν επίσης εμφανής και αποδεκτή. Επομένως το μεγαλύτερο ζήτημα παρέμενε το πρώτο: ποια πλατφόρμα θα μπορούσε να υποστηρίξει το βέλτιστο κατά περίπτωση υλικό χωρίς να απαιτηθεί υπέρμετρος χρόνος και οικονομική δαπάνη. Το Unity συγκέντρωσε θετικά σχόλια όσον αφορά τα σημεία που κάλυπτε. Αξίζει να αναφερθεί πως μεγαλύτερο ενδιαφέρον για να δοκιμάσουν την ανάπτυξη μιας εφαρμογής Επαυξημένης Πραγματικότητας στα πλαίσια του μαθήματος τους επέδειξαν οι καθηγητές Θετικών Επιστημών ιδιαίτερα της Βιολογίας και της Φυσικής. Λιγότερη επιθυμία εξέφρασαν οι καθηγητές Γλωσσικών μαθημάτων. Η στάση αυτή εμφανίστηκε και σε άλλες περιπτώσεις όπως αναφέρθηκαν στην βιβλιογραφία.. Παρόλα αυτά οι εκπαιδευτικοί φάνηκαν απρόθυμοι να υιοθετήσουν άμεσα την Επαυξημένη Πραγματικότητα.

Κατόπιν ακολούθησε αξιολόγηση από μια τρίτη ομάδα που αποτελούνταν από πιο ειδικούς πεδίου. Αναλυτικά συμμετείχαν 13 άτομα, Μηχανικοί Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων, Μηχανικοί Σχεδίασης Συστημάτων και Προϊόντων, και Πληροφορικοί. Η τρίτη ομάδα προτάθηκε από την βιβλιογραφία επειδή «θα μπορούσε να αξιολογήσει καλύτερα τις τρεις διαστάσεις: ποιότητα εργονομίας (*ergonomic quality*), ποιότητα εκπαίδευσης (*learning quality*) και ποιότητα ικανοποίησης (*hedonic quality*)» (Pribeanu et al., 2017). Η ομάδα αυτή σχολίασε θετικά την ταχύτητα απόκρισης της εφαρμογής σχολιάζοντας πως νεότερες κινητές συσκευές απέδιδαν

ακόμα ταχύτερα. Επίσης σχολίασαν θετικά πως η εφαρμογή δεν «κόλλησε» σε κανένα σημείο, δεν απαιτούσε μεγάλο αποθηκευτικό χώρο, δεν συνέλλεγε δεδομένα, δεν απαιτούσε ιδιαίτερες άδειες από τους χρήστες πέρα από την πρόσβαση στην κάμερα της συσκευής τους ώστε να λειτουργήσει. Θεωρούσαν πως μικρότερης διάρκειας βίντεο θα ήταν καλύτερα αρκεί να κάλυπταν τον σκοπό για τον οποίο προτιμήθηκαν. Θα συνιστούσαν κουμπιά πλοήγησης για το βίντεο τύπου play/pause αλλά όχι άλλες λειτουργίες που θα αποπροσανατόλιζαν τον χρήστη. Σαφώς προτιμητέα σαν εφαρμογή θα ήταν τα μαθήματα που αφορούσαν Θετικές Επιστήμες και η επέκταση στην Τριτοβάθμια Εκπαίδευση θα ήταν ευεργετική. Η προσθήκη των απαντήσεων στις ασκήσεις του βιβλίου κρίθηκε πως έγινε σε εμφανές μεν σημείο αλλά χωρίς να παρεμποδίζει την ορατότητα του συνόλου των άλλων σελίδων ώστε να μπορεί ο μαθητής να αναζητά την λύση και κατόπιν να συμβουλευτεί την εφαρμογή. Κάποιες κινητές συσκευές απαιτούσαν ρυθμίσεις στο contrast για μεγαλύτερη ευκρίνεια.

5.4 Αποτύπωση των αποτελεσμάτων της αξιολόγησης

Η ποσοτική αξιολόγηση από τους μαθητές αποτυπώθηκε στον πίνακα 11. Οι μεταβλητές που ελέγχθηκαν μέσω του ερωτηματολογίου συγκεντρώθηκαν σε 4 συνολικά κατηγορίες όπως αυτές αποτυπώθηκαν κατόπιν της ανάλυσης στο SPSS με βάση το component matrix του πίνακα 4. Στον πίνακα 11 η κάθε κατηγορία-έννοια αντιστοιχίστηκε με τις μεταβλητές που την αποτύπωσαν. Προστέθηκε στον πίνακα ο μέσος όρος ανά μεταβλητή και ο συνολικός μέσος όρος ανά κατηγορία-έννοια.

έννοια	μεταβλητή	Μέσος όρος ανά μεταβλητή	Μέσος όρος ανά έννοια
Προσλαμβανόμενη ευκολία χρήσης	Θα ήθελα να χρησιμοποιώ αυτό το σύστημα πιο συχνά.	3,89	4,06
	Βρήκα το σύστημα αδικαιολόγητα περίπλοκο (ανεστραμμένη).	4,36	
	Θεώρησα το σύστημα εύκολο στη χρήση.	4,31	
	Νομίζω ότι υπήρχε υπερβολική ασυνέπεια σε αυτό το σύστημα (ανεστραμμένη).	4,14	
	Βρήκα το σύστημα κουραστικό στη χρήση (ανεστραμμένη).	3,64	
Προσλαμβανόμενη χρησιμότητα	Νομίζω πως οι διάφορες λειτουργίες του συστήματος ήταν καλά ενσωματωμένες.	3,86	4,30
	Νομίζω θα χρειαζόμουν την υποστήριξη τεχνικού προσωπικού για να μπορέσω να χρησιμοποιήσω το σύστημα (ανεστραμμένη).	4,53	
	Χρειάστηκε να μάθω πολλά πράγματα πριν να μπορέσω να συνεχίσω με αυτό το σύστημα (ανεστραμμένη).	4,50	

Στάση ως προς την υιοθέτηση	Φαντάζομαι ότι οι περισσότεροι άνθρωποι θα μάθαιναν να χρησιμοποιούν αυτό το σύστημα γρήγορα. Θεώρησα το σύστημα εύκολο στη χρήση.	4,44 4,31	4,38
Στάση απέναντι στην χρήση	Ένωσα πολύ σίγουρος/άνετος χρησιμοποιώντας το σύστημα.	3,89	3,89

Πίνακας 11: συγκεντρωτικός πίνακας με έννοιες-μεταβλητές-μέσους όρους

Η ποσοτική αξιολόγηση συγκρίθηκε με μελέτες άλλων ερευνητών και έδειξε πως η εφαρμογή das_AR είχε αναλογικά με αυτές θετική αξιολόγηση από τους χρήστες. Η ποσοτική αξιολόγηση συμπληρώθηκε με την ποιοτική αξιολόγηση από τρεις ομάδες συμμετεχόντων: μαθητές, εκπαιδευτικούς και ειδικούς πεδίου, όπως προτάθηκε από την βιβλιογραφία. Η ποιοτική αξιολόγηση από τους μαθητές ολοκληρώθηκε σε δυο φάσεις. Κατά την διάρκεια του μαθήματος οι μαθητές ήταν ελεύθεροι να σχολιάζουν και να κάνουν προτάσεις για το επιμέρους υλικό. Τα σχόλια και οι παρατηρήσεις τους καταγράφονταν από την εκπαιδευτικό. Αφορούσαν προτάσεις για διαφορετικό υλικό από αυτό που είχε περιληφθεί στην εφαρμογή ώστε να δοθεί στους χρήστες η δυνατότητα να κάνουν παρεμβάσεις επί του περιεχομένου. Οι μαθητές δήλωσαν ικανοποίηση με το περιεχόμενο και δεν πρότειναν κάτι άλλο σε οποιοδήποτε σημείο τελικά. Οι μαθητές διαπίστωσαν με ικανοποίηση πως όσο χρησιμοποιούσαν την εφαρμογή ανακάλυπταν πως οι προτάσεις τους περιέχονταν ήδη. Αυτή η εξέλιξη ικανοποίησε ιδιαίτερα την δημιουργό της εφαρμογής και επιβεβαίωσε την μεθοδολογία πάνω στην οποία αναπτύχθηκε η εφαρμογή. Οι υπόλοιπες υποδείξεις έγιναν και καταγράφηκαν στην φάση της ποιοτικής αξιολόγησης μετά την έγκριση της έρευνας από την επιτροπή Ηθικής και Δεοντολογίας του Πανεπιστημίου Αιγαίου, τον Ιούνιο του 2022. Οι μαθητές πρότειναν την δημιουργία εφαρμογών για τα κεφάλαια με τίτλο «Addictions» και «Great Leaders» από το βιβλίο Αγγλικά 2 για το Λύκειο. Επίσης προτάθηκε η επέκταση της εφαρμογής στο βιβλίο Αγγλικά 1 για το Λύκειο, στα μαθήματα Θετικών Επιστημών, ιδιαίτερα της Φυσικής και της Βιολογίας, και της Ιστορίας για όλες τις τάξεις του Λυκείου. Επίσης έκριναν απαραίτητη την επέκταση της εφαρμογής σε λειτουργικό σύστημα iOS ώστε να μπορούν να την έχουν όλοι οι μαθητές. Όσον αφορά την διάρκεια και το είδος του περιεχομένου, προτιμούσαν περισσότερα βίντεο με διάρκεια μικρότερη των 3 λεπτών. Οι μαθητές δεν ανέφεραν άλλες προτάσεις ή παρατηρήσεις.

Η ομάδα των εκπαιδευτικών συμπεριφέρθηκε όπως αντίστοιχες ομάδες στην βιβλιογραφία. Η σχέση χρόνου που θα έπρεπε να δαπανηθεί σε σχέση με την ποιότητα του υλικού φάνηκε να καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος των σχολίων τους. Η ποιότητα του υλικού είναι μείζον ζήτημα και θα έπρεπε να ακολουθεί το μοντέλο TPACK: Technology (Τεχνολογία), Pedagogical (Παιδαγωγική), Content Knowledge (Γνώση Περιεχομένου Πεδίου). Παρόλους τους περιορισμούς του το μοντέλο παρέχει ικανή και άρτια καθοδήγηση για την δημιουργία ποιοτικού και πρωτότυπου υλικού. Όσον αφορά την σύνθεση της ομάδας των εκπαιδευτικών, οι εκπαιδευτικοί που συμφώνησαν να συμμετέχουν ήταν καθηγητές Θετικών Επιστημών και μόνο μια Φιλολόγος. Η πρόσκληση έγινε στο σύνολο των εκπαιδευτικών που υπηρετούσαν σε δυο όμορες σχολικές μονάδες. Η σύνθεση της ομάδας και η αξιολόγηση που έκαναν θα μπορούσε να συνδυαστεί με παλαιότερη έρευνα που είχε κάνει η ερευνήτρια για την χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας σε σχολικές μονάδες. Οι εκπαιδευτικοί που τελικά υλοποίησαν σχέδια ήταν

Θετικών Επιστημών (Φυσική, Χημεία και Βιολογία) και μόνο σε ένα Γλωσσικό μάθημα, την Ιστορία (Παυλίδου & Λύτσιος, 2018, 2019).

Η τρίτη ομάδα αξιολογητών, η χαρακτηρισμένοι ως ειδικών πεδίου είχε σαν στόχο να αναδειχτούν τα δυνατά και αδύναμα σημεία σε επίπεδο UI & UX. Το User Interface (UI design) επικεντρώνεται στην αισθητική ενός σχεδίου και στην ενίσχυση της θετικής αντίληψης του χρήστη προς αυτό. Αυτό μπορεί να φορά πρακτικά την φαντασία που επέδειξε ο δημιουργός στη φάση της σχεδίασης της εφαρμογής, την δημιουργικότητα που φαίνεται στο υλικό, λογότυπο, χρώματα και στον αναλυτικό τρόπο σκέψης για ένα επιτυχημένο UI Design. Το UX (User Experience) αφορά την έρευνα πάνω σε ερωτήματα που αφορούν τον χρήστη, όπως:

- Μπορεί να βρει άμεσα αυτό που ψάχνει και χωρίς κόπο
- Χρειάζεται να αλλάξει πολλές καρτέλες για να φτάσει εκεί που θέλει
- Παίρνει γρήγορα τις πληροφορίες που αναζητά
- Η εμπειρία της περιήγησης είναι ομαλή ή συναντάει προβλήματα (#3ds.gr, 2021)

Επομένως η δική τους αξιολόγηση έθιγε ζητήματα που οι άλλες ομάδες δεν μπορούσαν να θίξουν το σύνολό τους και ειδικότερα. Τα πρώτα γενικά τους σχόλια ήταν θετικά. Καταρχάς θεωρήθηκε θετική η δημιουργία μιας εφαρμογής για κινητές συσκευές που δεν θα επιβάρυνε οικονομικά τον χρήστη. Η εφαρμογή φιλοξενούνταν σε ένα Google drive προσβάσιμο μέσω μιας e-Class. Οπότε ο χρήστης έμπαινε στο αντίστοιχο e-Class και ακολουθούσε τις απλές οδηγίες. Η e-Class ήταν ανοιχτή αλλά αν απαιτούνταν μεγαλύτερο επίπεδο ασφάλειας θα μπορούσε να είναι προσβάσιμη μόνο κατόπιν σύνδεσης/εγγραφής. Η μόνη σύσταση που έγινε ήταν οι οδηγίες που δίνονταν προς τους χρήστες να επιτρέπουν οι συσκευές τους την λήψη και εγκατάσταση εφαρμογών από τρίτους, να υπάρχουν τόσο στο e-Class όσο και στο Google drive. Η αισθητική ήταν μινιμαλιστική με ένα απλό λογότυπο στην αρχή. Η εφαρμογή έδινε άμεσα πρόσβαση σε επιπλέον υλικό απαραίτητο για την κατανόηση εννοιών και την ολοκλήρωση των ασκήσεων. Το υλικό ήταν αρκετά ποικίλο για να παραμένει ενδιαφέρον και επέτρεπε να τονίζονται οι διαφορές όπου κρίνονταν απαραίτητο. Τα βίντεο παρείχαν επακριβώς το κατάλληλο υλικό επειδή συνόδευαν σχετικά κείμενα. Η εφαρμογή αποδείχτηκε ταχύτατη ανάλογα με την συσκευή που διέθετε ο χρήστης. Νεότερες συσκευές είχαν καλύτερη απόδοση και υψηλότερη ευκρίνεια. Δεν αναφέρθηκαν προβλήματα ανάγνωσης κάποιου υλικού. Οι ειδικοί τόνισαν πως το υλικό θα έπρεπε να είναι άμεσα ορατό χωρίς την παρεμβολή άλλων λειτουργιών. Αυτό προβληματίσε επειδή οι μαθητές είχαν προτείνει την εισαγωγή κουμπιών play/pause για τα βίντεο. Οι ειδικοί στην πλειοψηφία τους πρότειναν να γίνει η αναγκαία περικοπή των βίντεο ή να αντικατασταθούν με περισσότερα μικρότερης έκτασης και μετά να επαναληφθεί η αξιολόγηση από ομάδα χρηστών. Επισήμαναν πως μικρότερης έκτασης βίντεο θα επηρέαζαν θετικά το απαιτούμενο εύρος δεδομένων της εφαρμογής. Η παρατήρηση αυτή έγινε και σε άλλες παρόμοιες έρευνες (Challenor & Ma, 2019). Τα βίντεο ορθά τοποθετήθηκαν σε σημεία του βιβλίου που δεν επηρέαζαν την ανάγνωση των κειμένων. Οι λύσεις των ασκήσεων επίσης ήταν τοποθετημένες σε σημεία που να μην εμποδίζουν τον χρήστη να βλέπει την άσκηση όσο παραβάλλει τις απαντήσεις που έδωσε με τις λύσεις που δίνονται από την εφαρμογή ώστε η εφαρμογή να διατηρεί τον υποβοηθητικό της χαρακτήρα και να μην είναι απλά ένα παιχνίδι. Προτάθηκε η δημιουργία διαφορετικών εφαρμογών ανά κεφάλαιο του βιβλίου ώστε να είναι δυνατή η λήψη και εγκατάστασή τους από παλαιότερες συσκευές. Η επέκταση σε άλλα λειτουργικά συστήματα επίσης κρίθηκε ως ωφέλιμη

για τους χρήστες. Επισημάνθηκε πως θα έπρεπε να γίνει μια ξεχωριστή μελέτη με την παρουσία μαθητών ώστε να εξεταστεί εργονομικά η κλίση και το μέγεθος των προβαλλόμενων βίντεο ώστε αυτά να διευκολύνουν τον χρήστη. Αυτό θα εξαρτιόταν από τον τρόπο με τον οποίο ο χρήστης κάθεται και κρατά το βιβλίο. Ο βιβλίο ήταν μεγάλου μεγέθους, με σελίδες χαρακτηρισμένες ως A4. Σε μελλοντική επαναξιολόγηση και αφού γίνουν οι αλλαγές που προτάθηκαν θα εξεταστεί το ζήτημα αυτό. Η υιοθέτηση της Επαυξημένης Πραγματικότητας θεωρήθηκε ως καλή πρακτική στον χώρο της εκπαίδευσης.

Η αξιολόγηση της εφαρμογής `das_AR` έδειξε πως η εφαρμογή μπορεί εύκολα να βελτιωθεί χωρίς να χάσει την ευελιξία και την ταχύτητα που την χαρακτηρίζει. Μπορεί να επεκταθεί σε άλλο λειτουργικό σύστημα και να παραμείνει δωρεάν με πρόσβαση μέσω `drive`. Η επέκταση σε επιπλέον μαθήματα θα πρέπει να γίνει ανά κεφάλαιο για να παραμείνει μικρή σε εύρος και ευέλικτη. Η χρήση ανοιχτού λογισμικού με καθοδήγηση μπορεί να βοηθήσει περισσότερους εκπαιδευτικούς να την δοκιμάσουν.

6

Συμπεράσματα και

προκλήσεις για το μέλλον

Η παρούσα έρευνα ασχολήθηκε με την δημιουργία μιας εφαρμογής Επαυξημένης Πραγματικότητας, της *das_AR*, για την διδασκαλία του κεφαλαίου με τίτλο «Human Rights» του βιβλίου Αγγλικά 2 για το Λύκειο. Η εφαρμογή δημιουργήθηκε στο Unity και η βάση δεδομένων της στο Vuforia. Χρησιμοποιήθηκε από μαθητές της Γ' τάξης Ημερήσιου Λυκείου ώστε να τους προσφέρει πρόσβαση σε κατάλληλο, πληροφοριακό και επεξηγηματικό υλικό προσαρμοσμένο στις μαθησιακές τους απαιτήσεις (Mor & Craft, 2012) με χρήση «έξυπνων» κινητών ηλεκτρονικών συσκευών. Οι μαθητές μπορούσαν να δουν υλικό που περιείχε πληροφορίες, αποσαφήνιζε έννοιες και έδινε τις λύσεις των ασκήσεων με τρόπο που ενίσχυε την επιθυμία των μαθητών να συμμετέχουν (Dutta, 2015).

Η εφαρμογή δημιουργήθηκε για να καλύψει τις βασικές ανάγκες των εκπαιδευτικών και των εκπαιδευόμενων. Η πρώτη ανάγκη αφορούσε την άμεση πρόσβαση των μαθητών σε οπτικοακουστικό υλικό που προτεινόταν στο βιβλίο μεν αλλά δεν μπορούσε να είναι προσβάσιμο με άλλο τρόπο (Radu & Schneider, 2019). Οι μαθητές διέθεταν ήδη τις κατάλληλες κινητές συσκευές ώστε να καταστεί αυτό δυνατό. Η δεύτερη ανάγκη ήταν να μην καταστεί ανελκυστικό το σχολικό βιβλίο και παραγκωνιστεί η χρήση του από τους μαθητές. Η εφαρμογή είχε σαν σημείο αναφοράς το σχολικό βιβλίο. Πολλές έρευνες συμπεραίνουν πως η Επαυξημένη Πραγματικότητα μπορεί να ενισχύσει την εκπαιδευτική διαδικασία, να αυξήσει την συμμετοχικότητα και την αποτελεσματικότητα (Tzima et al., 2019).

