



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΠΑΥΞΗΜΕΝΗΣ
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΩΝ
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ
ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ**

ΓΟΥΜΕΝΑΚΗΣ ΕΠΑΜΕΙΝΩΝΔΑΣ

ΑΜ: 2016010058

Χανιά, Οκτώβριος 2021

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής μου εργασίας κ. Δοϊτσίδα Ελευθέριο για την άψογη συνεργασία στην εκπόνηση της εργασίας.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια και τους φίλους μου για την στήριξη που μου παρείχαν.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ

Τα τελευταία χρόνια η μεθοδολογία **STEM** (Science, Technology, Engineering and Mathematics) και η εκπαιδευτική ρομποτική κερδίζουν σταδιακά έδαφος στα προγράμματα σπουδών των σχολείων όλων των βαθμίδων αλλά και σε εξωσχολικές εκπαιδευτικές δραστηριότητες. Ένα σημαντικό πρόβλημα που έχει παρατηρηθεί είναι η αδυναμία κατανόησης εκ μέρους των μαθητών, βασικών λειτουργιών των εκπαιδευτικών διατάξεων, κυρίως λόγω της έλλειψης εξοικείωσης με τις σχετικές διατάξεις. Παράλληλα, το σχετικά αυξημένο κόστος τους, σε συνδυασμό με τον περιορισμένο διδακτικό χρόνο, καθιστά απαγορευτική την κτήση ικανού αριθμού διατάξεων που θα καλύπτει το σύνολο των εκπαιδευόμενων. Καθίσταται αναγκαία η ύπαρξη ενός συμπληρωματικού εργαλείου που θα μπορεί να απαντήσει στις παραπάνω προκλήσεις.

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, αναπτύχθηκε ως συμπληρωματικό εργαλείο μιας υπάρχουσας διάταξης STEM, μια εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας. Η εφαρμογή επιτρέπει στους μαθητές αλλά και στους εκπαιδευτές να αλληλοεπιδράσουν με εικονικά μοντέλα των υπαρχόντων συσκευών, να μάθουν πληροφορίες για αυτά, έχοντας παράλληλα τη δυνατότητα να τα τοποθετήσουν στον πραγματικό κόσμο. Μέσω της παραπάνω διαδικασίας, οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να περιεργαστούν με έναν εύκολο και κατανοητό τρόπο τις εκπαιδευτικές διατάξεις και να μειώσουν το χρόνο που χρειάζεται να αποκτήσουν τις σχετικές δεξιότητες ώστε να υλοποιήσουν μαθησιακά σενάρια που σχετίζονται με την εκπαιδευτική ρομποτική. Παράλληλα η ύπαρξη των ψηφιακών μοντέλων μειώνει την ανάγκη για μεγάλο πλήθος σχετικών διατάξεων, καθώς ένα μεγάλο μέρος της σχετικής προεργασίας θα μπορεί να γίνει στον εικονικό κόσμο. Η σχετική εφαρμογή αναπτύχθηκε σε περιβάλλον Android.

SUMMARY

During the last years, mainly due to the advancement of the computers and the significant cost reduction of the related technologies, STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) and educational robotics have gained a lot of attention and became a significant asset in the overall education process of K-12 education. There are several problems in the learning process, mainly related with the lack of practice to the actual devices. This is connected with the high acquisition cost and the limited time frame of the actual education process.

In the context of this work, we will develop an Augmented Reality (AR) application, which will enhance the educational process. This will be achieved, by allowing students and the educators to interact with the digital models of the actual devices, learn information about them and eventually “place” them in the real world. At the same time it will cope with the lack of actual devices and will allow all students, to acquire significant dexterities before actually interacting with the real prototypes. The related software will be developed for Android.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	7
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
1.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	7
1.2 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	9
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ	9
2.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟ STEM.....	9
2.2 ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ.....	10
2.3 ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΕΣ.....	11
2.3.1 ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΕΣ STEM.....	11
2.4 ΕΠΑΥΞΗΜΕΝΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ	14
2.4.1 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΠΑΥΞΗΜΕΝΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ.....	16
2.4.2 Η ΕΠΑΥΞΗΜΕΝΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	23
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	23
3.2 ΔΟΜΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΗ UNITY	23
3.2.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ	24
3.2.2 ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ (MESH)	25
3.2.3 ΣΚΛΗΡΟ ΣΩΜΑ (RIGIDBODY).....	25
3.2.10 ΚΙΝΟΥΜΕΝΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ (ANIMATOR – ANIMATION).....	26
3.2.4 COLLIDER.....	27
3.2.5 ΥΛΙΚΑ (MATERIALS)	27
3.2.6 CAMERA AND DIRECTIONAL LIGHT	27
3.2.7 SCRIPTS.....	28
3.2.8 ΔΙΕΠΑΦΗ ΧΡΗΣΤΗ (UI – USER INTERFACE).....	29
3.2.9 PREFABS	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	31
ΕΦΑΡΜΟΓΗ / ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ	31
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	31

4.2 ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ HYDRA	33
4.2.1 ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ	33
4.2.2 ΑΡΘΡΩΜΑΤΑ ΕΞΟΔΟΥ (OUTPUT MODULES)	35
4.2.3 ΑΡΘΡΩΜΑΤΑ ΕΙΣΟΔΟΥ (INPUT MODULES)	38
4.3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΣΤΟΧΟΥ	39
4.39 ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ ΣΤΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΚΑΙ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	42
4.4 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ	48
4.5 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ.....	51
4.6 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΜΕΓΕΘΥΝΣΗΣ/ΣΜΙΚΡΥΝΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ	52
4.6.1 ΜΕΓΕΝΘΥΝΣΗ / ΣΜΙΚΡΥΝΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ.....	52
4.6.2 ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ	54
4.7 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ / ΑΠΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ....	55
4.7.1 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΗΧΩΝ ΠΛΗΚΤΡΩΝ	56
4.8 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΚΛΕΙΣΙΜΑΤΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΚΑΙ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΚΗΝΗΣ.....	56
4.8.1 ΚΛΕΙΣΙΜΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	56
4.8.2 ΑΛΛΑΓΗ ΣΚΗΝΗΣ.....	57
4.9 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΧΡΟΝΟΜΕΤΡΟΥ	58
4.10 ΚΙΝΟΥΜΕΝΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ (ANIMATOR – ANIMATION).....	58
4.11 ANDROID STUDIO.....	59
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	63
ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	63
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	63
5.2 ΕΙΣΟΔΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ.....	64
5.3 ΣΚΗΝΗ 1: ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ	65
5.4 ΣΚΗΝΗ 2: ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ	68
5.5 ΣΚΗΝΗ 3: ΠΡΟΚΑΘΟΡΙΣΜΕΝΗ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ...	69
5.5.1 ΡΟΜΠΟΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	70