Η εφαρμογή δημιουργήθηκε στο Unity χρησιμοποιώντας τα components που προσφέρει μεν αλλά με αρκετές μετατροπές και προσθήκες στον κώδικα του `TrackableEventHandler.cs` ώστε η μετάβαση και η εμφάνιση του υλικού να είναι ομαλή και απρόσκοπτη. Η βάση δεδομένων δημιουργήθηκε στο Vuforia. Περιείχε τμήματα από τις σελίδες του σχολικού βιβλίου σε μορφή αρχείων τύπου εικόνας ακόμη και αν δεν επρόκειτο για φωτογραφίες αυτές καθ' αυτές. Η Επαυξημένη Πραγματικότητα δεν κάνει ιδιαίτερη διάκριση ανάμεσα σε φωτογραφίες και μοτίβα. Οι σχεδιαστικές της αρχές βασίστηκαν στον μινιμαλισμό, την ευελιξία, γνώση του υπόβαθρου των χρηστών, ενσωμάτωση στο διδακτικό υλικό/έντυπο και ενθάρρυνση των μαθητών να το

χρησιμοποιούν άμεσα (Cuendet et al., 2013). Η έκταση της πρώτης έκδοσης της εφαρμογής das_AR ήταν 315 MB. Προηγήθηκε εκτεταμένη μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας και εντατικές δοκιμές. Απαιτήθηκε ένα χρονικό διάστημα της τάξης των 6 μηνών προκειμένου να συγκεντρωθεί η απαραίτητη βιβλιογραφία, να δημιουργηθεί η βάση δεδομένων, να γίνουν οι απαραίτητες αλλαγές και προσθήκες στο Unity. Η εφαρμογή παρουσιάστηκε στους μαθητές όταν διδάχτηκε το σχετικό κεφάλαιο στο β' τετράμηνο. Η αξιολόγησή της κρίθηκε απαραίτητη ώστε να καταστεί σαφής ο βαθμός αποδοχής της από τους χρήστες και να αναδειχτούν τα τυχόν προβλήματα ώστε να συλλεχθούν προτάσεις για την βελτίωσή της. Οι μαθητές στους οποίους παρουσιάστηκε δεν χρησιμοποιούσαν Επαυξημένη Πραγματικότητα για πρώτη φορά στην πλειοψηφία τους. Όταν ήταν μαθητές Γυμνασίου είχαν χρησιμοποιήσει την εφαρμογή Aurasma σε κάποια μαθήματα αλλά η εφαρμογή δεν λειτουργεί πλέον. Επομένως είχαν κάποια εξοικείωση και μπορούσαν να αξιολογήσουν την εφαρμογή περισσότερο στοχευμένα και λιγότερο σαν παιχνίδι. Επειδή η εφαρμογή είχε σαν στόχο να επεκταθεί σε περισσότερα κεφάλαια του βιβλίου και ενδεχομένως σε περισσότερα μαθήματα η αξιολόγησή της ήταν απαραίτητη. Συγκεντρώθηκαν για αυτό το σκοπό δομημένα ερωτηματολόγια, ερωτηματολόγια ανοιχτού τύπου και κάρτες αξιολόγησης με γενικά σχόλια. Δημιουργήθηκαν τρεις ομάδες αξιολόγησης: οι μαθητές που χρησιμοποίησαν την εφαρμογή, οι εκπαιδευτικοί δυο όμορων σχολικών μονάδων και ειδικοί πεδίου. Η αξιολόγηση αφορούσε τον βαθμό αποδοχής της εφαρμογής από τους χρήστες συγκρινόμενη με παρόμοιες εφαρμογές εκπαιδευτικού περιεχομένου. Οι επόμενες εκδόσεις της εφαρμογής θα πρέπει να βασιστούν στην αξιολόγηση που διεξάχθηκε. Η ομάδα ειδικών πεδίου πρότεινε επιπλέον βελτιώσεις και συστάσεις για επιπλέον έρευνα που δεν θα μπορούσαν να είχαν κάνει οι άλλες ομάδες. Η προσέγγιση αυτή προτάθηκε από την βιβλιογραφία:

- συλλογή αναγκών,
- καταγραφή τους και σχεδιασμός,
- εφαρμογή,
- αξιολόγηση,
- τεκμηρίωση και
- επαναξιολόγηση της (Guimarães et al., 2018).

Το μέγεθος του δείγματος και το είδος της ανάλυσης προκρίθηκε από την βιβλιογραφία. Συνολικά συμμετείχαν στην ποιοτική αξιολόγηση 67 μαθητές, 12 εκπαιδευτικοί και 13 ειδικοί πεδίου. Στην ποσοτική αξιολόγηση συμμετείχαν 36 μαθητές. Η αξιολόγηση ξεκίνησε άτυπα κατά την διδασκαλία του κεφαλαίου με παράλληλη χρήση της εφαρμογής. Μετά από κάθε επαύξηση οι μαθητές ερωτούνταν αν είχαν να κάνουν κάποια παρατήρηση όσον αφορά το υλικό και την εμφάνισή του. Ενδιέφερε ιδιαίτερα αν θα πρότειναν κάποιο άλλο βίντεο για να επεξηγήσει κάποια έννοια ή άλλο είδος υλικού. Οι προτάσεις που έκαναν σταδιακά καλύφθηκαν από την εφαρμογή όταν αυτή ολοκληρώθηκε. Η επίσημη αξιολόγηση έλαβε χώρα μετά από την σχετική έγκριση της επιτροπής Ηθικής και Δεοντολογίας του Πανεπιστημίου Αιγαίου. Οι συμμετέχοντες προσκόμισαν υπογεγραμμένες υπεύθυνες δηλώσεις, συμπλήρωσαν τα ερωτηματολόγια ανώνυμα, συμμετείχαν όσοι επιθυμούσαν σε ανοιχτές συζητήσεις και ομαδικές συνεντεύξεις και συμπλήρωσαν κάρτες με στοχευμένα σχόλια. Η αξιολόγηση έγινε δια ζώσης. Ακολούθησε η αποδελτίωση και καταγραφή στο SPSS. Η ομάδα των εκπαιδευτικών συμμετείχε σε ανοιχτή συζήτηση και ομαδικές συνεντεύξεις. Η συμμετοχή ήταν επίσης εθελοντική και τα σχόλια καταγράφηκαν ανώνυμα. Η

αξιολόγησή τους αντιπαραβλήθηκε με αντίστοιχες άλλων ερευνητών ώστε να αναζητηθούν κοινά στοιχεία. Η αξιολόγηση αυτή τελέστηκε δια ζώσης επίσης. Οι εκπαιδευτικοί ανέφεραν πως η χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας ήταν ενδιαφέρουσα και φαινόταν ελκυστική αλλά θα απαιτούσε από αυτούς γνώσεις που πιθανό να μην είχαν και επαρκή χρόνο. Επίσης σχολιάστηκε πως ίσως θα ήταν καταλληλότερη για μαθητές Γυμνασίου ή των πρώτων τάξεων του Λυκείου αφού η Γ' λυκείου ήταν πολύ απαιτητική τάξη. Ανησυχία επίσης τους προκαλούσαν τόσο η έλλειψη γνώσεων προγραμματισμού αλλά και η εξεύρεση κατάλληλου υλικού για την δημιουργία ανάλογων εφαρμογών. Εκτιμήθηκε πως η παρούσα έρευνα θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σαν οδηγός για όσους εκπαιδευτικούς επιθυμούσαν να υλοποιήσουν μια εφαρμογή αφού περιέχει το θεωρητικό υπόβαθρο με αναλυτικές οδηγίες. Η εξεύρεση κατάλληλου περιεχομένου θα απαιτούσε διαφορετική προσέγγιση. Η επιθυμία των εκπαιδευτικών να υιοθετήσουν μια διαφορετική τεχνολογία συνοδεύτηκε από αμφιβολίες για την ικανότητά τους στον τομέα των τεχνολογικών γνώσεων σε όλες σχεδόν τις έρευνες στην βιβλιογραφία. Παρόλα αυτά υπήρξαν έρευνες που έδειξαν πως υπήρχε μια αυξητική τάση στην υιοθέτηση εικονικής τεχνολογίας σε ορισμένα σχολεία. Τα «εικονικά» σχολεία είναι ένα φαινόμενο που διαρκώς αναπτύσσεται στις ΗΠΑ σε δημοτικά και γυμνάσια. Ο όρος αναφέρεται σε εκπαιδευτικούς οργανισμούς που προσφέρουν εκπαιδευτικό περιεχόμενο μέσω του Διαδικτύου και εφαρμογών Ιστού (Clark, 2001). Αποτελούν μέρος ενός ευρύτερου όρου, αυτού του eLearning, που περιγράφει εκπαίδευση σε ασύγχρονη και σύγχρονη μορφή αλλά και την χρήση τεχνολογίας που υποστηρίζει ανάλογα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα (Clark & Berge, 2005).

Η αξιολόγηση από τους ειδικούς πεδίου έγινε εθελοντικά κατόπιν πρόσκλησης ανάμεσα σε ομάδες ειδικών στις οποίες υπήρχε πρόσβαση από την ερευνήτρια. Το υλικό έγινε διαθέσιμο σε αυτούς διαδικτυακά, μεσολάβησε εύλογο χρονικό διάστημα ώστε να δοκιμάσουν την εφαρμογή πάνω στο βιβλίο και ακολούθησε η αξιολόγηση. Η αξιολόγηση έγινε διαδικτυακά μέσω τηλεδιασκέψεων στην πλατφόρμα Webex της ερευνήτριας και σε λίγες περιπτώσεις δια ζώσης. Οι ειδικοί πεδίου συμμετείχαν σε ομάδες ανάλογα με τον χρόνο που διέθεταν. Απάντησαν σε ερωτήσεις ανοιχτού τύπου και έκαναν σχόλια, επισημάνσεις, υποδείξεις και παρατηρήσεις.

Τα ευρήματα έδειξαν να συμφωνούν με την γενικότερη τάση που επικρατούσε στην βιβλιογραφία και υποστήριζε πως η Επαυξημένη Πραγματικότητα ενισχύει την εποικοδομητική μάθηση και την μάθηση μέσα από την ανακάλυψη (Bower et al., 2014). Η ποσοτική αξιολόγηση έδειξε θετική στάση των χρηστών όσον αφορά την ευχρηστία, εκλαμβανόμενη ικανοποίηση και πρόθεση χρήσης. Η ποιοτική αξιολόγηση εκβάθυνε περισσότερο όσον αφορά την ευχρηστία και επεκτασιμότητα της εφαρμογής. Η στάση των μαθητών ήταν θετικότερη των εκπαιδευτικών. Επόμενο βήμα θα ήταν ενδεχομένως η αναζήτηση ενός τρόπου να συμμετέχουν οι μαθητές στην παραγωγή κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε αντίστοιχες εφαρμογές (Clemens et al., 2013).

Επομένως θα πρέπει να ερευνηθεί περαιτέρω η δυνατότητα τεχνολογιών που δεν απαιτούν αγορά εξοπλισμού, χρησιμοποιούν ήδη υπάρχουσες συσκευές αλλά παρέχουν πρόσβαση σε μεγάλο όγκο εκπαιδευτικού περιεχομένου. «Ο αριθμός των νέων αναδυόμενων τεχνολογιών αυξάνεται τα τελευταία έτη και η Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality) αναμένεται να επιδράσει σε μεγάλο βαθμό σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης στα επόμενα έτη όπως αναφέρουν αρκετές έρευνες» (Cabero-Almenara et al., 2019).

Παρόλο που η AR είναι ακόμη στο πρώιμο στάδιο ανάπτυξής της φαίνεται να έχει απέραντες δυνατότητες εφαρμογών. Η Επαυξημένη Πραγματικότητα μπορεί να προσφέρει πολλαπλά πλεονεκτήματα όπως υψηλής ποιότητας προϊόντα και διαδικασίες ενσωματώνοντας τεχνολογία πληροφοριών και επικοινωνιών, διευκολύνοντας την συνεργασία. Επίσης προσφέρει στους χρήστες την δυνατότητα της άμεσης πρόσβασης σε ποιοτικό υλικό οπουδήποτε και αν βρίσκονται και οποιαδήποτε στιγμή της μέρας. Τα παιχνιδιώδη χαρακτηριστικά που διαθέτει προκαλούν το ενδιαφέρον και ενισχύουν την δημιουργικότητα (Stockinger, 2015).

Τα θέματα που θα πρέπει να καλυφθούν αφορούν την κοινωνική αποδοχή, θέματα ιδιωτικότητας, ηθικής και ασφάλειας. Είναι σημαντικό να έχουν οι δημιουργοί εφαρμογών υπόψη τους πως είναι βασικό να απλοποιούν την ζωή του χρήστη των εφαρμογών ενισχύοντας τις αισθήσεις του χρήστη και όχι μπερδεύοντάς τις. Η AR μπορεί να επαυξήσει το πραγματικό περιβάλλον με ψηφιακές πληροφορίες και να επαυξήσει έτσι τις ικανότητες των ανθρώπων και τις αισθήσεις τους χωρίς να τις υποκαθιστά (Carmigniani et al., 2011).

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα έχει όμως και όρια. Τα όρια καθορίζονται από τον δημιουργό ώστε να μην προκαλούν σύγχυση και να μην παρεμποδίζουν τελικά την εκπαιδευτική διαδικασία απασχολώντας τον εκπαιδευτικό από τα πρωτεύοντα παιδαγωγικά του καθήκοντα ιδιαίτερα αν απαιτεί υπέρογκο χρόνο για την δημιουργία και την υλοποίηση της (Cooperstock, 2001). Επίσης είναι σημαντικό να γίνει κατανοητό πως ένα σύστημα που βοηθά στην εκπαίδευση δεν συνεπάγεται πως θα λειτουργήσει καλά στην αίθουσα διδασκαλίας ενός σχολείου. Η εκπαιδευτική κοινότητα θα πρέπει να εστιάσει στην διαφορά αυτή. *«Η εφαρμογή ενός συστήματος απαιτεί προσεχτική σκέψη και βαθιά γνώση. Τα απλά πρακτικά ζητήματα αποτελούν κομμάτια μιας ευρύτερης θεωρίας που διαρκώς εξελίσσεται»* (Cuendet et al., 2013).

Βιβλιογραφία

- #3ds.gr. (2021, March 5). *UX/UI design: Τι είναι; Όλα όσα πρέπει να γνωρίζεις!* <https://www.3ds.gr/blog/ti-einai-ux-ui-design>
- Ace. (2021). *5 Best Augmented Reality Development Tools [2021 Guide]*. Program-Ace. <https://program-ace.com/blog/augmented-reality-sdk/>
- Alfaro, J. L. D., & Puyvelde, P. V. (2021). Mobile Augmented Reality Apps in Education: Exploring the User Experience Through Large-Scale Public Reviews. In L. T. De Paolis, P. Arpaia, & P. Bourdot (Eds.), *Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics* (pp. 428–450). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-87595-4_32
- Antonioli, M., Blake, C., & Sparks, K. (2014). Augmented Reality Applications in Education. *The Journal of Technology Studies*, 40(1/2), 96–107.
- Arora, S., ter Hofstede, F., & Mahajan, V. (2017). The Implications of Offering Free Versions for the Performance of Paid Mobile Apps. *Journal of Marketing*, 81(6), 62–78. <https://doi.org/10.1509/jm.15.0205>
- Arrigo, M., Fulantelli, G., Gentile, M., & Taibi, D. (2016). Integrating Mobile Technologies in the Italian Educational Context. *Mobile Learning. The Next Generation*, 20–42.
- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355–385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S., & Kinshuk. (2014). Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications. *Journal of Educational Technology & Society*, 17(4), 133–149.
- Bakri, F., Permana, H., Wulandari, S., & Mulyati, D. (2020). Student worksheet with AR videos: Physics learning media in laboratory for senior high school students. *JOTSE: Journal of Technology and Science Education*, 10(2), 231–240. <https://doi.org/10.3926/jotse.891>
- Billinghurst, M. (2002). Augmented reality in education. *New Horizons for Learning*, 12(5).

- Bower, M., Howe, C., McCredie, N., Robinson, A., & Grover, D. (2014). Augmented Reality in education – cases, places and potentials. *Educational Media International*, 51(1), 1–15. <https://doi.org/10.1080/09523987.2014.889400>
- Brooke, J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability Evaluation in Industry*, 189(194), 4–7.
- Brownlee, J. (2019, March 18). A Gentle Introduction to Computer Vision. *Machine Learning Mastery*. <https://machinelearningmastery.com/what-is-computer-vision/>
- Cabero-Almenara, J., Barroso-Osuna, J., Llorente-Cejudo, C., & Fernández Martínez, M. del M. (2019). Educational Uses of Augmented Reality (AR): Experiences in Educational Science. *Sustainability*, 11(18), 4990. <https://doi.org/10.3390/su11184990>
- Cai, S., Liu, E., Shen, Y., Liu, C., Li, S., & Shen, Y. (2020). Probability learning in mathematics using augmented reality: Impact on student’s learning gains and attitudes. *Interactive Learning Environments*, 28, 560–573. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1696839>
- Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E., & Ivkovic, M. (2011). Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia Tools and Applications*, 51(1), 341–377.
- Challenor, J., & Ma, M. (2019). A Review of Augmented Reality Applications for History Education and Heritage Visualisation. *Multimodal Technologies and Interaction*, 3(2), 39. <https://doi.org/10.3390/mti3020039>
- Chang, G., Morreale, P., & Medicherla, P. (2010). *Applications of Augmented Reality Systems in Education*. 1380–1385. <https://www.learntechlib.org/primary/p/33549/>
- Chang, T.-W., Huang, R., & Kinshuk. (2017). *Authentic Learning Through Advances in Technologies*. Springer. https://books.google.gr/books?hl=en&lr=&id=EMM2DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA115&ots=keyigqkVpG&sig=46_YCKYGk2T3bergjitpUKAiCJ0&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Chen, D.-R., Chen, M.-Y., Huang, T.-C., & Hsu, W.-P. (2013). Developing a Mobile Learning System in Augmented Reality Context. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 9(12), 594627. <https://doi.org/10.1155/2013/594627>

- Cooperstock, J. R. (2001). The classroom of the future: Enhancing education through augmented reality. *Usability Evaluation and Interface Design: Cognitive Engineering, Intelligent Agents and Virtual Reality*, 688–692.
- Cuendet, S., Bonnard, Q., Do-Lenh, S., & Dillenbourg, P. (2013). Designing augmented reality for the classroom. *Computers & Education*, 68, 557–569. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.015>
- Dünser, A., Walker, L., Horner, H., & Bentall, D. (2012). Creating Interactive Physics Education Books with Augmented Reality. *Proceedings of the 24th Australian Computer-Human Interaction Conference*, 107–114. <https://doi.org/10.1145/2414536.2414554>
- Dutta, K. (2015). *Augmented Reality for E-Learning*. https://www.researchgate.net/profile/Kamalika-Dutta/publication/304078112_Augmented_Reality_for_E-Learning/links/5765945a08aedbc345f38220/Augmented-Reality-for-E-Learning.pdf
- Ewais, A., & Troyer, O. D. (2019). A Usability and Acceptance Evaluation of the Use of Augmented Reality for Learning Atoms and Molecules Reaction by Primary School Female Students in Palestine. *Journal of Educational Computing Research*, 57(7), 1643–1670. <https://doi.org/10.1177/0735633119855609>
- Feiner, S. K. (2002). Augmented Reality: A New Way of Seeing. *Scientific American*, 286(4), 48–55.
- Guimarães, M. de P., Alves, B. C., Durelli, R. S., Guimarães, R. de F. R., & Dias, D. C. (2018). An Approach to Developing Learning Objects with Augmented Reality Content. In O. Gervasi, B. Murgante, S. Misra, E. Stankova, C. M. Torre, A. M. A. C. Rocha, D. Taniar, B. O. Apduhan, E. Tarantino, & Y. Ryu (Eds.), *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2018* (pp. 757–774). Springer International Publishing.
- Haas, J., K. (2014). A History of the Unity Game Engine. *Worcester Polytechnic Institute*, 45.
- Harlan, J., Schleich, B., & Wartzack, S. (2020). Linking a game-engine with CAD-software to create a flexible platform for researching extended reality interfaces for the industrial design process. *Proceedings of the 31st Symposium Design for X (DFX2020)*, 169–178. <https://doi.org/10.35199/dfx2020.18>
- Hart, J. (2018, March 3). *Learning Platforms & Learning Management Systems – C4LPT* [Directory]. Centre for Learning & Performance Technologies. <http://c4lpt.co.uk/directory-of-learning-performance-tools/instructional-tools-course-learning-management-systems/>

- Heintz, M., Law, E. L.-C., & Andrade, P. (2021). Augmented Reality as Educational Tool: Perceptions, Challenges, and Requirements from Teachers. In T. De Laet, R. Klemke, C. Alario-Hoyos, I. Hilliger, & A. Ortega-Arranz (Eds.), *Technology-Enhanced Learning for a Free, Safe, and Sustainable World* (pp. 315–319). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-86436-1_27
- Ibáñez, M. B., Uriarte Portillo, A., Zatarain Cabada, R., & Barrón, M. L. (2020). Impact of augmented reality technology on academic achievement and motivation of students from public and private Mexican schools. A case study in a middle-school geometry course. *Computers & Education*, *145*, 103734. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103734>
- Iftene, A., & Trandabăț, D. (2018). Enhancing the Attractiveness of Learning through Augmented Reality. *Procedia Computer Science*, *126*, 166–175. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.07.220>
- Jackson, S. (2015). *Unity 3D UI Essentials* (first, 2015, Vol. 1). Packt Publishing Ltd. https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=5I12BgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Unity3D&ots=w2j3gDloY_&sig=XRKNK64D-zM9jYG-Yv0fjKT90uI&redir_esc=y#v=onepage&q=Unity3D&f=false
- Josh. (2020, February 10). *Comparing ARCore vs ARKit vs Vuforia: The Best Augmented Reality Toolkit*. BlueWhaleApps. <https://bluewhaleapps.com/blog/comparing-arkit-vs-arcore-vs-vuforia-the-best-augmented-reality-toolkit>
- Kaufmann, H., & Dünser, A. (2007). Summary of Usability Evaluations of an Educational Augmented Reality Application. In R. Shumaker (Ed.), *Virtual Reality* (pp. 660–669). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-73335-5_71
- Kokotsaki, D., Menzies, V., & Wiggins, A. (2016). Project-based learning: A review of the literature. *Improving Schools*, *19*(3), 267–277. <https://doi.org/10.1177/1365480216659733>
- Kostas, N. N., & Xenos, M. N. (n.d.). Assessing the Usability of Augmented Reality Systems. *The Panhellenic Conference on Informatics*, *5*.
- Kostas, N., & Xenos, M. (2012). Usability evaluation of Augmented Reality systems. *Intelligent Decision Technologies*, *6*(2), 139–149. <https://doi.org/10.3233/IDT-2012-0130>

- Koutromanos, G., Sofos, A., & Avraamidou, L. (2015). The use of augmented reality games in education: A review of the literature. *Educational Media International*, 52(4), 253–271. <https://doi.org/10.1080/09523987.2015.1125988>
- Kravtsov, H., & Pulinets, A. (2020). *Interactive Augmented Reality Technologies for Model Visualization in the School Textbook* (No. 4536). Article 4536. <https://yahootechpulse.easychair.org/publications/preprint/h6fx>
- Kurilovas, E. (2016). Evaluation of quality and personalisation of VR/AR/MR learning systems. *Behaviour & Information Technology*, 35(11), 998–1007. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2016.1212929>
- Lee, K. (2012). The Future of Learning and Training in Augmented Reality. *InSight: A Journal of Scholarly Teaching*, 7, 31–42.
- Lennon, R. G. (2012). Bring your own device (BYOD) with Cloud 4 education. *Proceedings of the 3rd Annual Conference on Systems, Programming, and Applications: Software for Humanity*, 171–180. <https://doi.org/10.1145/2384716.2384771>
- Lim, C., & Park, T. (n.d.). *Exploring the Educational Use of an Augmented Reality Books*. 11.
- Linowes, J. (2015). *Unity Virtual Reality Projects*. Packt Publishing Ltd. https://books.google.gr/books?hl=en&lr=&id=vuF5CgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Is+Unity3D+a+Computer-aided+software+engineering+tool%3F&ots=a43P3kMRyL&sig=lmxxliucT6i8eKDTF5JViNuKtdE&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Lu, L. (2014). Cultivating Reflective Practitioners in Technology Preparation: Constructing TPACK through Reflection. *Education Sciences*, 4(1), 13–35. <https://doi.org/10.3390/educsci4010013>
- Luckin, R., & Fraser, D. S. (2011). Limitless or pointless? An evaluation of augmented reality technology in the school and home. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 3(5), 510–524. <https://doi.org/10.1504/IJTEL.2011.042102>
- Lyublinskaya, I., & Kaplon-Schilis, A. (2022). Analysis of Differences in the Levels of TPACK: Unpacking Performance Indicators in the TPACK Levels Rubric. *Education Sciences*, 12(2), 79. <https://doi.org/10.3390/educsci12020079>
- Marvin, R. (2018, July 18). *How Unity Is Building its Future on AR, VR, and AI* [Commercial]. PCMag UK. <https://uk.pcmag.com/features/116452/how-unity-is-building-its-future-on-ar-vr-and-ai>

- McHugh, M. L. (2012). Interrater reliability: The kappa statistic. *Biochemia Medica*, 276–282. <https://doi.org/10.11613/BM.2012.031>
- Mor, Y., & Craft, B. (2012). Learning design: Reflections upon the current landscape. *Research in Learning Technology*, 20(sup1), 19196. <https://doi.org/10.3402/rlt.v20i0.19196>
- Mor, Y., & Winters, N. (2007). Design approaches in technology-enhanced learning. *Interactive Learning Environments*, 15(1), 61–75. <https://doi.org/10.1080/10494820601044236>
- Navarro, I., Galindo, A., & Fonseca, D. (2013). Augmented Reality Uses in Educational Research Projects: The “Falcones Project”, a Case Study Applying Technology in the Humanities Framework at High School Level. *Proceedings of the First International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality*, 411–415. <https://doi.org/10.1145/2536536.2536599>
- Nichols, M. (2003). A theory for eLearning. *Journal of Educational Technology & Society*, 6(2), 1–10.
- Nincarean, D., Alia, M. B., Halim, N. D. A., & Rahman, M. H. A. (2013). Mobile Augmented Reality: The Potential for Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 103, 657–664. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.385>
- Norzaimalina, S., Abd Majid, S. N., Salam, A., & Hj Salam, A. R. (2021). A Systematic Review of Augmented Reality Applications in Language Learning. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 16, 18–34. <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i10.17273>
- Ouyang, S.-G., Wang, G., Yao, J.-Y., Zhu, G.-H.-W., Liu, Z.-Y., & Feng, C. (2018). A Unity3D-based interactive three-dimensional virtual practice platform for chemical engineering. *Computer Applications in Engineering Education*, 26(1), 91–100. <https://doi.org/10.1002/cae.21863>
- Papadakis, S., & Orfanakis, V. (2014). *Εφαρμογές φορητής μάθησης σε προγράμματα Σχολικών Δραστηριοτήτων. Μια μελέτη περίπτωσης.*
- Persefoni, K., & Tsinakos, A. (n.d.). *Use of Augmented Reality in terms of creativity in School learning.* 9.
- Pribeanu, C., Balog, A., & Iordache, D. D. (2017). Measuring the perceived quality of an AR-based learning application: A multidimensional model. *Interactive Learning Environments*, 25(4), 482–495. <https://doi.org/10.1080/10494820.2016.1143375>
- Radu, I., & Schneider, B. (2019). *What Can We Learn from Augmented Reality (AR)?* (p. 12). <https://doi.org/10.1145/3290605.3300774>

- Rothmann, D. (2021, August 6). *Enhancing AR with machine learning*. Medium. <https://towardsdatascience.com/enhancing-ar-with-machine-learning-9214d2da75a6>
- Santos, M. E. C., Chen, A., Taketomi, T., Yamamoto, G., Miyazaki, J., & Kato, H. (2014). Augmented Reality Learning Experiences: Survey of Prototype Design and Evaluation. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 7(1), 38–56. <https://doi.org/10.1109/TLT.2013.37>
- Schechter, S. (2014, May 10). *What is markerless Augmented Reality?* Marxent. <https://www.marxentlabs.com/what-is-markerless-augmented-reality-dead-reckoning/>
- Sirakaya, M., & Alsancak Sirakaya, D. (2018). Trends in Educational Augmented Reality Studies: A Systematic Review. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 6(2), 60–74.
- Stamford Conn. (2016). *Gartner's 2016 Hype Cycle for Emerging Technologies Identifies Three Key Trends That Organizations Must Track to Gain Competitive Advantage* [Commercial]. Gartner. <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2016-08-16-gartners-2016-hype-cycle-for-emerging-technologies-identifies-three-key-trends-that-organizations-must-track-to-gain-competitive-advantage>
- Strupp, J. (2019, February 14). Every (Major) AR Development Platform and Why It's Important. *Inborn Experience (UX in AR/VR)*. <https://medium.com/inborn-experience/every-major-ar-development-platform-and-why-its-important-fbd9bc300fd5>
- Trentadue, C., & Paslawski, K. (2020). *Elements 4D – Augmented Reality Applied to Chemistry / ETEC523: Mobile and Open Learning* [Educational]. Mobile and Open Learning. <https://blogs.ubc.ca/etec523/2020/05/20/elements-4d-augmented-reality-applied-to-chemistry/>
- van Kleef, N., & Noltes, J. (2010). *Success factors for Augmented Reality Business Models*. 37.
- Vert, S., & Andone, D. (2017). Zero-Programming Augmented Reality Authoring Tools for Educators: Status and Recommendations. *2017 IEEE 17th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, 496–498. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2017.129>
- Vuforia Portal. (n.d.). *Best Practices for Designing and Developing Image-Based Targets* | VuforiaLibrary. Retrieved February 4, 2022, from <https://library.vuforia.com/features/images/image-targets/best-practices-for-designing-and-developing-image-based-targets.html>

- Wang, Y.-Y., Lin, H.-H., Wang, Y.-S., Shih, Y.-W., & Wang, S.-T. (2018). What drives users' intentions to purchase a GPS Navigation app: The moderating role of perceived availability of free substitutes. *Internet Research*, 28(1), 251–274. <https://doi.org/10.1108/IntR-11-2016-0348>
- Westre, A. (2014). *Design Games for Architecture: Creating Digital Design Tools with Unity* (1st ed., Vol. 1). Routledge. <https://www.routledge.com/Design-Games-for-Architecture-Creating-Digital-Design-Tools-with-Unity/Westre/p/book/9780415622776>
- Wojciechowski, R., & Cellary, W. (2013). Evaluation of learners' attitude toward learning in ARIES augmented reality environments. *Computers & Education*, 68, 570–585. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.014>
- Yang, S., Mei, B., & Yue, X. (2018). Mobile Augmented Reality Assisted Chemical Education: Insights from Elements 4D. *Journal of Chemical Education*, 95(6), 1060–1062. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00017>
- Yu, H., Seo, I., & Choi, J. (2019). A study of critical factors affecting adoption of self-customisation service – focused on value-based adoption model. *Total Quality Management & Business Excellence*, 30(sup1), S98–S113. <https://doi.org/10.1080/14783363.2019.1665822>
- Yuen, S. C.-Y., Yaoyuneyong, G., & Johnson, E. (2013). Augmented Reality and Education: Applications and Potentials. In R. Huang, Kinshuk, & J. M. Spector (Eds.), *Reshaping Learning: Frontiers of Learning Technology in a Global Context* (pp. 385–414). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-32301-0_17
- Zhuravlov-Galchenco, A. (2018, December 14). *Six Top Tools to Build Augmented Reality Mobile Apps*. InfoQ. <https://www.infoq.com/articles/augmented-reality-best-skds/>
- Δαπόντες. (2007, December 30). Τι να σημαίνει άραγε το ΤΠΕ; *Ελληνική Πύλη Παιδείας*. <https://www.eduportal.gr/tpe-dap/>
- Ζαφειρόπουλος, Κ. (n.d.). *ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΚΑΙ ΤΙΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ*. Retrieved May 21, 2022, from <https://www.politeianet.gr/books/9789605861476-zafeiropoulos-kostas-kritiki-eisagogi-sti-statistiki-kai-tis-pithanotites-227154>
- Ζαφειρόπουλος, Κ. (n.d.). *Στατιστική με SPSS*. Retrieved May 21, 2022, from <https://biblionet.gr/titleinfo/>

- Ζώγλης, Χ. Ι. (2019). *Ανάπτυξη εφαρμογής Επαυξημένης Πραγματικότητας για το μάθημα Πληροφορικής Γυμνασίου: Μελέτη Της Αποδοχής Και Επίδοσης των μαθητών της Β Γυμνασίου*. ΑΠΘ-ΙΚΕΕ. <http://ikee.lib.auth.gr/record/307286>
- Κουτρομάνος, Γ. (2021). Επαυξημένη Πραγματικότητα και Σχολικά Εγχειρίδια: Μία εναλλακτική πρόταση διδασκαλίας σε σύγχρονες και ασύγχρονες ψηφιακές τάξεις. *1ο Διεθνές Διαδικτυακό Εκπαιδευτικό Συνέδριο Από τον 20ο στον 21ο αιώνα μέσα σε 15 ημέρες*, 1, 70–83. <https://doi.org/10.12681/online-edu.3212>
- Μαλαματή, Π. (2018). *Παρουσίαση του Future Classroom Lab των Βρυξελλών και προοπτικές υλοποίησης της τάξης του μέλλοντος*. <https://doi.org/10/18701>
- Μαργαρίτης, Γ. (n.d.). Επαυξημένη πραγματικότητα και σχολικό έντυπο. Μία μελέτη περίπτωσης. *Open Journal of Animation, Film and Interactive Media in Education and Culture [AFIMinEC]*, 1(1), Article 1. <https://doi.org/10.12681/afimec.24404>
- Παυλίδου, Δ., & Λύτσιος, Δ. (2018). «*Αν τα βιβλία μιλούσαν: Εμπλουτίζοντας ένα σχολικό βιβλίο με χρήση Augmented reality, ένα έργο Erasmus+ που γεννήθηκε από ένα eTwinning*». *A*, 1–901. http://www.etwinning.gr/images/praktika2016/eTwinning_praktika_3rd_2016.pdf
- Παυλίδου, Δ., & Λύτσιος, Δ. (2019). «*Η αξιοποίηση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση: Δωρεάν εφαρμογές Aurasma, HP Reveal*». 844–850. <https://synedrio.eepek.gr/el/to-synedrio/praktika-synedriou>
- Τσιαβός, Π., & Τσιανός, Ρ. (2019). *Η χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας στην εκπαίδευση: Ανάπτυξη και χρήση εφαρμογής για το μάθημα «Φυσικά - ερευνώ και ανακαλύπτω» της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου*. <https://doi.org/10/20889>

Παράρτημα I [πίνακες- υλικό στατιστικής ανάλυσης]

I would like to use this system frequently

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	neither agree nor disagree	8	22.2	22.2	22.2
	agree	24	66.7	66.7	88.9
	strongly agree	4	11.1	11.1	100.0
	Total	36	100.0	100.0	

I found the system easy to use

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	neither agree nor disagree	3	8.3	8.3	8.3
	agree	19	52.8	52.8	61.1
	strongly agree	14	38.9	38.9	100.0
	Total	36	100.0	100.0	

I found the functions well integrated

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	disagree	1	2.8	2.8	2.8
	neither agree nor disagree	5	13.9	13.9	16.7
	agree	28	77.8	77.8	94.4
	strongly agree	2	5.6	5.6	100.0
	Total	36	100.0	100.0	

I thought there was inconsistency in the system

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	strongly disagree	9	25.0	25.0	25.0
	disagree	23	63.9	63.9	88.9
	neither agree nor disagree	4	11.1	11.1	100.0
	Total	36	100.0	100.0	

Most people would learn to use it quickly

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	neither agree nor disagree	2	5.6	5.6	5.6
	agree	16	44.4	44.4	50.0
	strongly agree	18	50.0	50.0	100.0
	Total	36	100.0	100.0	

I felt confident using it

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	disagree	1	2.8	2.8	2.8
	neither agree nor disagree	12	33.3	33.3	36.1
	agree	13	36.1	36.1	72.2
	strongly agree	10	27.8	27.8	100.0
	Total	36	100.0	100.0	

I found the system cumbersome to use

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	strongly disagree	6	16.7	16.7	16.7
	disagree	18	50.0	50.0	66.7
	neither agree nor disagree	6	16.7	16.7	83.3
	agree	5	13.9	13.9	97.2
	strongly agree	1	2.8	2.8	100.0
	Total	36	100.0	100.0	

I needed to learn a lot before I could get going with this system

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	strongly disagree	19	52.8	52.8	52.8

disagree	16	44.4	44.4	97.2
neither agree nor disagree	1	2.8	2.8	100.0
Total	36	100.0	100.0	

I found the system unnecessarily complex

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	strongly disagree	14	38.9	38.9	38.9
	disagree	21	58.3	58.3	97.2
	neither agree nor disagree	1	2.8	2.8	100.0
	Total	36	100.0	100.0	

Hypothesis Test Summary				
	Null Hypothesis	Test	Sig. ^{a,b}	Decision
1	The distribution of I would like to use this system frequently is normal with mean 4 and standard deviation .575.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	<.001	Reject the null hypothesis.
2	The distribution of I found the system unnecessarily complex is normal with mean 2 and standard deviation .543.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	<.001	Reject the null hypothesis.
3	The distribution of I found the system easy to use is normal with mean 4 and standard deviation .624.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	<.001	Reject the null hypothesis.
4	The distribution of I would need tech support to use the system is normal with mean 1 and standard deviation .774.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	<.001	Reject the null hypothesis.
5	The distribution of I found the functions well integrated is normal with mean 4 and standard deviation .543.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	<.001	Reject the null hypothesis.
6	The distribution of I thought there was inconsistency in the system is normal with mean 2 and standard deviation .593.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	<.001	Reject the null hypothesis.
7	The distribution of Most people would learn to use it quickly is normal with mean 4 and standard deviation .607.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	<.001	Reject the null hypothesis.
8	The distribution of I found the system cumbersome to use is normal with mean 2 and standard deviation 1.018.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	<.001	Reject the null hypothesis.
9	The distribution of I felt	One-Sample Kolmogorov-	<.001	Reject the null

	confident using it is normal with mean 4 and standard deviation .854.	Smirnov Test		hypothesis.
10	The distribution of I needed to learn alot before I could get going with this system is normal with mean 2 and standard deviation .561.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	<.001	Reject the null hypothesis.
11	The distribution of complex_var is normal with mean 4 and standard deviation .543.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	<.001	Reject the null hypothesis.
12	The distribution of tech_sup_var is normal with mean 5 and standard deviation .774.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	<.001	Reject the null hypothesis.
13	The distribution of inconsistency_rev is normal with mean 4 and standard deviation .593.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	<.001	Reject the null hypothesis.
14	The distribution of cumbersome_rev is normal with mean 4 and standard deviation 1.018.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	<.001	Reject the null hypothesis.
15	The distribution of learn_alot_rev is normal with mean 5 and standard deviation .561.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	<.001	Reject the null hypothesis.

a. The significance level is .050.

b. Lilliefors Corrected. Asymptotic significance is displayed.