5.6 Ρυθμίσεις εφαρμογής	79
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	81
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ/ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ.....	81
6.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	81
6.2 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ	82
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	83
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	86
Παράρτημα 1	86
Παράρτημα 2.....	89

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η ψηφιοποίηση που χαρακτηρίζει τη σημερινή εποχή μεταβάλλει τον κόσμο γύρω μας και το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση της εκπαίδευσης. Τα τελευταία χρόνια η επαυξημένη πραγματικότητα εισχωρεί όλο και περισσότερο στη ζωή μας λόγω της ευκολίας που προσφέρει η χρήση της σε κλάδους όπως η εκπαίδευση, ιατρική, διαφήμιση κ.ά. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η δημιουργία εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας προκειμένου να χρησιμοποιηθεί συμπληρωματικά με μια ήδη υπάρχουσα πλατφόρμα **STEM** (Science, Technology, Engineering, Mathematics), και να επικουρήσει την εκπαιδευτική διαδικασία που πραγματοποιείται με την χρήση πραγματικών συσκευών. Με τη προσέγγιση STEM επικεντρωνόμαστε στην μαθητοκεντρική μάθηση μέσω της συνεχής αλληλεπίδρασης με το αντίστοιχο εκπαιδευτικό αντικείμενο. Με τη παρούσα προσέγγιση, ο χρήστης θα έχει τη δυνατότητα να επεξεργαστεί και να αλληλοεπιδράσει με τις πραγματικές συσκευές, σε εικονικό περιβάλλον. Παράλληλα θα έχει τη δυνατότητα να παρακολουθήσει αναλυτικές οδηγίες για τη δημιουργία λειτουργικών πρωτοτύπων. Η συγκεκριμένη εφαρμογή παρέχει αυξημένες δυνατότητες και στους εκπαιδευτές, ώστε να μπορούν να καθοδηγήσουν με επιτυχία τη μαθησιακή διαδικασία. Η εφαρμογή υλοποιήθηκε εξολοκλήρου στο περιβάλλον της Unity 2019.4.20f1 μαζί με την επέκταση Vuforia Engine.

1.2 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα εργασία αποτελείται από 6 κεφάλαια στα οποία αναλύεται πλήρως το αντίστοιχο αντικείμενο.

Στο 1^ο κεφάλαιο αναφέρεται το αντικείμενο της εργασίας, ο σκοπός της και η δομή της. Στο κεφάλαιο 2 γίνεται ανάλυση του όρου STEM, παρουσιάζεται η εκπαιδευτική ρομποτική, ο ορισμός της, οι δυνατότητές της και αναφέρονται ενδεικτικές πλατφόρμες που την αφορούν. Τέλος, γίνεται αναφορά στον ορισμό της επαυξημένης πραγματικότητας.

Στο κεφάλαιο 3 γίνεται αναφορά στη μηχανή γραφικών Unity, το βασικό εργαλείο ανάπτυξης που χρησιμοποιήθηκε, και αναλύονται οι λειτουργίες και τα χαρακτηριστικά της. Στο κεφάλαιο 4 αναλύεται η δομή και τα χαρακτηριστικά των πραγματικών συσκευών, καθώς και ο τρόπος χρήσης τους. Παρουσιάζεται ο τρόπος ανάπτυξης των ψηφιοποιημένων αντιγράφων σε περιβάλλον Unity, περιγράφεται η βάση δεδομένων και τα τρισδιάστατα αντικείμενα και ο τρόπος υλοποίησης της εφαρμογής. Στο κεφάλαιο 5 αναλύεται η εμφάνιση της εφαρμογής, το περιβάλλον διεπαφής και τρόπος με τον οποίο ο χρήστης αλληλοεπιδρά και την χρησιμοποιεί. Στο κεφάλαιο 6 και τελευταίο αναφέρονται οι μελλοντικές επεκτάσεις της εφαρμογής και τρόποι βελτίωσής της.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟ STEM

Ο όρος **STEM** (Science, Technology, Engineering, Mathematics) δημιουργήθηκε από την ανάγκη καλύτερης προσέγγισης των μαθηματικών, των επιστημών και της τεχνολογίας από μια διεπιστημονική προσέγγιση. Τη δεκαετία του '90 επιχειρήθηκε το εγχείρημα πρώτη φορά από το National Science Foundation (NSF), στις Η. Π. Α, με τον όρο **SMET** (Science, Mathematics, Engineering, Technology). Ο στόχος του ήταν η εμβάθυνση και πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση των επιμέρους όρων που αποτελείται (Επιστήμη, Μαθηματικά, Μηχανική, Τεχνολογία). Ο όρος αυτός χρησιμοποιήθηκε επίσης και στην αναφορά προγραμμάτων σπουδών που ενσωμάτωναν αυτές τις έννοιες. Λίγα χρόνια αργότερα το 2001, το ακρωνύμιο **SMET** αντικαταστάθηκε από το **STEM** (Science, Technology, Engineering, Mathematics) από την αμερικανίδα βιολόγο Judith A. Ramley [1].

Στην εκπαίδευση ο όρος **STEM** αντικαταστάθηκε από τον όρο **STEM education**. Ο πρώτος ορισμός που δόθηκε αφορούσε τη διδασκαλία και τη μάθηση στους τομείς της επιστήμης, τεχνολογίας, μηχανικής και μαθηματικών. Συνδυάζει δραστηριότητες σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης εντός ή εκτός σχολείου. Από την προσχολική ηλικία μέχρι τη μεταδιδακτορική εκπαίδευση [1]. Η **STEM education** χαρακτηρίζεται ως μια ολοκληρωμένη προσέγγιση του προγράμματος σπουδών και διδασκαλίας. Είναι ένα μαθησιακό περιβάλλον στο οποίο μαθητές και φοιτητές καινοτομούν, συνεργάζονται, εφευρίσκουν και επιλύουν προβλήματα [2].