Correlations

		I would like to use this system frequently	I found the system easy to use
I would like to use this system frequently	Pearson Correlation	1	.177
	Sig. (2-tailed)		.302
	N	36	36
I found the system easy to use	Pearson Correlation	.177	1
	Sig. (2-tailed)	.302	
	N	36	36

Correlations

		I would like to use this system frequently	I found the system cumbersome to use
I would like to use this system frequently	Pearson Correlation	1	-.125
	Sig. (2-tailed)		.468
	N	36	36
I found the system cumbersome to use	Pearson Correlation	-.125	1
	Sig. (2-tailed)	.468	
	N	36	36

Correlations

		I found the system cumbersome to use	I found the system unnecessarily complex
I found the system cumbersome to use	Pearson Correlation	1	.346*
	Sig. (2-tailed)		.039
	N	36	36
I found the system unnecessarily complex	Pearson Correlation	.346*	1
	Sig. (2-tailed)	.039	
	N	36	36

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Nonparametric Correlations

Correlations

			I would like to use this system frequently	I found the system easy to use
Spearman's rho	I would like to use this system frequently	Correlation Coefficient	1.000	.195
		Sig. (2-tailed)	.	.255
		N	36	36
	I found the system easy to use	Correlation Coefficient	.195	1.000
		Sig. (2-tailed)	.255	.
		N	36	36

Nonparametric Correlations

Correlations

			I would like to use this system frequently	I found the system cumbersome to use
Spearman's rho	I would like to use this system frequently	Correlation Coefficient	1.000	-.075
		Sig. (2-tailed)	.	.666
		N	36	36
	I found the system cumbersome to use	Correlation Coefficient	-.075	1.000
		Sig. (2-tailed)	.666	.
		N	36	36

Nonparametric Correlations

Correlations

			I found the system cumbersome to use	I found the system unnecessarily complex
Spearman's rho	I found the system cumbersome to use	Correlation Coefficient	1.000	.360*
		Sig. (2-tailed)	.	.031
		N	36	36
	I found the system unnecessarily complex	Correlation Coefficient	.360*	1.000
		Sig. (2-tailed)	.031	.
		N	36	36

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Cohen's Weighted Kappa

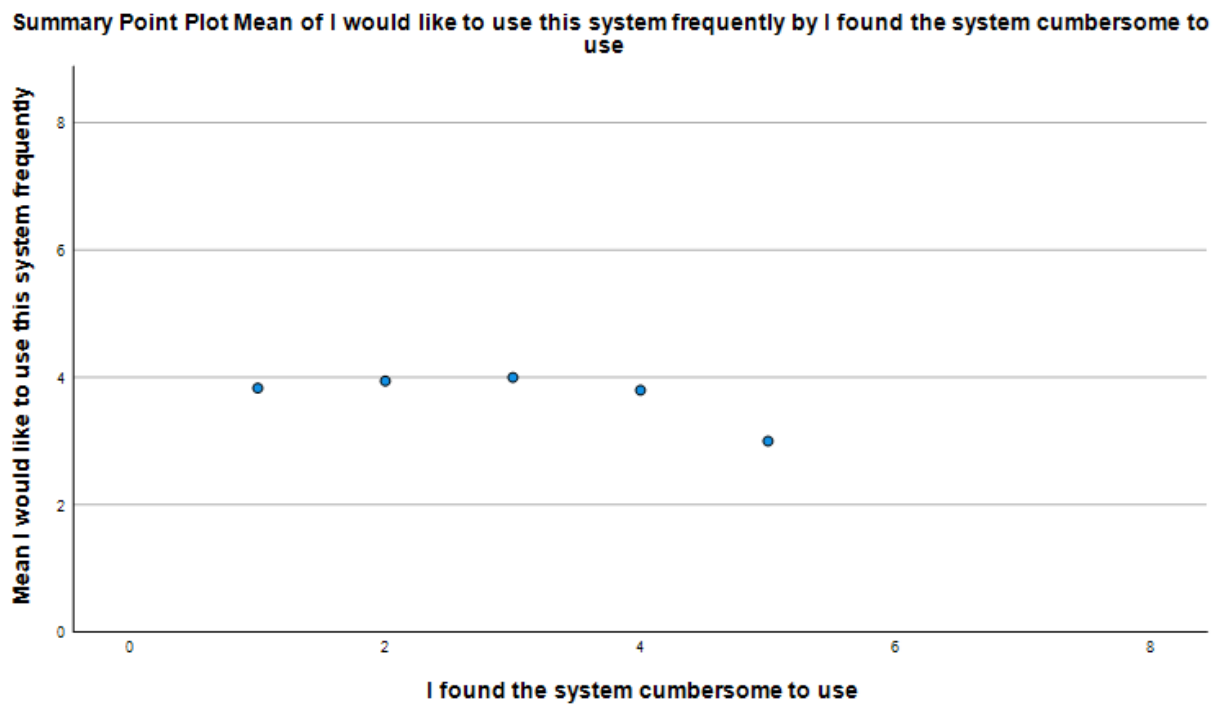
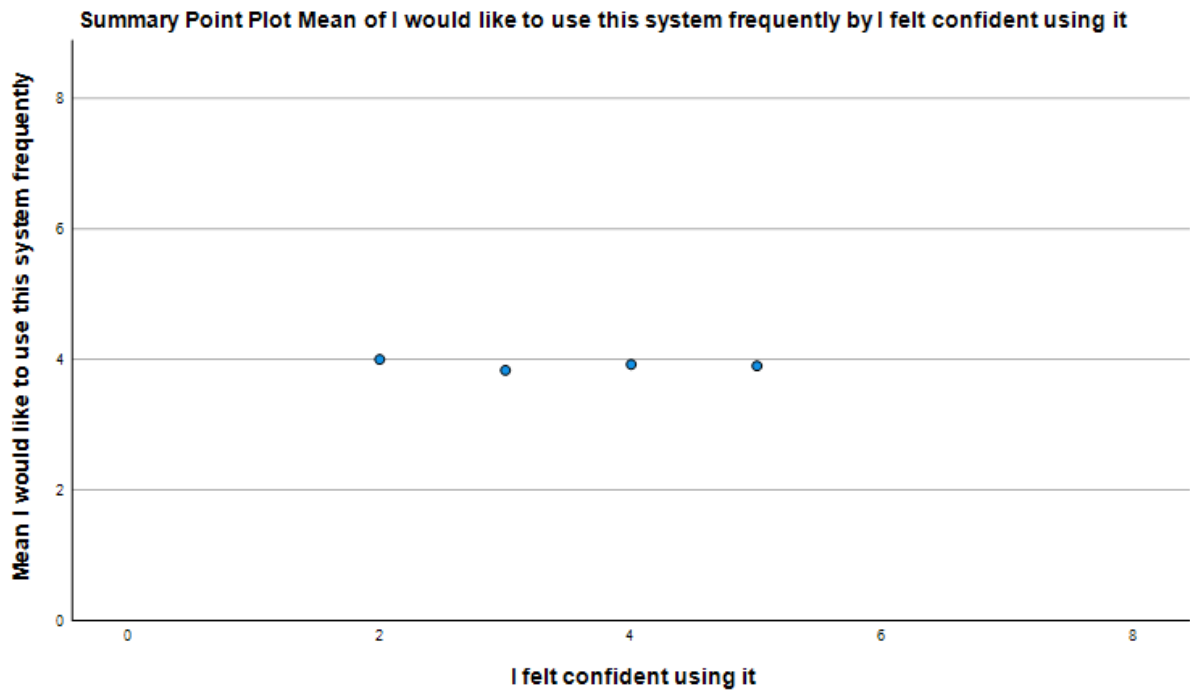
Ratings	Weighted Kappa ^b	Std. Error ^c	Asymptotic z ^d	Sig.	95% Asymptotic Confidence Interval Lower Bound
I would like to use this system frequently - I found the system easy to use ^a	.063	.090	.663	.508	-.113
I would like to use this system frequently - I found the functions well integrated ^a	.050	.120	.430	.667	-.186
I would like to use this system frequently - Most people would learn to use it quickly ^a	.115	.073	1.383	.167	-.028
I would like to use this system frequently - I felt confident using it ^a	.000	.106	.000	1.000	-.209
I found the system easy to use - I found the functions well integrated ^a	.147	.097	1.865	.062	-.043
I found the system easy to use - Most people would learn to use it quickly ^a	.250	.133	1.849	.064	-.011
I found the system easy to use - I felt confident using it ^a	.259	.112	2.505	.012	.039
I found the functions well integrated - Most people would learn to use it quickly ^a	.051	.080	.768	.442	-.106
I found the functions well integrated - I felt confident using it ^a	.164	.100	1.748	.080	-.033
Most people would learn to use it quickly - I felt confident using it ^a	.201	.100	2.098	.036	.006

Cohen's Weighted Kappa

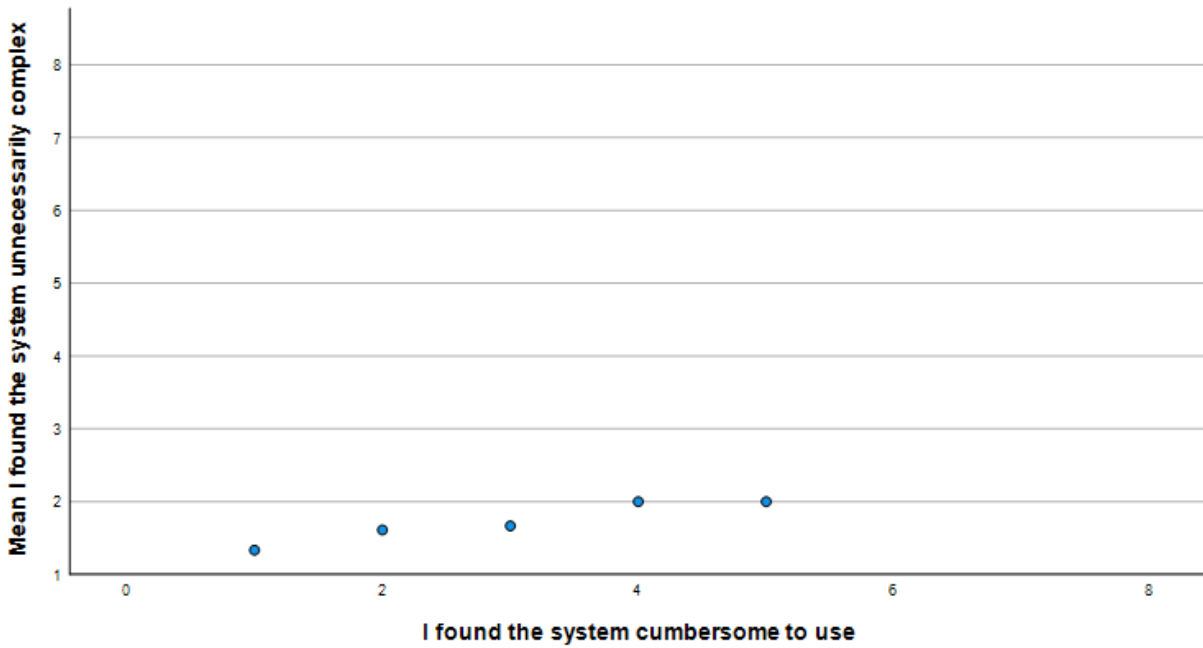
Ratings	Weighted Kappa ^b	Std. Error ^c	Asymptotic		95% Asymptotic Confidence Interval	
			z ^d	Sig.	Lower Bound	Upper Bound
I found the system unnecessarily complex - I would need tech support to use the system ^a	.299	.127	2.373	.018	.051	.547
I found the system unnecessarily complex - I thought there was inconsistency in the system ^a	.326	.142	2.583	.010	.048	.604
I found the system unnecessarily complex - I found the system cumbersome to use	.077	.070	1.108	.268	-.060	.213
I found the system unnecessarily complex - I needed to learn alot before I could get going with this system ^a	.256	.142	1.754	.079	-.022	.534
I would need tech support to use the system - I thought there was inconsistency in the system ^a	.178	.101	1.814	.070	-.019	.376
I would need tech support to use the system - I found the system cumbersome to use	.039	.054	.574	.566	-.067	.145
I would need tech support to use the system - I needed to learn alot before I could get going with this system ^a	.217	.131	1.600	.109	-.040	.475
I thought there was	.134	.093	1.598	.110	-.048	.316

inconsistency in the system - I found the system cumbersome to use						
I thought there was inconsistency in the system - I needed to learn alot before I could get going with this system ^a	.098	.109	.847	.397	-.115	.311
I found the system cumbersome to use - I needed to learn alot before I could get going with this system	-.026	.067	-.405	.685	-.159	.106

- a. Categories are determined by observed values and values for which value labels are defined.
- b. The estimation of the weighted kappa uses linear weights.
- c. Value does not depend on either null or alternative hypotheses.
- d. Estimates the asymptotic standard error assuming the null hypothesis that weighted kappa is zero.



Summary Point Plot Mean of I found the system unnecessarily complex by I found the system cumbersome to use



STATS SUBGROUP PLOTS

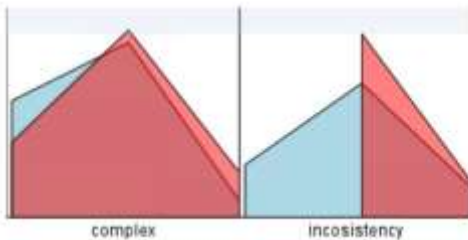
Chart Information

Settings	Value
Subgroups Defined by	frequently
Missing Value Treatment	variable by variable
Color for Entire Sample	lightblue
Color for Subgroups	red
Pattern for Entire Sample	solid
Pattern for Subgroups	solid

Settings for the charts that follow

GGraph

[DataSet1] \\teclient\C\SPSS\AR\ARvar1studentscale.sav



STATS SUBGROUP PLOTS

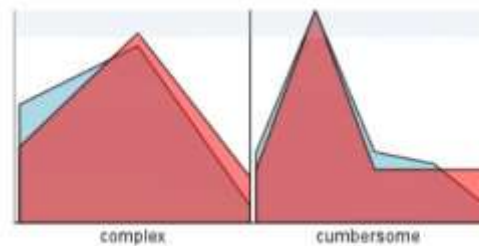
Chart Information

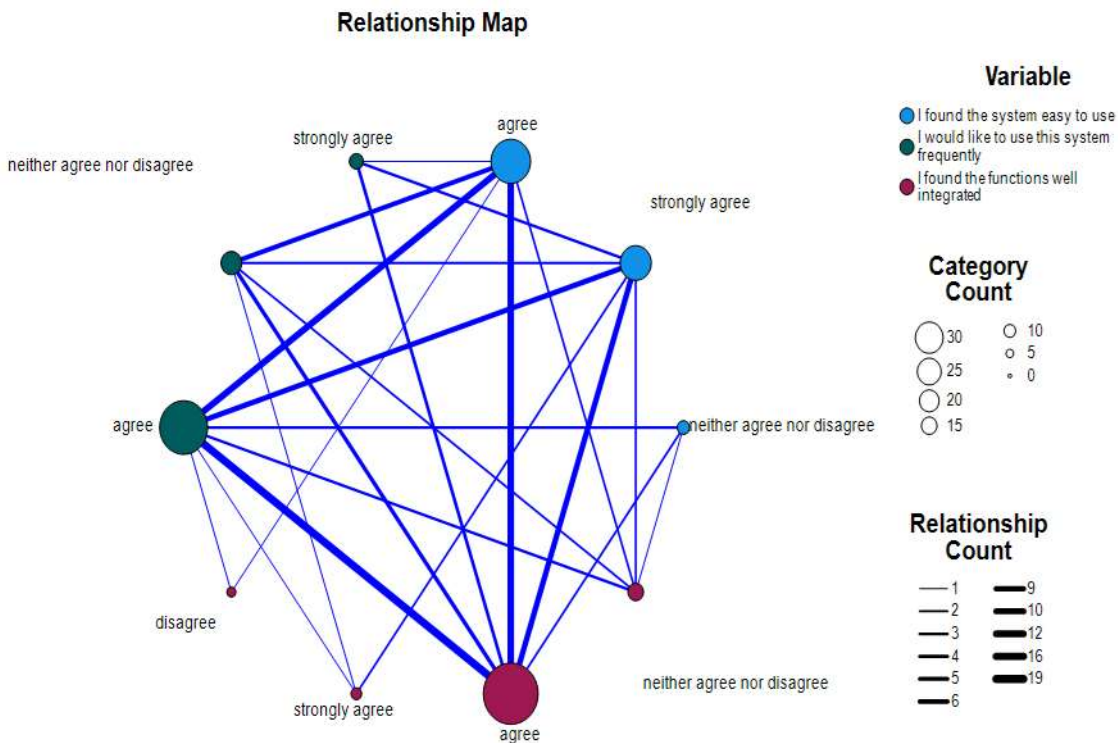
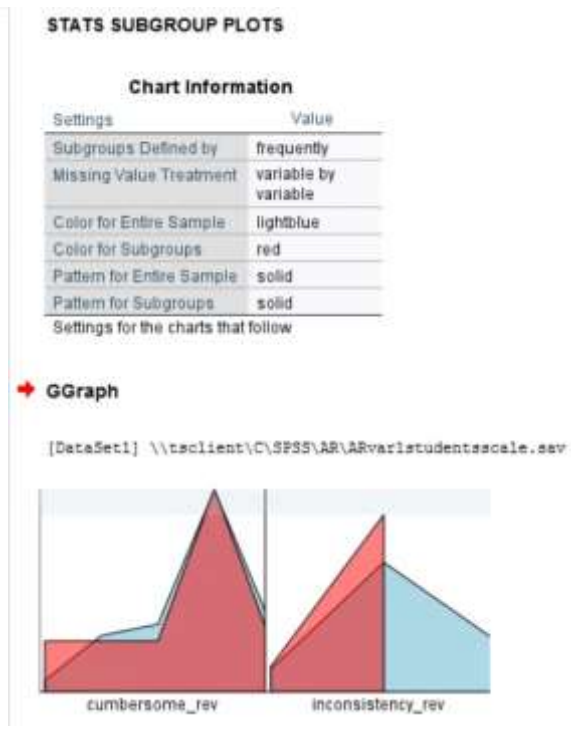
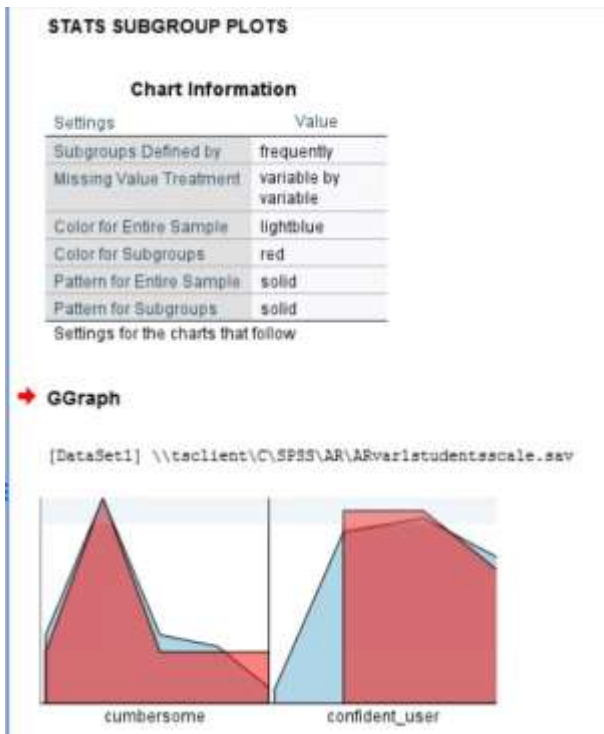
Settings	Value
Subgroups Defined by	frequently
Missing Value Treatment	variable by variable
Color for Entire Sample	lightblue
Color for Subgroups	red
Pattern for Entire Sample	solid
Pattern for Subgroups	solid

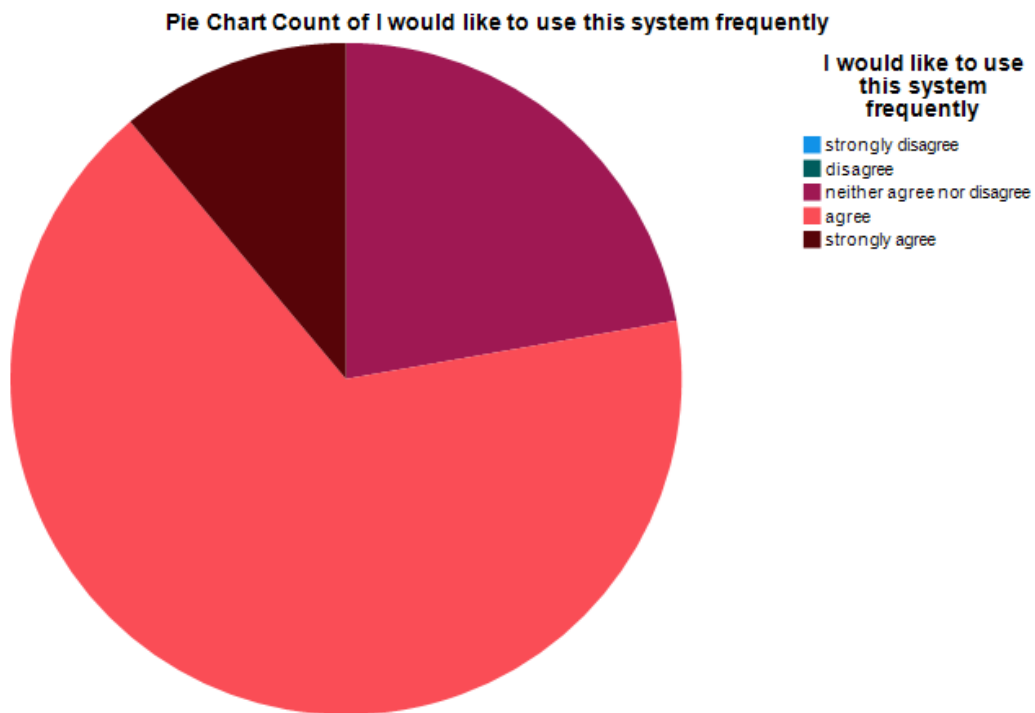
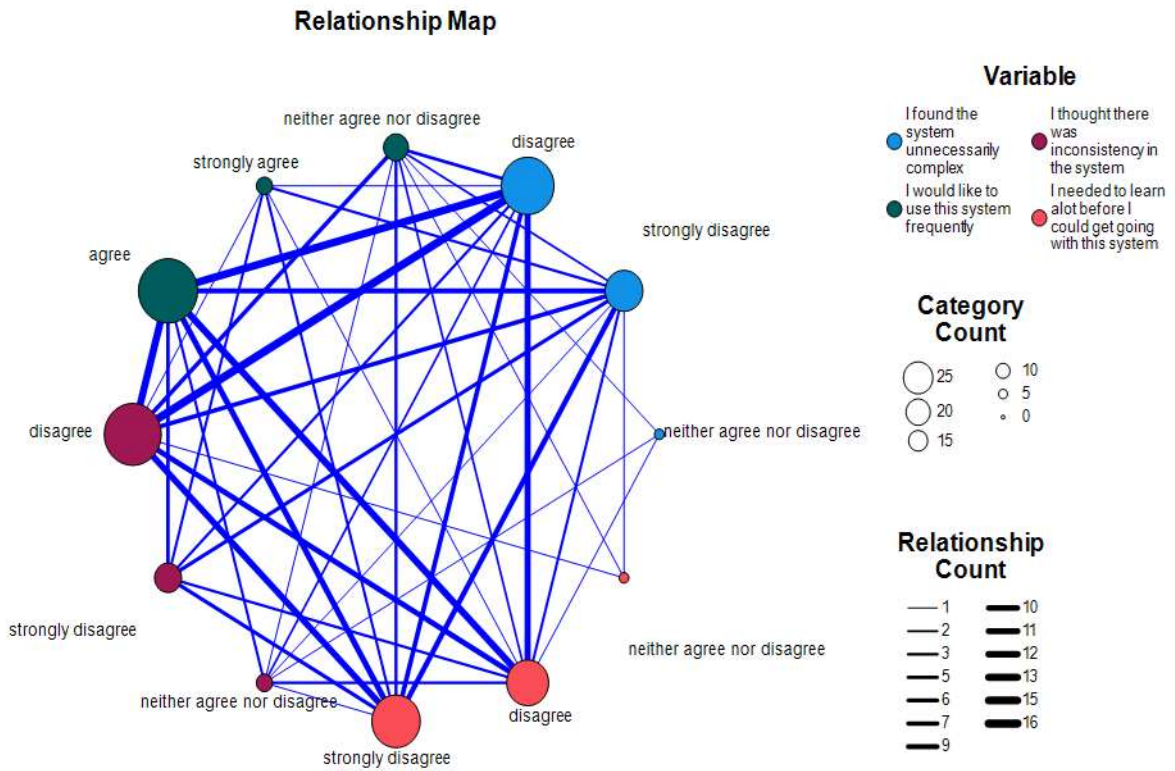
Settings for the charts that follow

GGraph

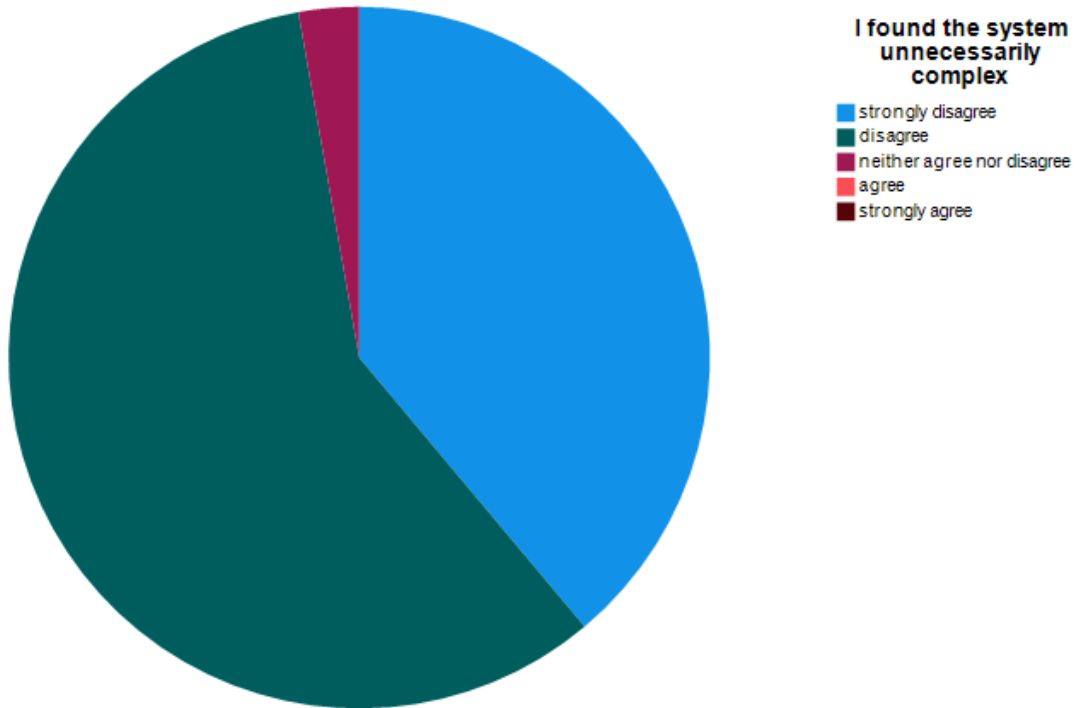
[DataSet1] \\teclient\C\SPSS\AR\ARvar1studentscale.sav



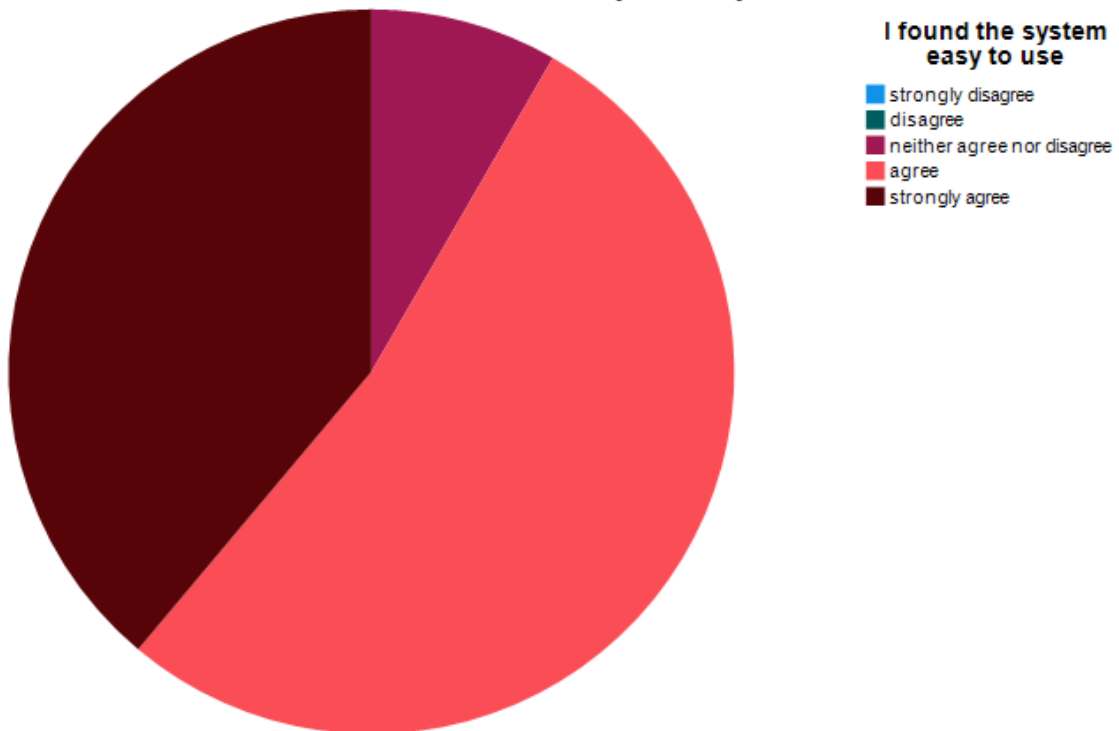




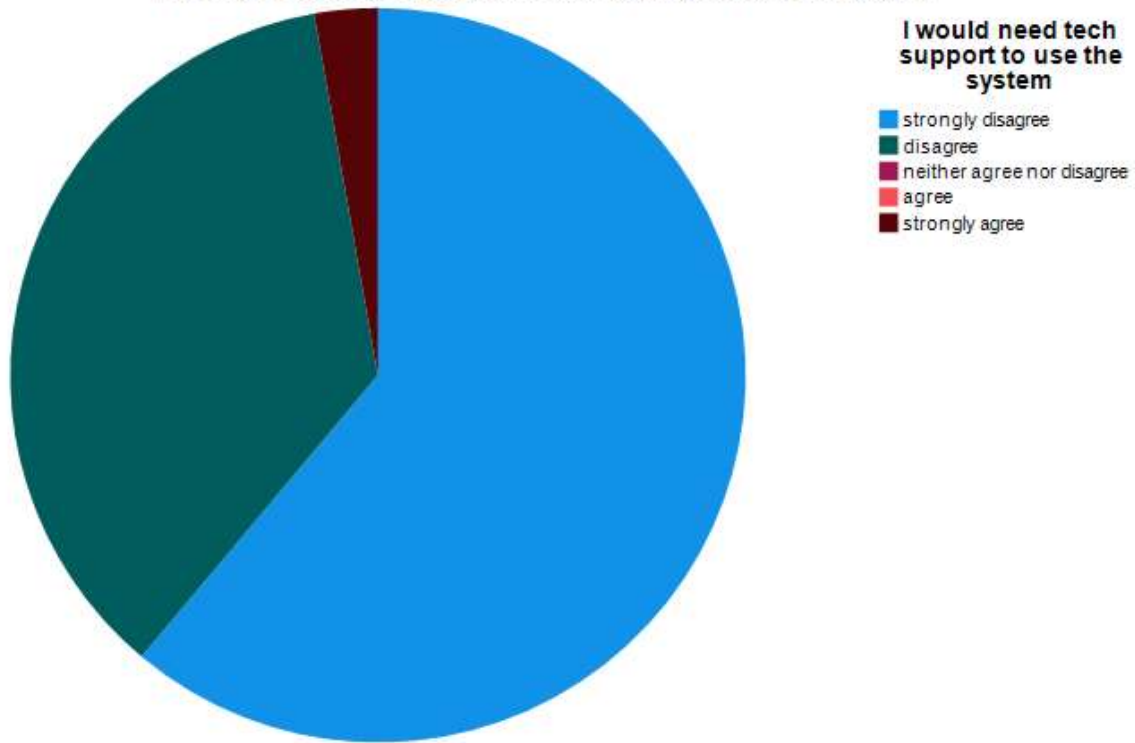
Pie Chart Count of I found the system unnecessarily complex



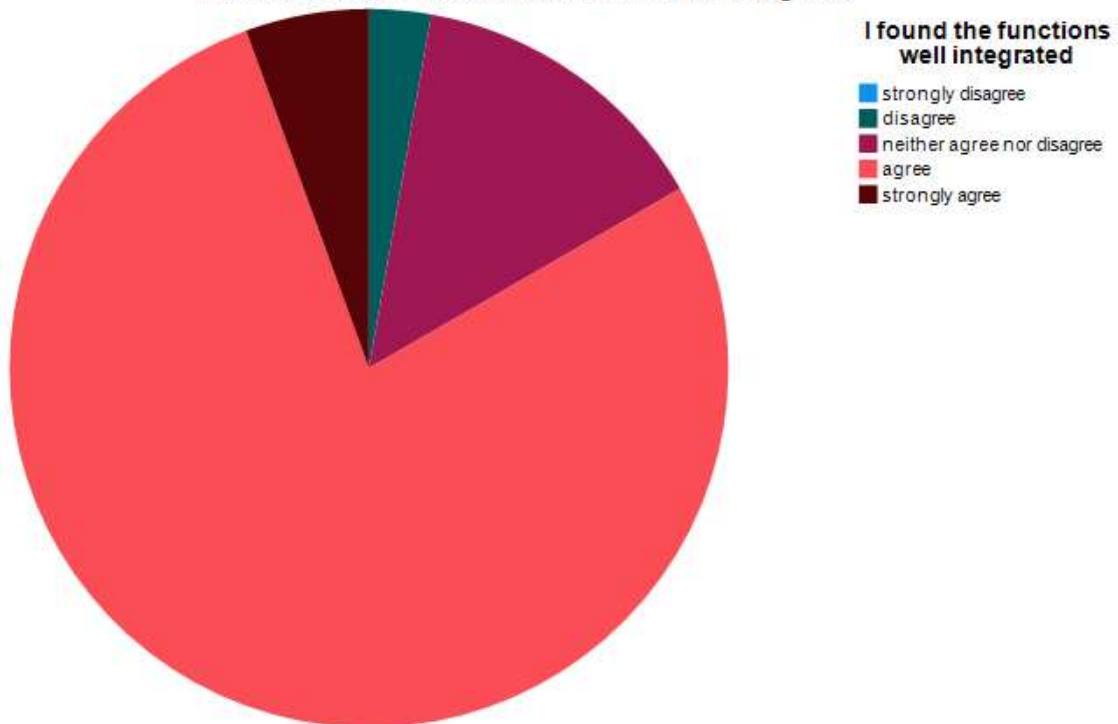
Pie Chart Count of I found the system easy to use



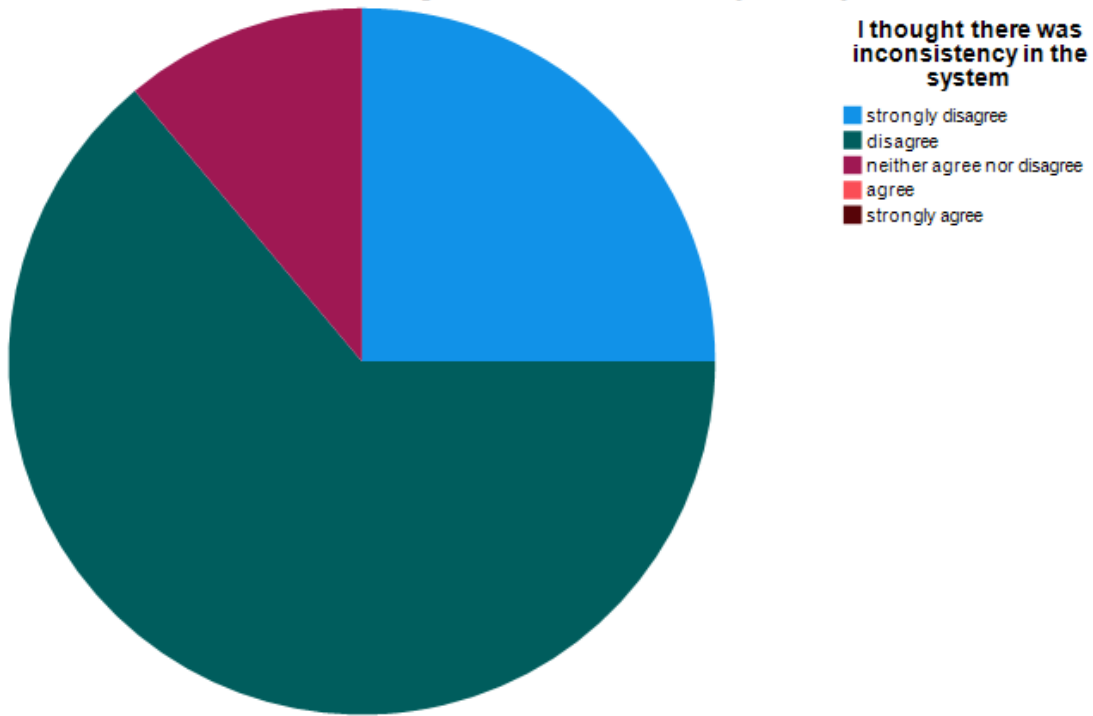
Pie Chart Count of I would need tech support to use the system



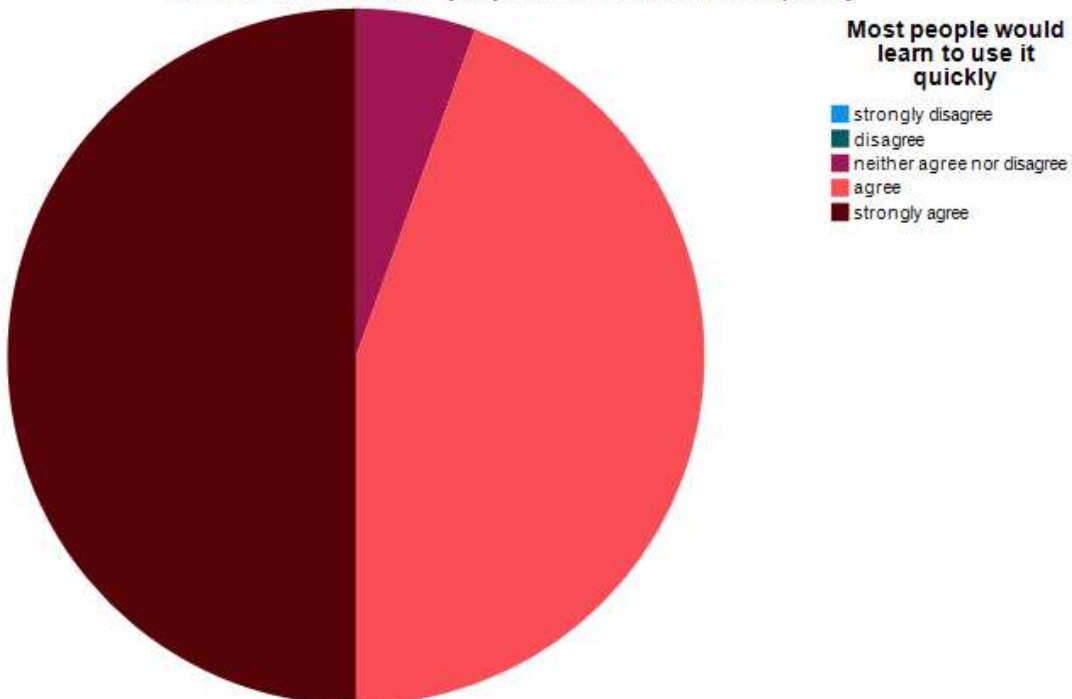
Pie Chart Count of I found the functions well integrated



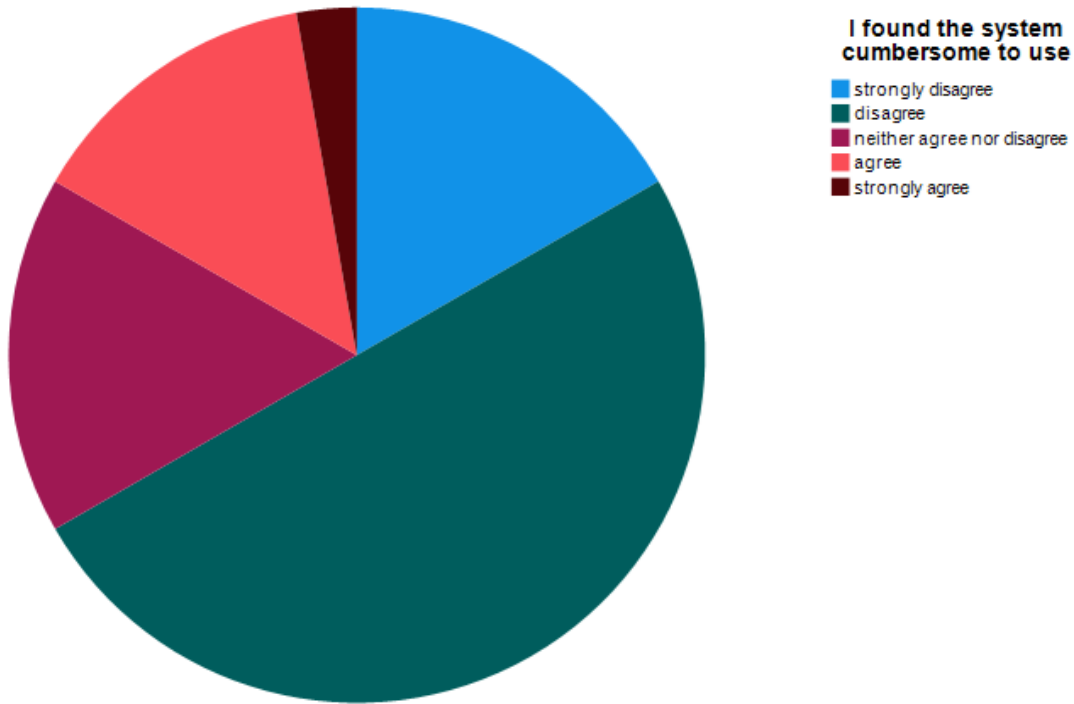
Pie Chart Count of I thought there was inconsistency in the system