Τα οφέλη για τους διδασκόμενους είναι πολλαπλά. Μέσω της εκπαίδευσης **STEM** θα μπορούν να γίνουν:

- 1) **Ικανοί λύτες προβλημάτων.** Θα είναι σε θέση να αναγνωρίσουν τα χαρακτηριστικά ενός προβλήματος, να εστιάσουν σε αυτό και με την κατάλληλη μεθοδολογία να το επιλύσουν.
- 2) **Καινοτόμοι.** Θα χρησιμοποιούν τις γνώσεις τους δημιουργικά για να αναπτύξουν και να σχεδιάσουν το εκάστοτε πρόβλημα.

- 3) **Αυτοδύναμοι.** Θα μπορούν να παίρνουν πρωτοβουλίες για να επιτύχουν το στόχο τους.
- 4) **Λογικοί στοχαστές.** Θα έχουν την ικανότητα να εφαρμόζουν μια σειρά από λογικές διαδικασίες σκέψης που αφορούν την επιστήμη, τη μηχανική και τα μαθηματικά.

Ένας ακόμη όρος που χρησιμοποιείται είναι το **STEAM** που προκύπτει από τη σύνθεση του STEM με τη λέξη ARTS (τέχνες). Με τη συγκεκριμένη προσέγγιση ο όρος STEM εμπλουτίζεται και από χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τις τέχνες. Οι τέχνες αυτές μπορεί να είναι η μουσική, το θέατρο, ο χορός, σχέδιο κ.ά. Ενθαρρύνεται με αυτόν τον τρόπο περαιτέρω η φαντασία, η δημιουργικότητα και η συνεργασία [3].

2.2 ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ

Η STEM education συνδέεται άμεσα με την εκπαιδευτική ρομποτική. Ο καθηγητής του MIT Seymour Papert ανέπτυξε τη θεωρία του εποικοδομητισμού (constructionism learning theory) [4], προερχόμενη από τη θεωρία του κονστρουκτουισμού (constructivism theory) του Jean Piaget. Σε αυτή υποστηρίζεται ότι η εκπαίδευση - μάθηση βελτιώνεται με την έμπρακτη συμμετοχή των παιδιών (με τη χρήση π.χ. κατασκευών). Η θεωρία υιοθετεί μια σύγχρονη αντίληψη για την εκπαίδευση, δηλαδή ο μαθητής βρίσκεται στο κέντρο του μαθήματος (μαθητοκεντρική). Αυτό αντικρούει τις συμβατικές μορφές διδασκαλίας στις οποίες βρίσκεται στο επίκεντρο ο δάσκαλος (δασκαλοκεντρική). Στηρίζεται στις κεκτημένες γνώσεις των παιδιών, με σκοπό να τις αξιοποιήσουν, να αναζητήσουν και να τις εμπλουτίσουν με περαιτέρω γνώσεις. Οι μαθητές συμμετέχουν περισσότερο σε εργασίες με σκοπό την ομαδική συνεργασία και επικοινωνία μεταξύ των μελών της ομάδας. Ο καθηγητής έχει το ρόλο του επιβλέποντα και παροτρύνει ή βοηθάει τους μαθητές όποτε είναι αναγκαίο. Η εκπαιδευτική ρομποτική είναι το κατάλληλο παράδειγμα εφαρμογής αυτής της θεωρίας και βοηθά στην επίτευξη μιας σειράς στόχων. Συγκεκριμένα:

- Συνδυάζει το παιχνίδι με τη μάθηση. Έτσι η μάθηση μετατρέπεται σε κάτι διασκεδαστικό και ελκυστικό για τα παιδιά.
- Εντείνει το ενδιαφέρον για την έρευνα. Οι μαθητές έχουν την δυνατότητα να δοκιμάσουν τις δικές τους ιδέες και να καινοτομήσουν.
- Παρέχει κίνητρο στους μαθητές να ασχοληθούν περαιτέρω με την επιστήμη και την τεχνολογία.
- Εφαρμόζει τις γνώσεις των μαθηματικών στην πράξη, αναδεικνύοντας την σημαντικότητα της κατανόησης της γνώσης και όχι της αποστήθισης.
- Υποστηρίζει την ομαδικότητα και την συνεργασία μεταξύ της ομάδας.
- Διευρύνει τον ορίζοντα της ελεύθερης έκφρασης και της δημιουργικότητας [5].

- Αυτοεκτίμηση. Με την επιτυχία σε κάποιο project βελτιώνει την αυτοεκτίμηση των μαθητών.
- Αυτό-αξιολόγηση. Με την ικανότητα να βλέπεις αμέσως τα αποτελέσματα των πράξεων-ενεργειών, μπορεί κανείς να αυτοαξιολογείται χωρίς να χρειάζεται την επίβλεψη ενήλικα [6].

Στον Πίνακα 2.1 αναλύεται η συμβατική μάθηση σε σχέση με τις σύγχρονες προσεγγίσεις. Η εκπαιδευτική ρομποτική αποτελεί ένα ιδανικό εργαλείο για την εφαρμογή σύγχρονων μαθησιακών προσεγγίσεων.