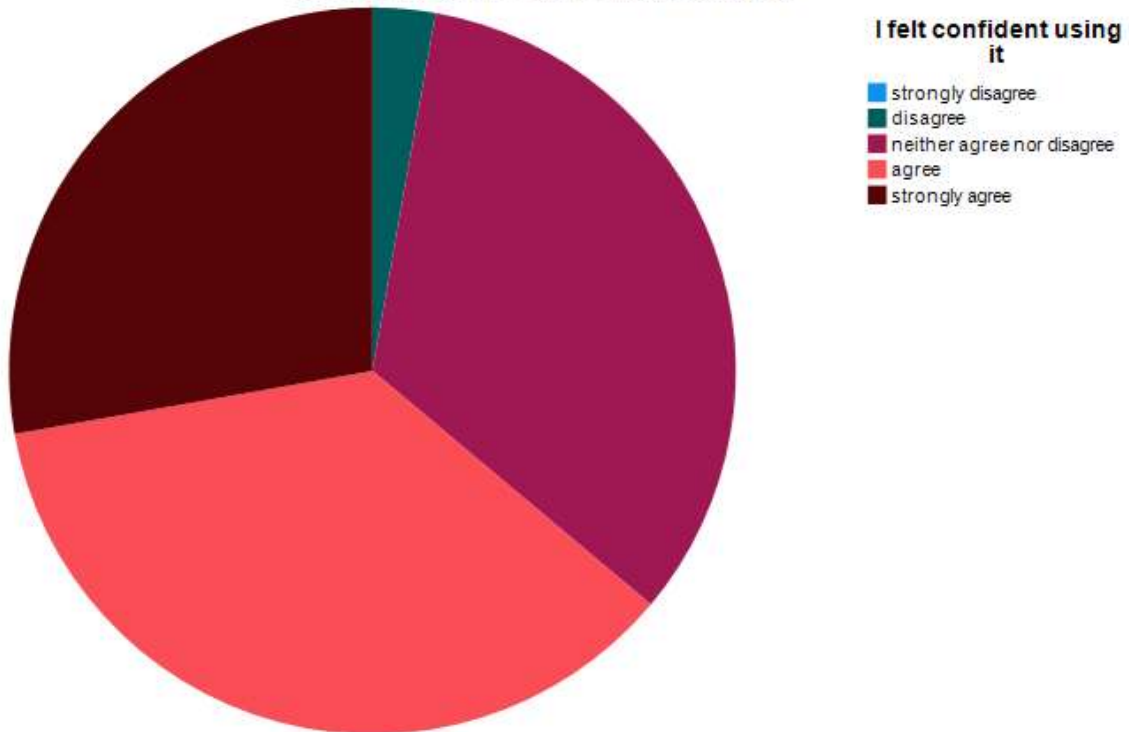
Pie Chart Count of Most people would learn to use it quickly



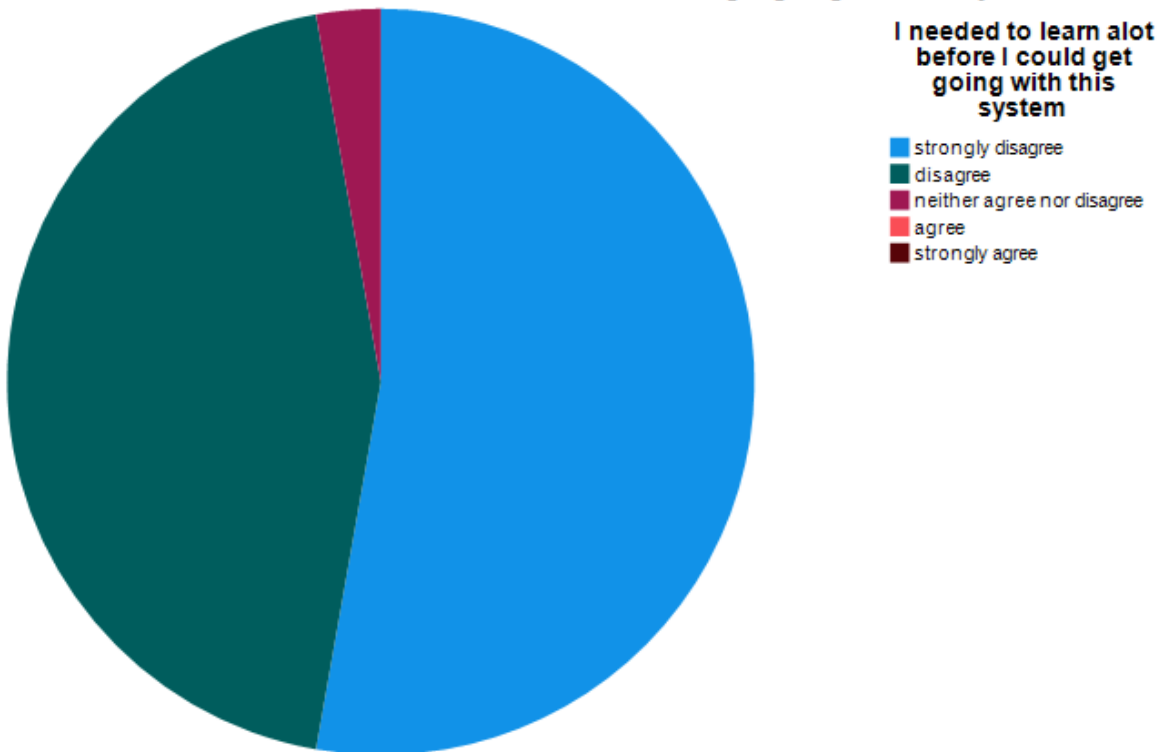
Pie Chart Count of I found the system cumbersome to use



Pie Chart Count of I felt confident using it



Pie Chart Count of I needed to learn alot before I could get going with this system



Παράρτημα II [ερωτηματολόγια αξιολόγησης]

das_AR SUS Questionnaire Αγγλικά

1. I think that I would like to use this system frequently
Strongly agree, Agree, Nether agree nor disagree, Disagree, Strongly disagree
2. I found the system unnecessarily complex.
Strongly agree, Agree, Nether agree nor disagree, Disagree, Strongly disagree
3. I thought the system was easy to use.
Strongly agree, Agree, Nether agree nor disagree, Disagree, Strongly disagree
4. I think that I would need the support of a technical person to be able to use this system.
Strongly agree, Agree, Nether agree nor disagree, Disagree, Strongly disagree
5. I found the various functions in this system were well integrated.
Strongly agree, Agree, Nether agree nor disagree, Disagree, Strongly disagree
6. I thought there was too much inconsistency in this system.
Strongly agree, Agree, Nether agree nor disagree, Disagree, Strongly disagree
7. I would imagine that most people would learn to use this system very quickly.
Strongly agree, Agree, Nether agree nor disagree, Disagree, Strongly disagree
8. I found the system very cumbersome to use.
Strongly agree, Agree, Nether agree nor disagree, Disagree, Strongly disagree
9. I felt very confident using the system.
Strongly agree, Agree, Nether agree nor disagree, Disagree, Strongly disagree
10. I needed to learn a lot of things before I could get going with this system.
Strongly agree, Agree, Nether agree nor disagree, Disagree, Strongly disagree

ελληνικά

1. Θα ήθελα να χρησιμοποιώ αυτό το σύστημα πιο συχνά

Συμφωνώ έντονα,
Συμφωνώ,
Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ,
Διαφωνώ,
Διαφωνώ έντονα

2. Βρήκα το σύστημα αδικαιολόγητα περίπλοκο

Συμφωνώ έντονα,
Συμφωνώ,
Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ,
Διαφωνώ,
Διαφωνώ έντονα

3. Θεώρησα το σύστημα εύκολο στη χρήση

Συμφωνώ έντονα,
Συμφωνώ,
Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ,
Διαφωνώ,
Διαφωνώ έντονα

4. Νομίζω θα χρειαζόμουν την υποστήριξη τεχνικού προσωπικού για να μπορέσω να χρησιμοποιήσω το σύστημα.

Συμφωνώ έντονα,
Συμφωνώ,
Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ,
Διαφωνώ,
Διαφωνώ έντονα

5. Νομίζω πως οι διάφορες λειτουργίες του συστήματος ήταν καλά ενσωματωμένες.

Συμφωνώ έντονα,
Συμφωνώ,
Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ,

Διαφωνώ,
Διαφωνώ έντονα

6. Νομίζω ότι υπήρχε υπερβολική ασυνέπεια σε αυτό το σύστημα.

Συμφωνώ έντονα,
Συμφωνώ,
Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ,
Διαφωνώ,
Διαφωνώ έντονα

7. Φαντάζομαι ότι οι περισσότεροι άνθρωποι θα μάθαιναν να χρησιμοποιούν αυτό το σύστημα γρήγορα.

Συμφωνώ έντονα,
Συμφωνώ,
Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ,
Διαφωνώ,
Διαφωνώ έντονα

8. Βρήκα το σύστημα κουραστικό στη χρήση

Συμφωνώ έντονα,
Συμφωνώ,
Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ,
Διαφωνώ,
Διαφωνώ έντονα

9. Ένιωσα πολύ σίγουρος/άνετος χρησιμοποιώντας το σύστημα

Συμφωνώ έντονα,
Συμφωνώ,
Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ,
Διαφωνώ,
Διαφωνώ έντονα

10. Χρειάστηκε να μάθω πολλά πράγματα πριν να μπορέσω να συνεχίσω με αυτό το σύστημα.

Συμφωνώ έντονα,

Συμφωνώ,

Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ,

Διαφωνώ,

Διαφωνώ έντονα

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ-ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΣΩ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ

- Τι θα προτείνατε να αλλάξει στην εμφάνιση της εφαρμογής?
- Τι θα προτείνατε να αλλάξει στην λειτουργία της εφαρμογής?
- Τι σας άρεσε περισσότερο στην εφαρμογή?
- Τι σας άρεσε λιγότερο στην εφαρμογή?
- Θα προτείνατε κάποιο άλλο βίντεο σε σχέση με αυτά που περιλαμβάνονται ήδη?
- Θα προσθέτατε κάποιο επιπλέον στοιχείο στην εφαρμογή?
- Η εφαρμογή δημιουργήθηκε για συσκευές που «τρέχουν» σε Android. Θα ήταν χρήσιμη η επέκτασή της σε συσκευές που «τρέχουν» σε ΙOs?
- Η εφαρμογή δημιουργήθηκε για τις ανάγκες του κεφαλαίου με τίτλο «Human Rights» για τα Αγγλικά. Σε ποια άλλα κεφάλαια του βιβλίου θα ήταν χρήσιμο να επεκταθεί/περιλάβει?
- Η εφαρμογή δημιουργήθηκε για τις ανάγκες διδασκαλίας των Αγγλικών. Σε ποια άλλα μαθήματα γενικής παιδείας θα ήταν χρήσιμη η υιοθέτησή της?
- Θα ήταν χρήσιμη η υιοθέτησή της σε μαθήματα Κατεύθυνσης? Σε ποια?
- Η εφαρμογή περιλάμβανε ένα μόνο κεφάλαιο για λόγους εύρους δεδομένων. Θα ήταν καλύτερα να περιλάμβανε περισσότερα ή ένα κεφάλαιο κάθε φορά?
- Έχετε να κάνετε κάποιο επιπλέον σχόλιο το οποίο θα βοηθούσε στην βελτίωση της εφαρμογής?

Παράρτημα III [Οδηγίες εγκατάστασης προγραμμάτων και Δημιουργίας της εφαρμογής]

1. Εγγραφή στο <https://unity.com/> και κατέβασμα της έκδοσης που επιθυμείτε από το <https://unity.com/download> μέσω του hub. Για την δημιουργία της εφαρμογής Das_AR επιλέχθηκε η έκδοση Unity 2018.4.36f 1. Αυτόματα θα δημιουργηθούν οι φάκελοι προορισμού. Έχετε υπόψη πως όσο μεγαλύτερες οι δυνατότητες του υπολογιστικού σας συστήματος τόσο καλύτερα θα είναι τα αποτελέσματα. Γενικά συστήματα με 4RAM μνήμη και επεξεργαστές Ryzen3, Intel3 δεν θα καταφέρουν να δουλέψουν.

Tip: κατεβάστε τα σωστά component για AR και Vuforia κάνοντας tik στα αντίστοιχα εικονίδια. Δεν μπορεί να γίνει εκ των υστέρων! Η εικόνα 7 στην σελίδα 17 το δείχνει.

2. Εγγραφή στο Vuforia developers portal: <https://developer.vuforia.com/> ώστε να πάρετε κλειδί δημιουργού για το Unity και να χτίσετε την βάση δεδομένων όταν ξεκινήσετε να εργάζεστε..

3. Για να χτίσετε την βάση δεδομένων θα πρέπει να αποφασίσετε ποιες εικόνες/μοτίβα/σημεία σελίδας βιβλίου θα επαυξηθούν. Με το εργαλείο αποκομμάτων των Windows ή ένα λογισμικό σαν το Lightshot αποκτάτε τις εικόνες που θα λειτουργήσουν ως target images.

Tip: Οτιδήποτε μπορεί να είναι target image. Καλό είναι πάντως σε μια σελίδα βιβλίου μεγέθους A4 να μην υπερβαίνουμε τις 3 επαυξησεις επειδή θα είναι δύσκολη η περιήγηση για τον χρήστη.

4. Οι εικόνες ανεβαίνουν στο Vuforia. Η εικόνα 16 στην σελίδα 25 δείχνει το αντίστοιχο στιγμιότυπο. “Add Database” για την δημιουργία νέας βάσης. “Add target” για την εισαγωγή εικόνας. Το Vuforia αξιολογεί την κάθε εικόνα ως target image. Όσο πιο πολλά αστέρια έχει τόσο πιο γρήγορα θα ταυτοποιείται από την βάση δεδομένων σας.

5. Ανοίξτε το Unity που έχετε πλέον εγκαταστήσει στον υπολογιστή σας. Από το projects επιλέγουμε NEW και δίνουμε όνομα. Το πρόγραμμα θα δημιουργήσει αυτόματα τους φακέλους προορισμού για το έργο στον υπολογιστή μας.

6. Όσοι έχετε κάποια εξοικείωση με την λειτουργία της πλατφόρμας Unity θα διαπιστώσετε ανοίγοντας το έργο σας πως παραμένει ίδια η χρήση της κάμερας και κάποιων textures και renderers. Το υλικό που προστίθεται θα υπάρχει στον χώρο των assets στο κάτω μέρος της οθόνης. Στην οθόνη παρακάτω δίνονται επεξηγήσεις για το κάθε component.

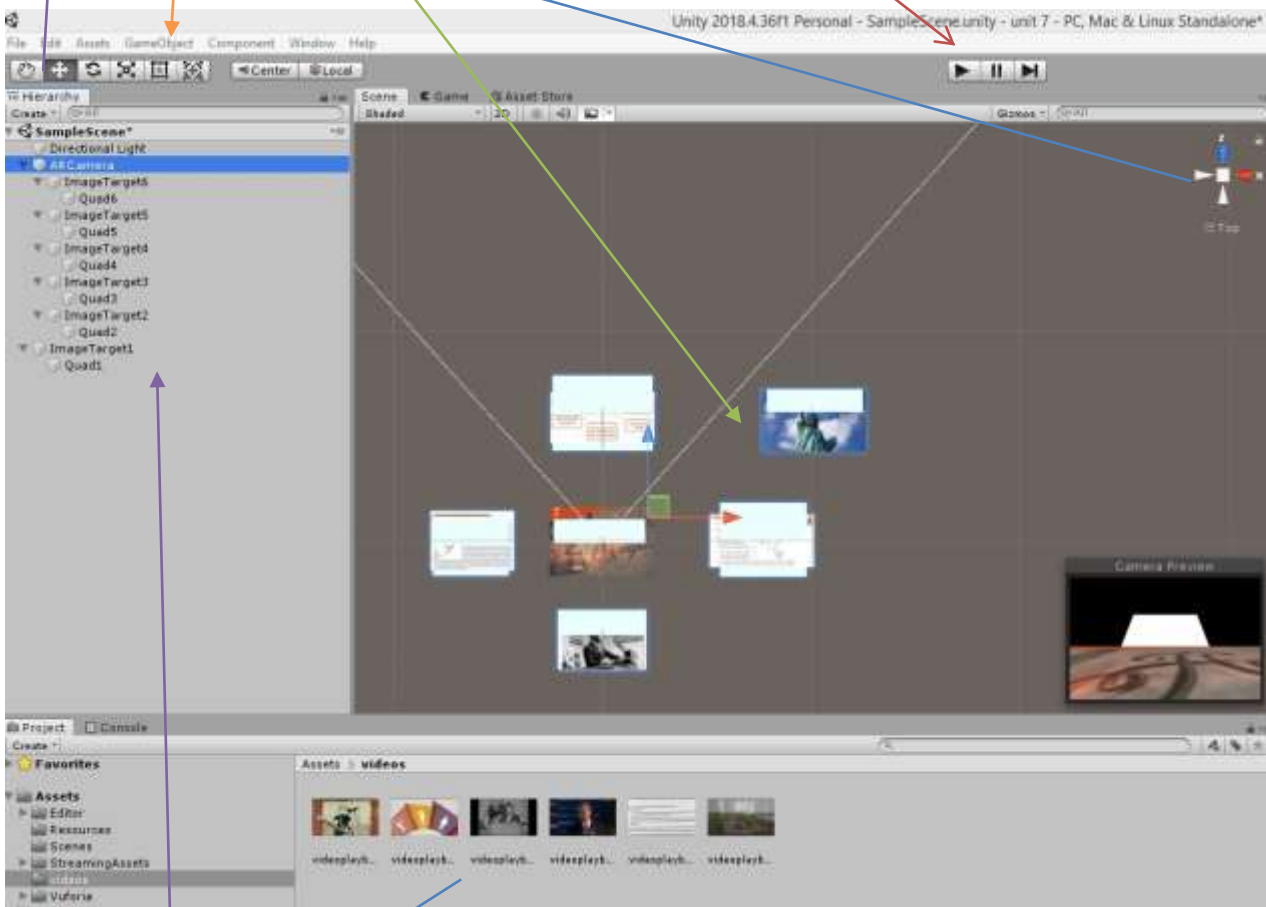
α) με το play ξεκινάει η δοκιμή με την κάμερα του Y/H. Editing γίνεται μόνο σε κατάσταση stop. Μπορείτε να έχετε μερικό preview.

β) με το «χεράκι» επιλέγετε αντικείμενο στην οθόνη ώστε να το μετακινήσετε, με το «βελάκι» περιηγείστε στην οθόνη, με τις διπλανές ενδείξεις αυξομειώνετε τις διαστάσεις των αντικειμένων.

γ) Στο File θα γίνουν οι ενέργειες για την δημιουργία του .apk. Στο GameObject αλλάζουμε κάμερα και προσθέτουμε components, Quad (περισσότερες λεπτομέρειες στην σελίδα 22).

δ) Τα target images φαίνονται ως εικόνες τοποθετημένες στον χώρο. Πάνω τους τοποθετήθηκαν τα Quad που είναι αφηρημένα φυσικά μεγέθη και χρησιμεύουν ως οθόνες προβολής. Τοποθετούνται κάθετα πάνω στα image targets ή υπό γωνία.

ε) ο δείκτης περιστροφής απαιτεί δεξιοτεχνία άρα και εξάσκηση. Είναι απαραίτητος ώστε να είναι σωστά τοποθετημένα τα Quad και τα components που θα προστεθούν σε αυτά.



στ) Το έργο θα στηθεί στο πλαίσιο Scene με προσεχτική ιεράρχηση!