Συμβατική μάθηση	Σύγχρονη μάθηση
Η γνώση δίδεται έτοιμη στον μαθητή	Η γνώση κατακτάται από τον μαθητή
Η γνώση είναι μια μοναχική πορεία	Η γνώση έχει κοινωνικό και επικοινωνιακό χαρακτήρα
Έχει χαρακτήρα μονοδιάστατης εκπαίδευσης	Έχει χαρακτήρα πολυδιάστατης εκπαίδευσης
Η γνώση παρέχεται μόνο από τον καθηγητή και το βιβλίο	Η γνώση παρέχεται από πολλές και διαφορετικές πηγές

Πίνακας 2.1 Βασικές διαφορές μεταξύ της συμβατικής και σύγχρονων προσεγγίσεων μάθησης [5]

2.3 ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΕΣ

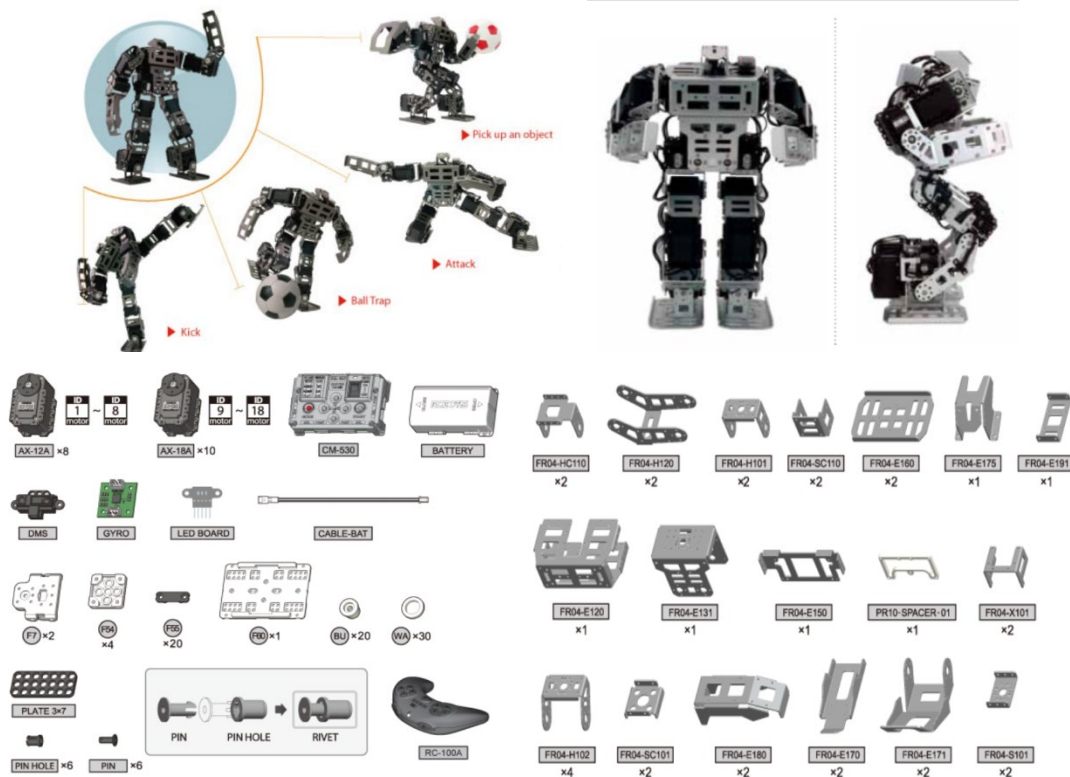
2.3.1 ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΕΣ STEM

Οι πλατφόρμες STEM που έχουν αναπτυχθεί είναι αρκετές και εξυπηρετούν μια σειρά μαθησιακών στόχων. Υπάρχουν πλατφόρμες που ενσωματώνουν διαφορετικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τη μηχανική, τον προγραμματισμό, των προγραμματισμό κ.α. Στη συνέχεια παρουσιάζονται κάποιες ενδεικτικές περιπτώσεις.

Πλατφόρμα μηχανικής. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να κατασκευάσει και να συναρμολογήσει τις ρομποτικές κατασκευές όπως επιθυμεί ή να ακολουθήσει τις οδηγίες. Συνδυάζονται με προγραμματισμό για να εκτελέσει τις κατάλληλες λειτουργίες που απαιτείται σε κάθε περίπτωση.

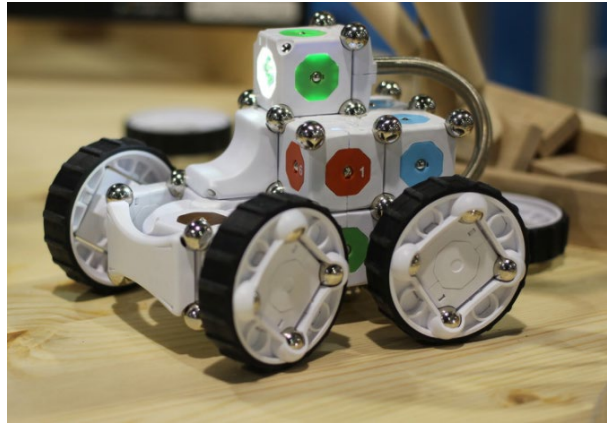
Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι πλατφόρμες LEGO. Είναι από τις π'όν διαδεδομένες και δημοφιλείς επιλογές στην εκπαιδευτική ρομποτική. Η καλή ποιότητα των υλικών, ο συνδυασμός με τα παραδοσιακά LEGO και η δυνατότητα προγραμματισμού, τα καθιστούν την κατάλληλη επιλογή για την εκπαιδευτική ρομποτική. Μπορούν να καλύψουν όλες τις εκπαιδευτικές βαθμίδες, από το Νηπιαγωγείο

μέχρι και το τέλος της υποχρεωτικής εκπαίδευσης [10]. Πλατφόρμες όπως Lego education για παιδιά προσχολικής ηλικίας, LEGO education για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση, Lego education STEM, Lego education WeDo 2.0, Lego education BricQ Motion, Lego education Spike, Lego education MindStorms EV3. Μια άλλη προσέγγιση που παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.1 είναι το Robotis Humanoid Robot.



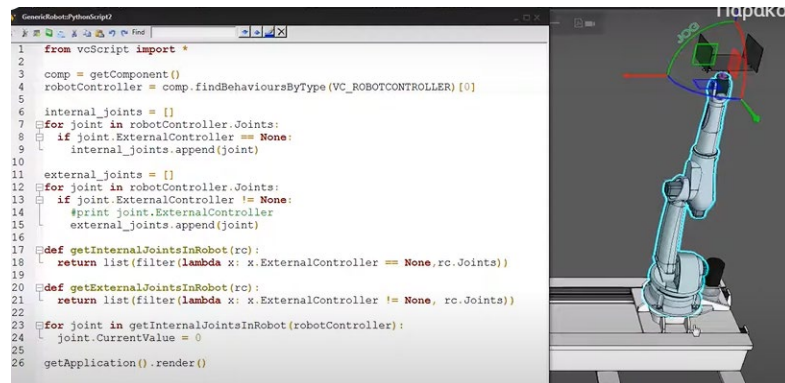
Εικόνα 2.1 Robotis Humanoid Robot [7]

Πλατφόρμα προγραμματισμού. Σε αυτές τις πλατφόρμες εντάσσονται συχνά οδηγούμενες ρομποτικές κατασκευές και κατασκευές που περιέχουν αισθητήρες. Με τη χρήση του προγραμματισμού ο εκπαιδευόμενος μπορεί να αξιοποιήσει τους αισθητήρες για να εκτελέσουν διαφορετικές λειτουργίες σε κάθε περίπτωση. Συνηθίζεται ο συγκερασμός παραπάνω από έναν αισθητήρα για τη βελτιστοποίηση του αποτελέσματος. Μια ενδεικτική πλατφόρμα αυτής της προσέγγισης είναι το mBot που παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.2



Εικόνα 2.2 Η πλατφόρμα mBot [8]

Πλατφόρμες κειμένων. Εδώ εντάσσονται γλώσσες προγραμματισμού όπως Python, Matlab κ.ά. Έχουν μια πληθώρα χρήσεων και σύνδεσης με άλλες πλατφόρμες όπως Lego. Ακόμα μπορεί να χρησιμοποιηθούν για τον προγραμματισμό βραχιόνων.



Εικόνα 2.3 Περιβάλλον προγραμματισμού σε Python [9]

Εργαλεία Οπτικού Προγραμματισμού. Σε αυτή την κατηγορία ανήκει το scratch. Αποτελεί ένα εργαλείο οπτικού προγραμματισμού στο οποίο ο εκπαιδευόμενος μπορεί με εύκολο και προσωπικό τρόπο να δημιουργήσει διαδραστικό περιεχόμενο (μουσική, χορό, παιχνίδια) και να ελέγχει με εύκολο τρόπο τις δημιουργίες του. Υπάρχει η δυνατότητα προσθήκης του εκάστοτε περιεχομένου στο διαδίκτυο μαζί με τα υπόλοιπα παιχνίδια. Αυτό δίνει τη δυνατότητα να εμπνεύσει τον εκπαιδευόμενο παρατηρώντας άλλα προγράμματα και να τον ενθαρρύνει να δημιουργεί νέα [11].



Εικόνα 2.4 Scratch [11]

Άλλο παράδειγμα σε αυτή την κατηγορία ανήκει το Ardublockly το οποίο είναι βασισμένο στο Google blockly. Σε αυτό με τη σύνδεση των blocks δημιουργείται αυτόματα ο κώδικας για το Arduino που απαιτείται [31]. Ο προγραμματισμός των αρθρωμάτων γίνεται εύκολος και κατανοητός για τις μικρές ηλικίες.



Εικόνα 2.5 Παράδειγμα χρήσης αρθρώματος με ποτενσιόμετρο [26]

2.4 ΕΠΑΥΞΗΜΕΝΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ

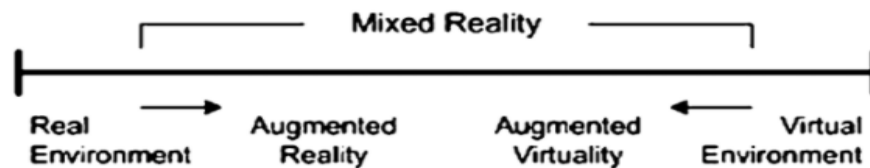
Η επαυξημένη πραγματικότητα (**Augmented Reality – AR**) είναι μια παραλλαγή της εικονικής πραγματικότητας (**Virtual Reality – VR**). Σε αντίθεση με το VR όπου ο χρήστης δεν μπορεί να δει τον πραγματικό κόσμο γύρω του, στην επαυξημένη πραγματικότητα παρέχεται αυτή η δυνατότητα. *Εμπλουτίζει τον πραγματικό κόσμο* προσθέτοντας ψηφιακά μοντέλα, κείμενα, ήχο, βίντεο κ.ά., τα οποία μπορούν να εμφανιστούν στην εικόνα σαν τμήμα του πραγματικού κόσμου χρησιμοποιώντας μια κάμερα. Ιδανικά φαίνεται στο χρήστη ότι πραγματικά και ψηφιακά αντικείμενα συνυπάρχουν στον ίδιο χώρο. Υπό αυτό το πρίσμα το AR προσθέτει κάτι ψηφιακό στον πραγματικό κόσμο και από αυτό το χαρακτηριστικό προκύπτει και το όνομα επαυξημένη πραγματικότητα. Για να χαρακτηριστεί μια εφαρμογή ως AR πρέπει να πληρεί τρία χαρακτηριστικά.

1. Να συνδυάζει τον ψηφιακό και τον πραγματικό κόσμο
2. Να υπάρχει αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο
3. Να αφορά και τις τρεις διαστάσεις.

Για παράδειγμα η ταινία Jurassic Park συνδυάζει τον ψηφιακό με τον πραγματικό κόσμο και χρησιμοποιεί ένα τρισδιάστατο περιβάλλον για προβολή, αλλά δεν υπάρχει αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο.

Το AR δημιουργήθηκε στα μέσα του 20^{ου} αιώνα (1968) από τον Ivan Sutherland, ενώ το 1974 ο Myron Krueger δημιούργησε ένα σύστημα από προβολείς και κάμερας για την εμφάνιση του AR σε οθόνη υπολογιστή [23]. Εδραιώθηκε περισσότερο τον 21^ο αιώνα όπου και αναμένεται μεγάλη ανάπτυξη σε αυτόν [21]. Σήμερα μπορεί να συνδυαστεί με άλλες τεχνολογίες αιχμής όπως τεχνητή νοημοσύνη, deep learning και machine learning [23].