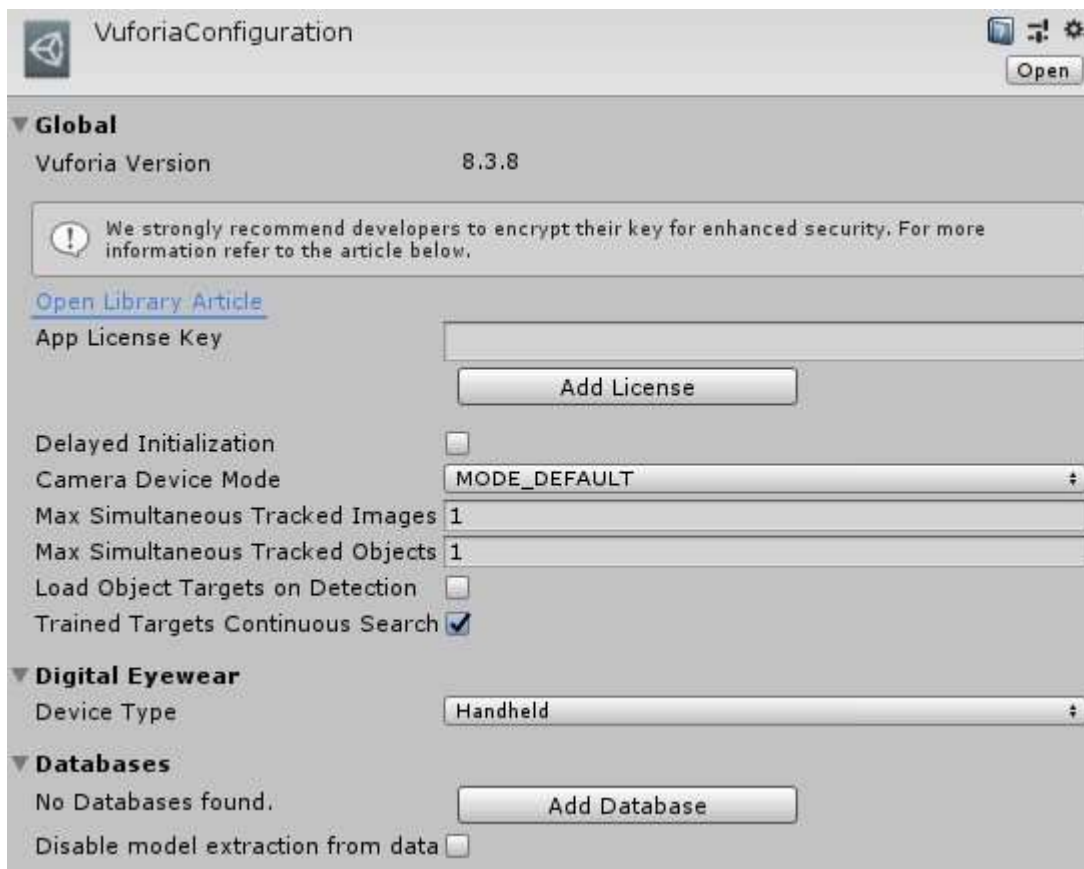
Tip: Αν κάτι ξεφύγει στην ιεράρχηση δεν θα έχει την ορθή και αναμενόμενη συμπεριφορά.

ζ) Στα assets θα περιληφθούν όσα επαυξήσουν τις target images, πχ αρχεία video. Η εισαγωγή γίνεται εύκολα σύροντας το αρχείο από την θέση που βρίσκεται στον υπολογιστή μας.

Πριν ξεκινήσετε την εργασία σε μεγάλη κλίμακα, καλό θα ήταν να μεσολαβήσει ικανός χρόνος εξάσκησης με τους δείκτες μετακίνησης και την γωνία της κάμερας.

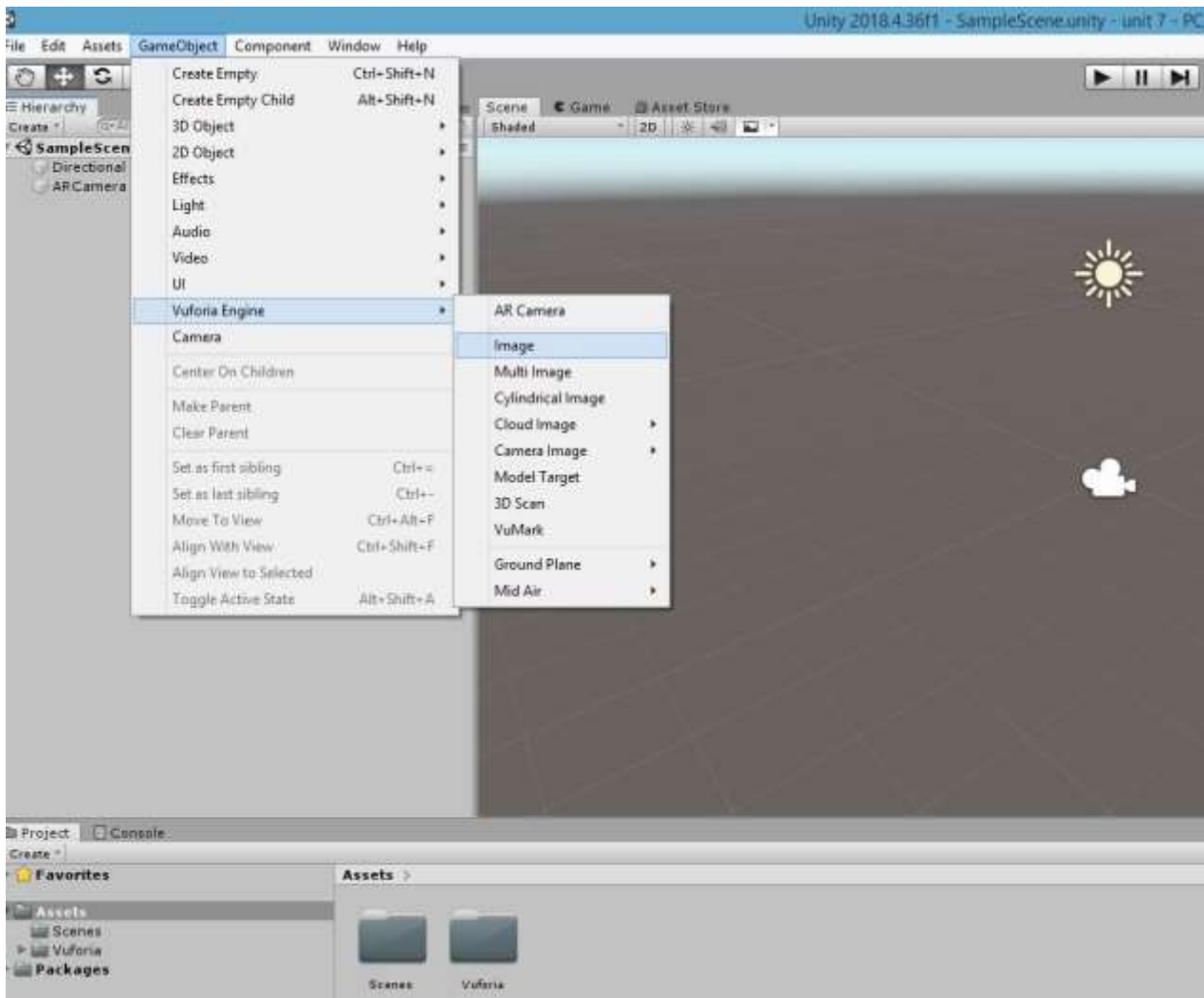
7. Η πρώτη αλλαγή αφορά την κάμερα. Θα πρέπει να αλλάξει σε AR και να κάνουμε delete την default κάμερα. Επιλέγουμε GameObject-Vuforia Engine-AR Camera και κατόπιν επιλέγουμε την default από την ιεραρχία (αριστερό πλαίσιο) και κάνουμε delete.

8. Για να εργαστούμε θα πρέπει να εισάγουμε τις target images που έχουμε αποθηκεύσει στην βάση δεδομένων μας στο Vuforia. Κάνουμε κλικ στο AR Camera στο αριστερό πλαίσιο, και εμφανίζεται στα δεξιά η συμπεριφορά της. Επιλέγουμε Open Vuforia Engine configuration ώστε να εισάγουμε το κλειδί του δημιουργού και την βάση δεδομένων μας. Τα παίρνουμε από το Vuforia. Επικολλούμε το κλειδί (Add Licence key) και προσθέτουμε την βάση δεδομένων. Επιλέγουμε "Add database" οπότε μας μεταφέρει στο περιβάλλον του Vuforia developers' portal.



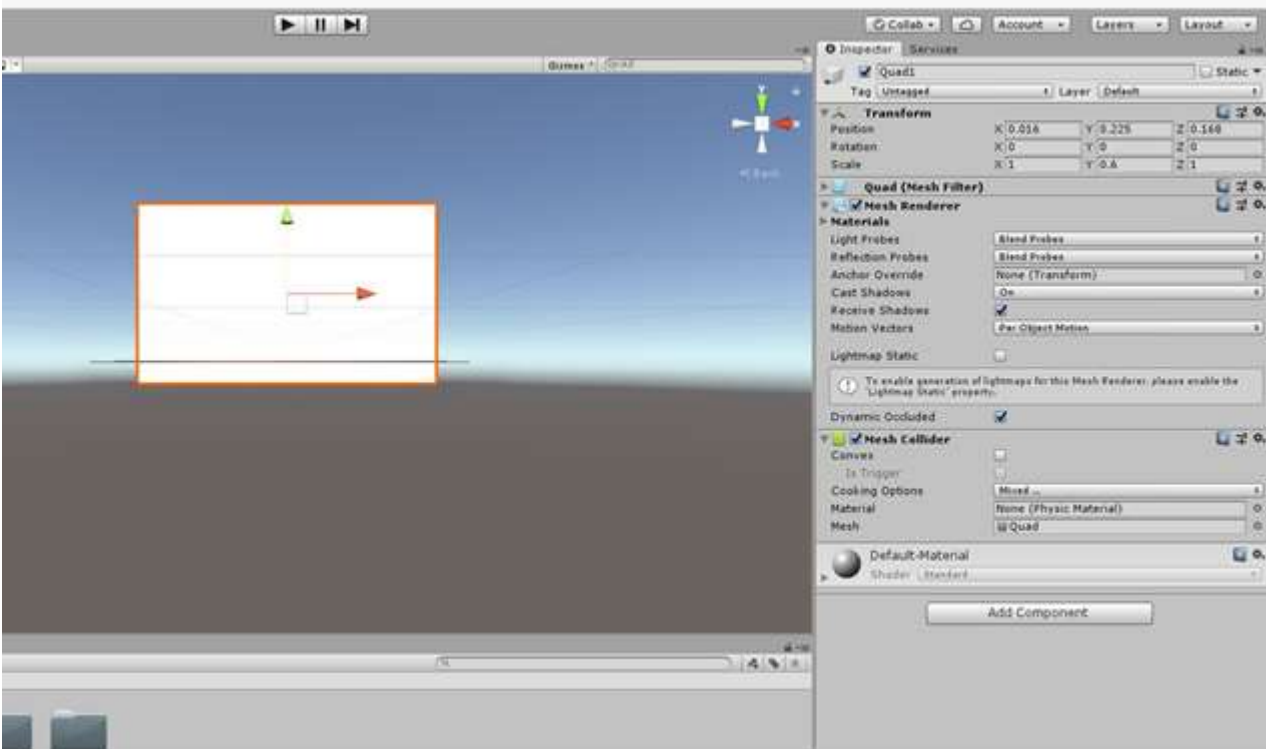
Tip: Αν κατά την διάρκεια της εργασίας διαπιστωθεί πως κάποια εικόνα δεν περιλήφθηκε στην βάση δεδομένων, μπορεί να γίνει μια νέα βάση και να προστεθεί και αυτή στο Unity. Οικονομία χρόνου!

9. Για να βάλουμε τις εικόνες στην οθόνη και να αρχίσουμε την επεξεργασία μας, επιλέγουμε GameObject-Vuforia-Image και κατόπιν αυτή που επιθυμούμε από όσες έχουμε εισάγει με την βάση μας. Καλό είναι να τοποθετηθούν σε κοντινή απόσταση για καλύτερη επεξεργασία. Η επιλογή φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί. Στην ίδια εικόνα φαίνεται και η επιλογή 3D Object από όπου θα επιλέξουμε κατόπιν το φυσικό μέγεθος Quad ως την ρυθμιζόμενη οθόνη προβολής του βίντεο που θα χρησιμοποιήσουμε.



Tip: Η εισαγωγή και τοποθέτηση των target images και Quad απαιτεί δεξιοτεχνία, υπομονή, επιμονή και εξάσκηση. Θα απαιτήσει πολύ χρόνο και δοκιμές ώστε το αποτέλεσμα να είναι αισθητικά καλαίσθητο και λειτουργικό.

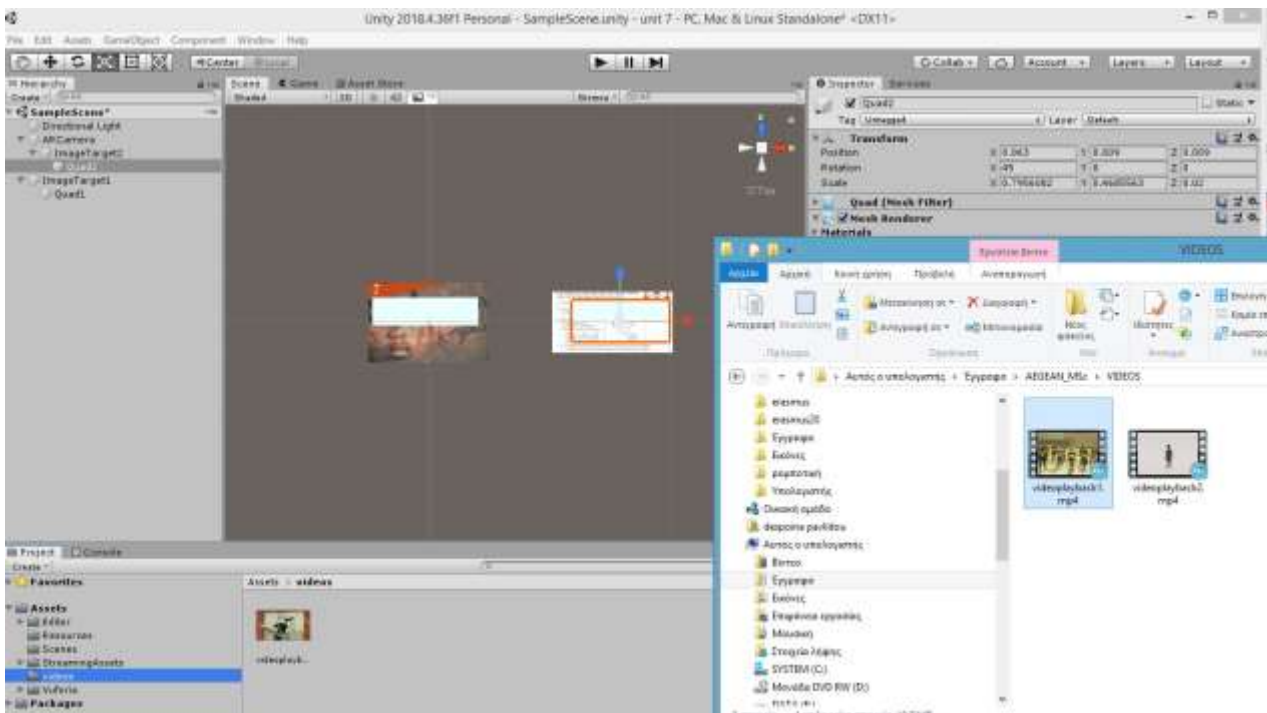
10. Με επιλεγμένο το Quad από το αριστερό πλαίσιο προσθέτουμε component. Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνεται η συμπεριφορά του Quad. Η επιλογή ρυθμίσεων στο position βοηθά στην σωστή τοποθέτηση του αλλά και στην γωνία κλίσης ώστε όταν ο χρήστης βλέπει το target image με την κινητή συσκευή του να προβάλλεται το βίντεο με τέτοιο τρόπο ώστε να μην υπερκαλύπτει την εικόνα ούτε να εμφανίζεται από πίσω της, με δυσανάλογο ύψος και κλίση θέασης. Κάθε φορά που προστίθεται κάτι καλό είναι να γίνονται δοκιμές σε mode play. Θα χρειαστεί να μπει video και Audio. Η ρύθμιση αυτή εγγυάται πως θα λειτουργεί άψογα η εικόνα και ο ήχος. Επιλέγουμε Add Component-Video player όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί. Κατόπιν επιλέγουμε Add Component-Audio Source.



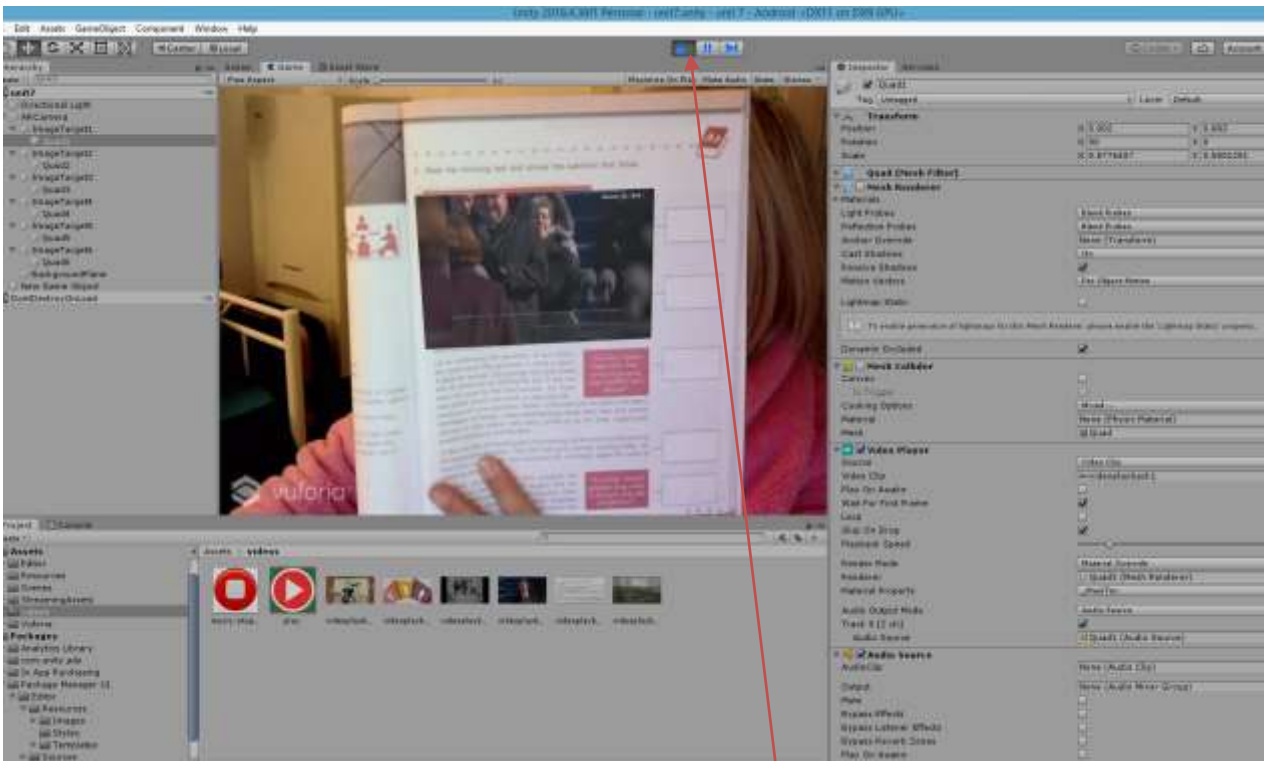
11. Για την εισαγωγή βίντεο στον χώρο των assets και κατόπιν στο component video player μπορούμε να σύρουμε τα επιλεγμένα βίντεο από την σχετική τοποθεσία στον υπολογιστή μας όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί. Όταν ολοκληρωθεί η εισαγωγή, στο component Video Player επιλέγουμε Source-Video Clip και Video Clip το βίντεο που επιθυμούμε από το μενού.

Tip: Επιλέγουμε Wait For First Frame & Skip on Drop μόνο! Ειδάλλως θα παίζει συνέχεια!

Ως Audio Clip επιλέγουμε στην αρχή None αλλά θα απαιτηθεί να βρεθεί το κατάλληλο texture που να επιτρέπει η πηγή ήχου να είναι το Video Clip.



Αν η διαδικασία ολοκληρωθεί με επιτυχία στις δοκιμές θα εμφανιστεί η εικόνα που ακολουθεί



Tip: Παρατηρήστε πως όταν επιλέγεται η λειτουργία Play δεν μπορείτε να κάνετε άλλες ενέργειες. Μόνο σε λειτουργία Stop μπορεί να γίνεται αυτό!

12. Επιλέξτε το Video Clip και στην συμπεριφορά του εκτελέστε transcoding ώστε να παίζει στις περισσότερες συσκευές.