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται η ανάπτυξη εφαρμογών AR σε κατασκευαστικές εταιρίες με στόχο να αλλάξει το βιομηχανικό περιβάλλον. Στα πλαίσια της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης οι διαδικασίες παραγωγής και εκπαίδευσης των εργαζομένων ψηφιοποιούνται προκειμένου να απαντηθούν οι διαρκώς αυξανόμενες απαιτήσεις για παραγωγή και κατασκευή των προϊόντων. Η συνήθης πρακτική ήταν να κατασκευάζεται ένα πρωτότυπο ενός προϊόντος και πάνω σε αυτό γίνονταν όλες τις δοκιμές και οι σχετικοί έλεγχοι. Με τις εφαρμογές AR ο κύκλος ζωής, ο σχεδιασμός, συναρμολόγηση και η συντήρηση του προϊόντος μπορούν να εμφανιστούν στον πραγματικό κόσμο για να αναλυθούν και να μελετηθούν με ακρίβεια. Η ανάγκη αυτή δημιούργησε τον όρο DT (Digital Twin) στον οποίο πραγματικά προϊόντα τα οποία περιέχουν αισθητήρες για ανάλυση δεδομένων επικοινωνούν με μια εφαρμογή AR. Σε αυτήν μπορεί να υπάρξει αλληλεπίδραση του εικονικού προϊόντος με του πραγματικού σε πραγματικό χρόνο. Το DT είναι η μια διαδικασία που χρησιμοποιείται για να περιγράψει τα χαρακτηριστικά, τη συμπεριφορά, την πληροφορία, την απόδοση των πραγματικών αντικειμένων μέσω της ψηφιακής τεχνολογίας [25]. Ο άνθρωπος τοποθετείται στο επίκεντρο της παραγωγής παρέχοντάς του νέα εργαλεία εκπαίδευσης και αλληλεπίδρασης με το περιβάλλον με στόχο την καλύτερη απόδοσή του [22].



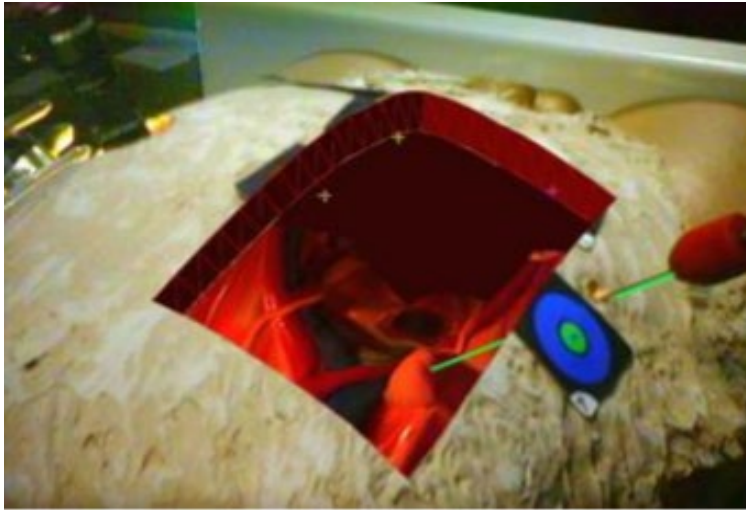
Εικόνα 2.6 Από τον πραγματικό στον εικονικό κόσμο [15].

Στοχεύει στην καλύτερη αντίληψη του χρήστη και την αλληλεπίδραση με τον πραγματικό κόσμο. Τα ψηφιακά αντικείμενα μπορεί να παρέχουν στο χρήστη πληροφορίες που δε θα μπορούσε σε διαφορετική περίπτωση να τις αντιληφθεί.

2.4.1 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΠΑΥΞΗΜΕΝΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

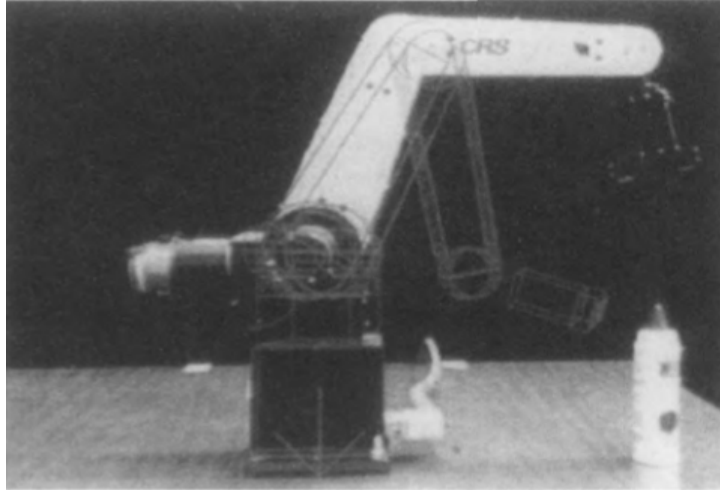
Η επαυξημένη πραγματικότητα έχει υιοθετηθεί σε πλήθος εφαρμογών όπως είναι: ιατρική οπτικοποίηση, συντήρηση και επισκευή, σχολιασμός και προβολή πληροφοριών, διασκέδαση, πλοήγηση και στόχευση στρατιωτικών αεροσκαφών, ρομποτική, εκπαίδευση, αρχαιολογία. Στη συνέχεια θα αναλυθούν κάποιες ενδεικτικές εφαρμογές.

Ιατρική. Οι γιατροί μπορούν να χρησιμοποιήσουν την επαυξημένη πραγματικότητα, για οπτικοποίηση και εκπαίδευση σε χειρουργεία. Άλλη εφαρμογή είναι η προβολή σε τρισδιάστατη μορφή απεικονιστικών εξετάσεων, όπως για παράδειγμα υπερηχογραφήματα στο σώμα του εξεταζόμενου.



Εικόνα 2.7 Αναπαράσταση με χρήση επαυξημένης πραγματικότητας ιατρικών εξετάσεων [13]

Χειρισμός ρομποτικών συσκευών από απόσταση. Είναι μια δύσκολη διαδικασία, ειδικά όταν η ρομποτική κατασκευή βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση (όπως για παράδειγμα στη περίπτωση του διαστήματος) όπου υπάρχει και μεγαλύτερη καθυστέρηση. Ένα εικονικό ρομπότ μπορεί να χρησιμοποιηθεί αρχικά, χρησιμοποιώντας την οπτική του πραγματικού ρομπότ και κάνοντας τις δράσεις στο εικονικό ρομπότ. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζουμε ότι οι δράσεις αυτές έχουν αυξημένη πιθανότητα να δουλέψουν σωστά και στο πραγματικό ρομπότ.



Εικόνα 2.8 Ψηφιακές γραμμές δείχνουν την πιθανή κίνηση του βραχίονα για να πιάσει το αντικείμενο [12].

Επισκευές και συντήρηση. Οι οδηγίες είναι πιο εύκολα κατανοητές με τη μορφή τρισδιάστατων σχεδίων παρά με τη μορφή manual.

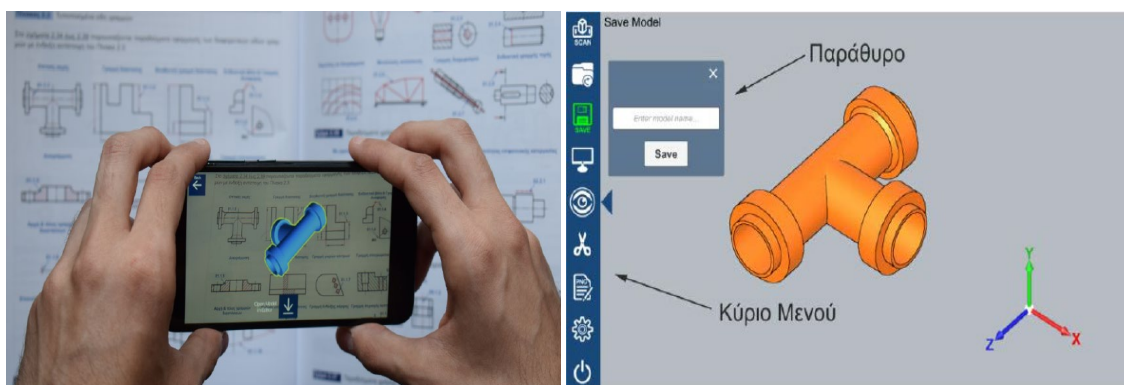
Σχολιασμός και προβολή πληροφοριών αντικειμένων. Εφαρμογή αυτής της κατηγορίας είναι η προβολή πληροφοριών για βιβλία σε δημόσια βιβλιοθήκη. Σε μια οθόνη μπορεί να εμφανίζονται πληροφορίες για το βιβλίο που επιθυμούμε να διαβάσουμε χωρίς να το ανοίξουμε και το ξεφυλλίσουμε σπαταλώντας αρκετό χρόνο.

Αρχαιολογία. Δημιουργία εφαρμογών σε αρχαιολογικούς χώρους για την καλύτερη κατανόηση του οπτικού περιβάλλοντος και την ανάδειξη της ιστορίας.

Διασκέδαση. Πληθώρα παιχνιδιών έχουν δημιουργηθεί βασιζόμενο σε επαυξημένη πραγματικότητα (Pokemon Go).

Στρατός. Δημιουργία γραφημάτων που αφορούν την κατάλληλη πλοήγηση των οχημάτων μπορούν να ενσωματωθούν σε οθόνη δείχνοντας ταυτόχρονα και τον πραγματικό κόσμο. Άλλη εφαρμογή μπορεί να είναι η αναγνώριση αντικειμένων στον χώρο και άμεση ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ του προσωπικού σε στρατιωτικές επιχειρήσεις. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η υπογραφή συμβολαίου ύψους 18,8 δις ευρώ, μεταξύ Microsoft και πενταγώνου των Η.Π.Α για την δημιουργία συσκευής ειδικών γυαλιών με χρήση AR [14].

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η παρακάτω εφαρμογή όπου ο χρήστης μπορεί να σαρώσει με το κινητό δισδιάστατά μοντέλα μηχανολογικών σχεδίων και να προβληθούν σε τρισδιάστατη μορφή.



Εικόνα 2.9 Εφαρμογή AR για την προβολή 3D μηχανολογικών σχεδίων [24].

Από αριστερά παραμένει ενεργό το μενού με τις επιλογές της εφαρμογής. Υπάρχει η δυνατότητα προβολής 6 διαφορετικών όψεων του αντικειμένου (κάτοψη, πρόσοψη κ.ά), το μηχανολογικό σχέδιο. Η βασική ιδιότητα της είναι η τομή των αντικειμένων. Ο χρήστης σε οποιοδήποτε σημείο του αντικειμένου μπορεί να εφαρμόσει την τομή του. Παρέχεται η δυνατότητα επεξεργασίας βασικών στοιχείων του αντικειμένου όπως το χρώμα και η εμφάνιση των ακμών. Τέλος υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης του αντικειμένου για επεξεργασία ή προβολή του σε μελλοντική χρήση αλλά και η δυνατότητα διαγραφής του [24].

2.4.2 Η ΕΠΑΥΞΗΜΕΝΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Η χρήση εφαρμογών στην εκπαίδευση είναι ακόμα σε πρωταρχικά στάδια και δεν υπάρχει εκτεταμένη έρευνα και εφαρμογές για αυτήν. Η επαυξημένη πραγματικότητα, γίνεται ολοένα και πιο διαθέσιμη στο ευρύ κοινό, καθώς δε χρειάζεται κάποιο ειδικό εξοπλισμό. Ένα κινητό τηλέφωνο είναι αρκετό και αυτό το καθιστά ιδανικό για την εκπαίδευση. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς σύνδεση στο διαδίκτυο προσφέροντας τη δυνατότητα χρήσης του σε σχολεία επαρχίας με περιορισμένους πόρους και εγκαταστάσεις [23].

Υπάρχει μια ποικιλομορφία στην εκπαίδευση γι' αυτό και προτιμάται το περιβάλλον επαυξημένης πραγματικότητας καθώς υπάρχει αλληλεπίδραση ψηφιακού και πραγματικού κόσμου. Τα σχολεία που υιοθετούν νέες μεθόδους και τεχνολογίες στην διαδικασία της μάθησης αλλάζουν και αναβαθμίζουν το περιβάλλον εκπαίδευσης των παιδιών [23]. Ο επιτυχημένος συνδυασμός των δύο κόσμων συμβάλλουν στην καλύτερη κατανόηση και δημιουργία νέας γνώσης. Η τρισδιάστατη αναπαράσταση των αντικειμένων προκαλεί το ενδιαφέρον και την περιέργεια των μαθητών [21] αυξάνοντας το κίνητρο για μάθηση και συμβάλλει στη βελτίωση των επιδόσεων τους στο σχολείο. Μια από τις λίγες έρευνες που έχουν γίνει, αφορά τη διαφορά στο κίνητρο μάθησης με

επαυξημένη πραγματικότητα και χωρίς. Πιο συγκεκριμένα, πώς επηρεάζεται η προσοχή, η αυτοπεποίθηση και η ικανοποίηση των παιδιών στη μάθηση [16].