13. Όσα περισσότερα components εισάγετε θα διαπιστώσετε πως τα βίντεο εκκινούν όλα μαζί με την πρώτη επαύξηση. Από default το Unity έτσι είναι ρυθμισμένο. Θα απαιτηθούν προσθήκες στον κώδικά του. Οι προσθήκες θα γίνουν στο DefaultTrackableEventHandler.cs που θα σας ανοίξει σε περιβάλλον Microsoft Visual Studio για να δείτε όλο το script. Αν η αρχική σας ιεράρχηση είναι ορθή ό,τι αλλαγές γίνουν στο script ενός component αυτόματα κληρονομούνται από τους απογόνους. Είναι πολύ σημαντικό να ιεραρχηθούν ορθά όλα τα στοιχεία του έργου σας στο αριστερό πλαίσιο με μορφή γονέα-παιδιού. Σε κάθε άλλη περίπτωση η εφαρμογή δεν θα λειτουργεί όπως αναμένεται. Η προσθήκη κώδικα υπάρχει στις εικόνες που ακολουθούν και είναι:

```
PUBLIC_METHODS
```

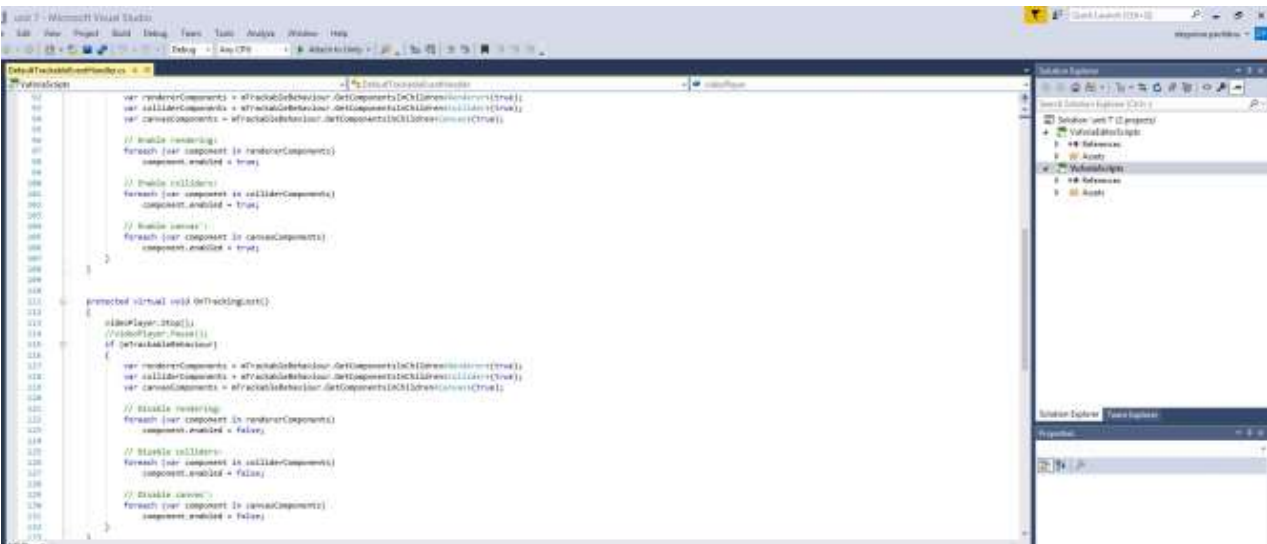
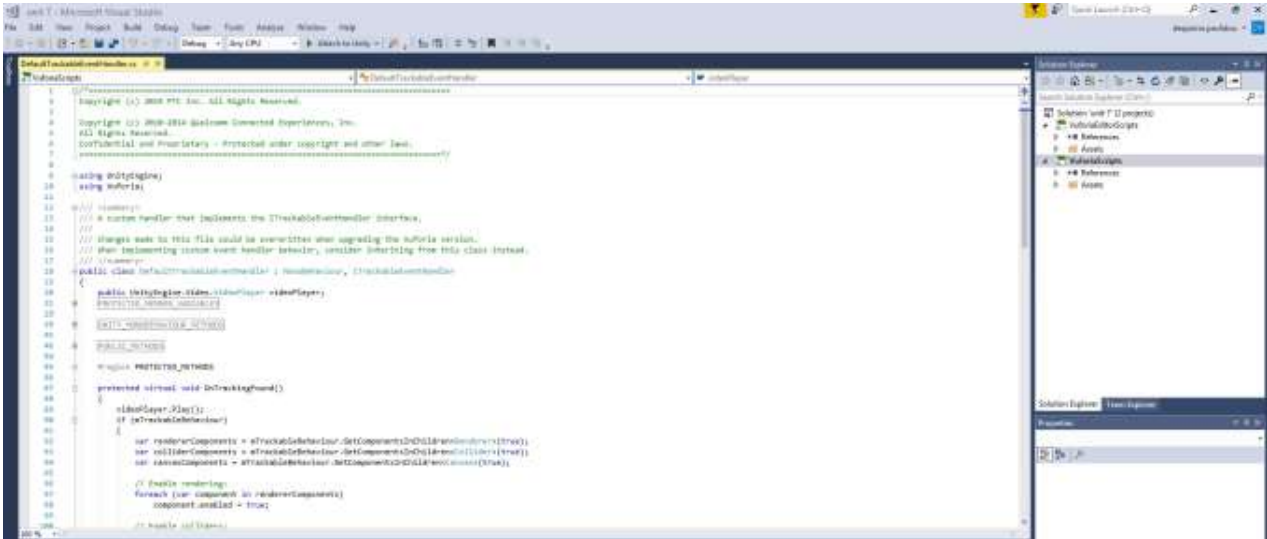
```
#region PROTECTED_METHODS
protected virtual void OnTrackingFound( )
{
    videoPlayer.Play( );
}
```

στην περίπτωση της εφαρμογής das_AR αυτό το κομμάτι προστέθηκε στις γραμμές 46 και 85-89
Εν συνεχεία προστέθηκαν οι ακόλουθες γραμμές μεταξύ των γραμμών 111-114:

```
protected virtual void OnTrackingLost ( )
```

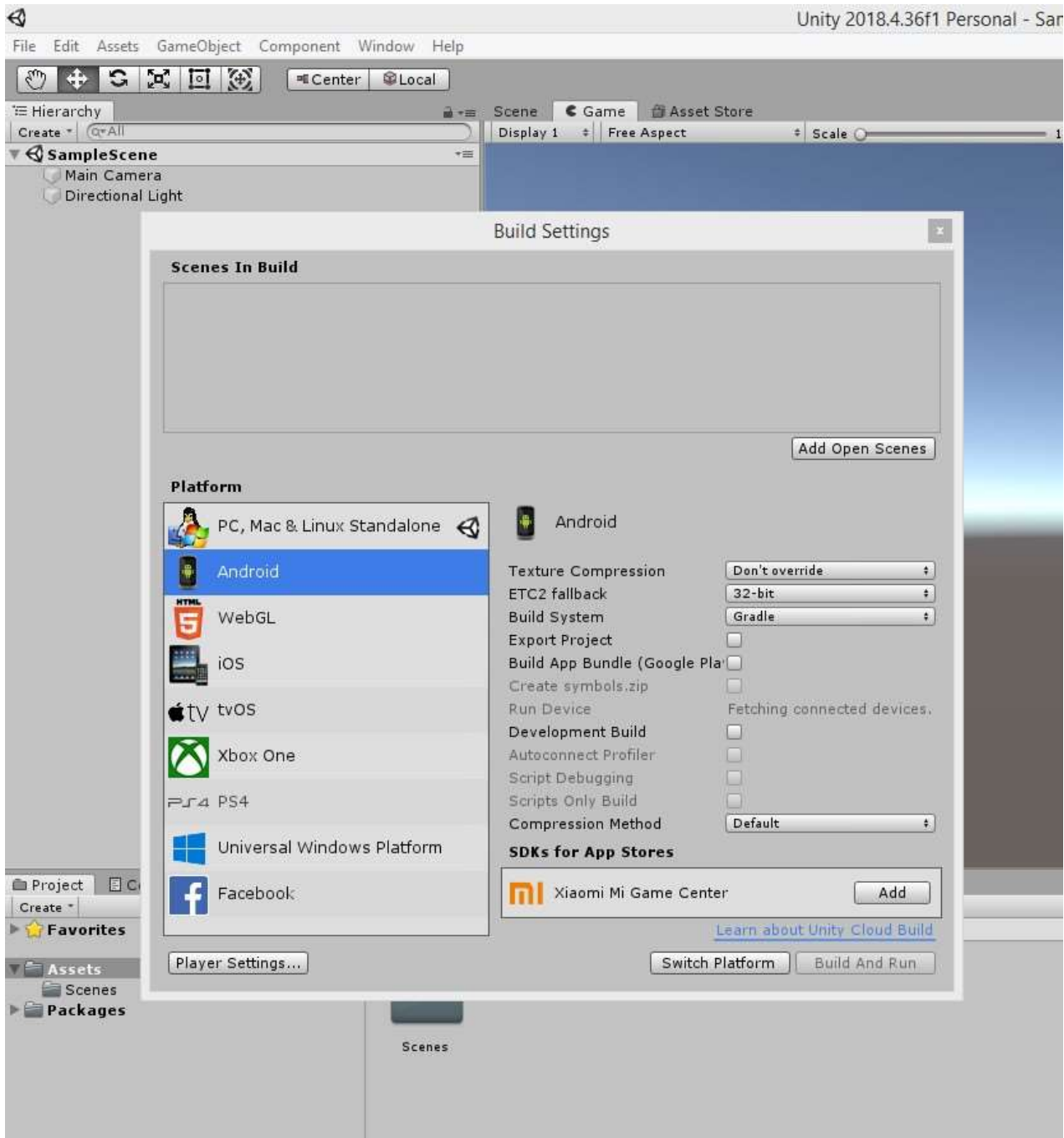


```
{
videoPlayer.Stop ( );
//videoPlayer.Pause ( );
```



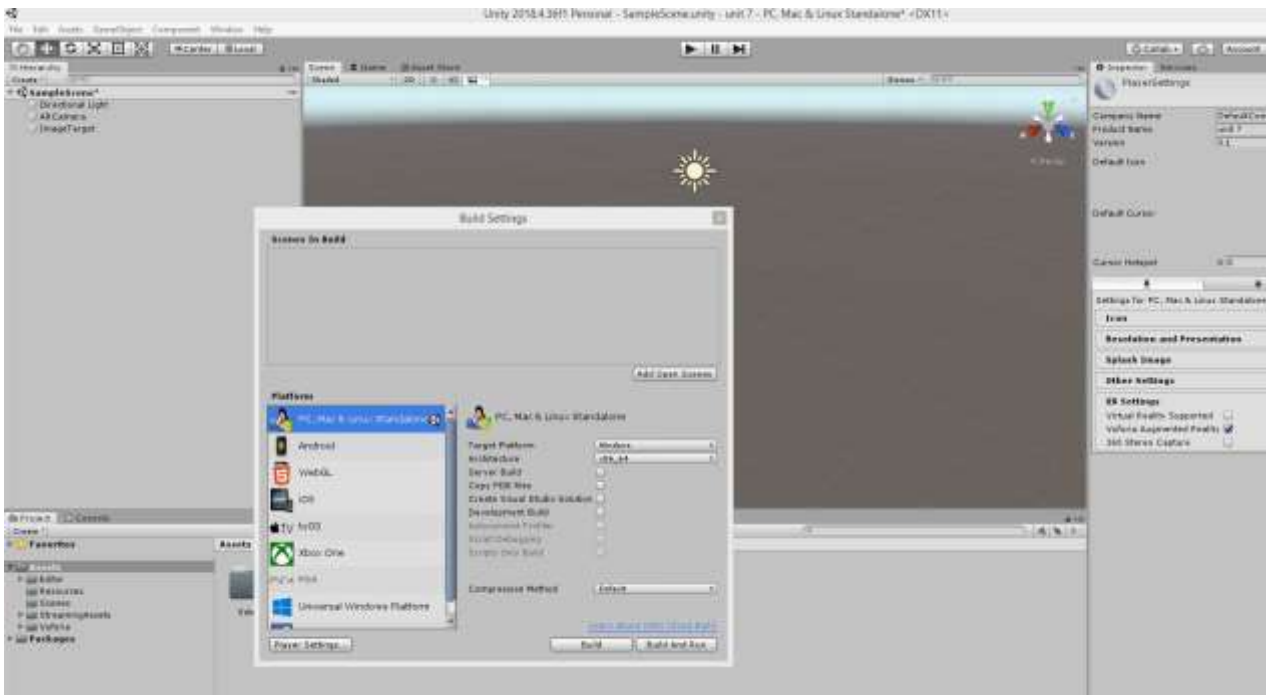
14. Αν όλα λειτουργούν άψογα μπορούμε να προχωρήσουμε στην δημιουργία της εφαρμογής. Θα χρειαστούν τα εξής βήματα:

α) επιλέγουμε File-Build Settings. Θα χρειαστεί να επιλέξουμε το λειτουργικό σύστημα στο οποίο θα λειτουργεί η εφαρμογή μας. Είναι η πρώτη και πιο βασική ρύθμιση. Εδώ πρέπει να αναφερθεί πως ανάλογα με το λειτουργικό σύστημα θα πρέπει να γίνουν και οι αντίστοιχες μετατροπές-προσθήκες στο DefaultTrackableEventHandler . Αν κάποια μετατροπή λειτουργεί σε περιβάλλον Android μπορεί να μην λειτουργήσει σε περιβάλλον iOS για παράδειγμα. Επανελημμένες δοκιμές θα φέρουν το τελικό επιθυμητό αποτέλεσμα. Η κοινότητα των developers στο Unity δίνει συμβουλές αλλά οι νέες εκδόσεις δεν διευκολύνουν πάντα επειδή ο κώδικας μεταβάλλεται και έτσι κάποια συμβουλή ή προσθήκη μπορεί εν τέλει να μην λειτουργήσει σωστά. Τα ανοιχτά λογισμικά είναι πεδίο έρευνας και πειραματισμού!



β) Στην ίδια οθόνη θα γίνουν αλλαγές στο Player Settings. Οι αλλαγές αφορούν την κυκλοφορία της εφαρμογής με λογότυπο και από την εταιρεία του δημιουργού. Αφορούν το είδος της εφαρμογής, την βάση δεδομένων της και επιλογές που αφορούν την καλύτερη λειτουργία της. Οι αλλαγές αυτές θα μπορούσαν να γίνουν και στην αρχή της δημιουργίας της εφαρμογής. Θυμίζω πως αφορούν την επιλογή Build-Switch Platform σε αυτήν την περίπτωση και όχι το Build and Run!

γ) Αν ολοκληρώθηκε η φάση της δημιουργίας και είμαστε έτοιμοι για το λανσάρισμα της εφαρμογής κάνουμε τις απαραίτητες ρυθμίσεις στο δεξιό πλαίσιο όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί. Θα επιλέξουμε το είδος της εφαρμογής XR Settings-Vuforia Augmented Reality



δ) Στο Other Settings να επιλεγούν τα παρακάτω ώστε να περιληφθεί η έκδοση του λειτουργικού συστήματος που επιθυμεί ο δημιουργός έχοντας υπόψη του τους τελικούς χρήστες της εφαρμογής. Θα πρέπει να από-επιλεγεί το Android TV Compatibility ώστε να λειτουργεί με την ανάλυση που έχετε ορίσει. Το μήνυμα αυτό θα σας εμφανίζεται συνέχεια στον compiler με την ένδειξη του κρίσιμου. Μπορείτε να το ρυθμίσετε ανά πάσα στιγμή. Επίσης τα στοιχεία του δημιουργού και της εταιρείας θα πρέπει να ακολουθούν μια συγκεκριμένη μορφή και για αυτό παραθέτω την εικόνα που ακολουθεί.

Splash Image

Other Settings

Rendering

Color Space* Gamma

Auto Graphics API

Multithreaded Rendering*

Static Batching

Dynamic Batching

GPU Skinning*

Graphics Jobs (Experimental)*

Lightmap Streaming Enabled

 Streaming Priority 0

Protect Graphics Memory

Enable Frame Timing Stats

Vulkan Settings

SRGB Write Mode*

Identification

Package Name com.pavlidouD.unit7

Version* 0.1

Bundle Version Code 1

Minimum API Level Android 4.1 'Jelly Bean' (API level 16)

Target API Level Automatic (highest installed)

Configuration

Scripting Runtime Version* .NET 4.x Equivalent

Scripting Backend Mono

Api Compatibility Level* .NET Standard 2.0

C++ Compiler Configuration Release

Mute Other Audio Sources*

Disable HW Statistics*

Target Architectures

 ARMv7

 ARM64

 x86

Split APKs by target architecture

Install Location Prefer External

Internet Access Auto

Write Permission Internal

Filter Touches When Obscured

Sustained Performance Mode

Low Accuracy Location

Android TV Compatibility

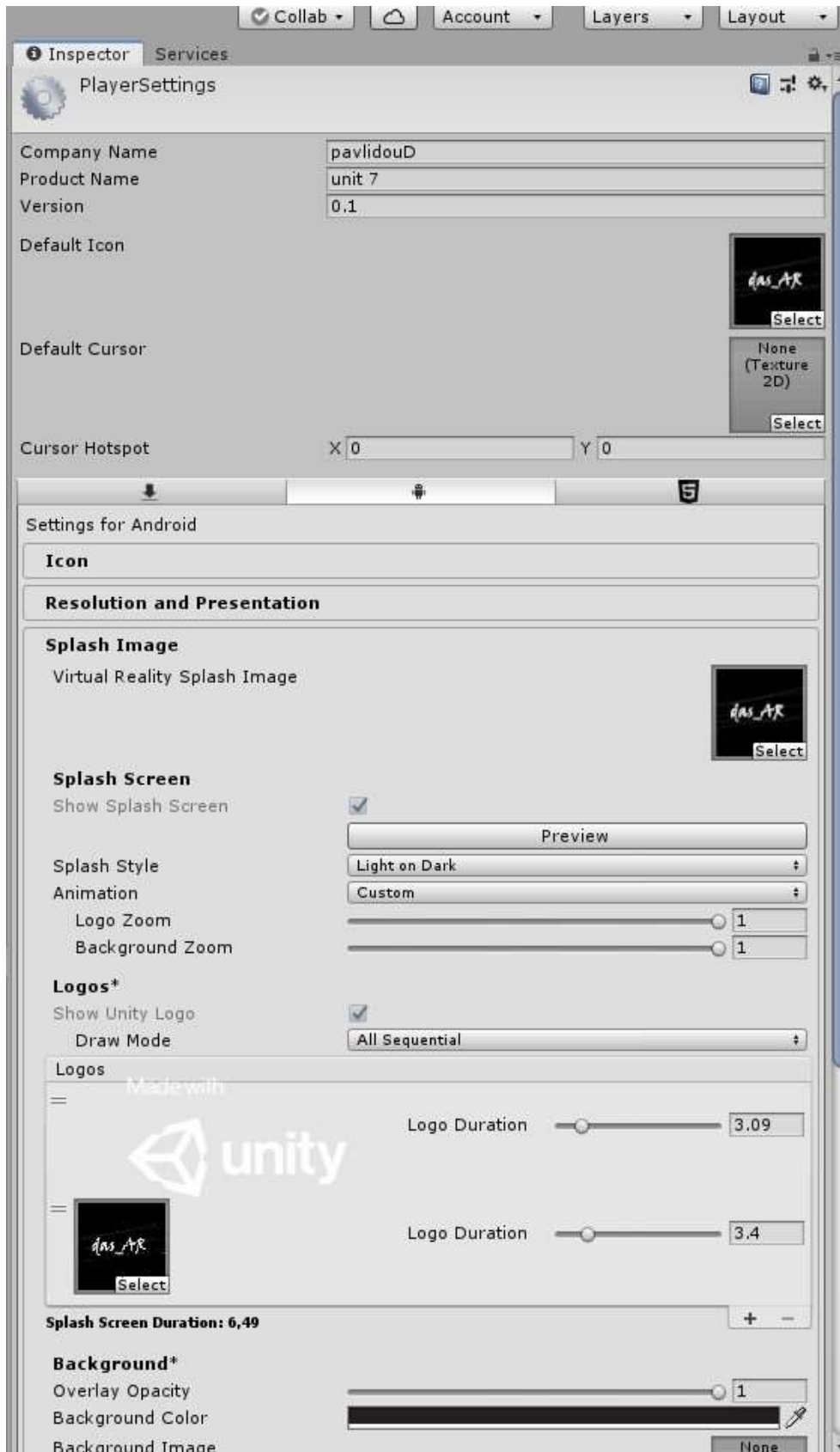
Scripting Define Symbols

Allow 'unsafe' Code

Active Input Handling* Input Manager

Optimization

ε) Οι υπόλοιπες ρυθμίσεις φαίνονται στην εικόνα που ακολουθεί και έχουν να κάνουν με το λογότυπο, την εισαγωγική εικόνα ή βίντεο.



στ) Όταν ολοκληρώσετε τις ρυθμίσεις επιλέγεται Build and Run οπότε το Unity ολοκληρώνει το compiling και την εξαγωγή της εφαρμογής σε αρχείο μορφής .apk το οποίο αποθηκεύεται στον υπολογιστή σας.

Tip: Ισχυρότερα υπολογιστικά συστήματα εργάζονται ταχύτερα σε αυτήν την φάση!