Από έρευνα που πραγματοποιήθηκε για να διαπιστωθεί η αιτία δημιουργίας εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας στην εκπαίδευση έχουμε τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον πίνακα 2.2 [21].

Αιτία	Πλήθος απαντήσεων	Ποσοστό (%)
Ακαδημαϊκή επίδοση	74	36
Περαιτέρω ανάπτυξη της εκπαίδευσης	53	26
Εναλλακτική εκπαίδευση	36	18
Απόκτηση εμπειριών	16	8
Αυτοπεποίθηση	11	5
Κίνητρο	7	3
Άλλο	7	3
Σύνολο	204	100

Πίνακας 2.2 Οι αιτίες για τη δημιουργία εφαρμογής AR στην εκπαίδευση [21]

Η πιο συχνή επιλογή είναι η βελτίωση της ακαδημαϊκής επίδοσης (36%) ενώ η λιγότερο δημοφιλής επιλογή είναι να δώσει κίνητρο στους μαθητές για μάθηση (3%).

Με το σκεπτικό ότι οι εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας είναι συμπληρωματικές της εκπαίδευσης και όχι μία εξειδικευμένη τεχνολογία, θα βοηθήσει ταχύτερα την ανάπτυξή του. Η συμμετοχή των εκπαιδευόμενων στη δημιουργία των εφαρμογών θα συντελέσει στην ανάπτυξη αγαπητών εφαρμογών, πιο φιλικές στο χρήστη.

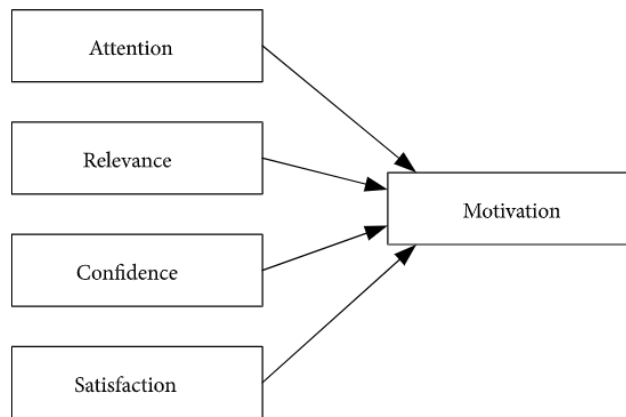
Η επαυξημένη πραγματικότητα, προσφέρει μια σειρά από πλεονεκτήματα στην εκπαιδευτική διαδικασία. Συγκεκριμένα, έχει την ικανότητα να συνδυάζει ένα υβριδικό περιβάλλον μάθησης μεταξύ εικονικού και πραγματικού κόσμου. Επιστημονικά φαινόμενα όπως χημικές αντιδράσεις οι οποίες μπορεί να είναι επικίνδυνες, μπορούν πλέον να αναπαρασταθούν στους μαθητές με ευκολία. Τέτοιου είδους εκπαιδευτικές εμπειρίες μπορούν να ενθαρρύνουν την κριτική σκέψη και να διευκολύνουν την κατανόηση αυτών των φαινομένων [17].

Οι ικανότητες και οι γνώσεις που αποκτούν οι εκπαιδευόμενοι μέσα από τεχνολογικές πλατφόρμες (AR) μπορούν να είναι πιο αποτελεσματικές. Το διάβασμα στο σπίτι μπορεί να μειωθεί υιοθετώντας όμως πολλαπλές πηγές μάθησης (βιβλίο, διαδίκτυο, AR κ.ά.). Η αλληλεπίδραση στο περιβάλλον του AR δίνει νέες μεθόδους για μάθηση στους μαθητές και νέες προκλήσεις στους εκπαιδευτές, μπορεί να ενθαρρύνει και να δώσει κίνητρο για περαιτέρω διάβασμα [17].

Μαθήματα που δεν λαμβάνουν υπόψη τη συμμετοχή των μαθητών μπορεί να είναι βαρετά. Με την επαυξημένη πραγματικότητα, ενθαρρύνεται η συνεργασία μεταξύ των

μαθητών και η αλληλεπίδρασή τους με το μάθημα. Αυτό συμβάλλει σε μια πιο γρήγορη και αποδοτική διαδικασία μάθησης [23].

Το κίνητρο για μάθηση είναι απαραίτητο στους μαθητές, για να καταφέρουν καλύτερες επιδόσεις στο σχολείο και να συνεχίσουν τη συνεχή αναζήτηση στη γνώση. Οι μαθητές που έχουν κίνητρο για μάθηση είναι πιο επίμονοι και καταβάλλουν περισσότερη προσπάθεια να τελειοποιήσουν τις υποχρεώσεις τους σε αντίθεση με αυτούς που δεν έχουν κίνητρο [17]. Όπως είναι γνωστό βασικοί συντελεστές που επηρεάζουν το κίνητρο είναι η περιέργεια, φαντασία, ικανοποίηση και οι προκλήσεις [18]. Η επαυξημένη πραγματικότητα στοχεύει ακριβώς εκεί και με την ελκυστική εμφάνιση και εφαρμογή του καταφέρνει να ενθαρρύνει τους μαθητές σε μεγαλύτερη ενασχόληση με το διάβασμα.



Εικόνα 2.10 Προϋποθέσεις για κίνητρο [18].

Σύμφωνα με την Εικόνα 2.9, ο σχεδιασμός εφαρμογής AR πρέπει να ελκύει τους μαθητές, να είναι σχετική με αυτούς και προσαρμοσμένη στην ηλικία τους, να είναι εύκολη στη χρήση για να αποκτήσουν την κατάλληλη αυτοπεποίθηση στο χειρισμό της και να νιώθουν ικανοποιημένοι με τη συνολική εικόνα της εφαρμογής.

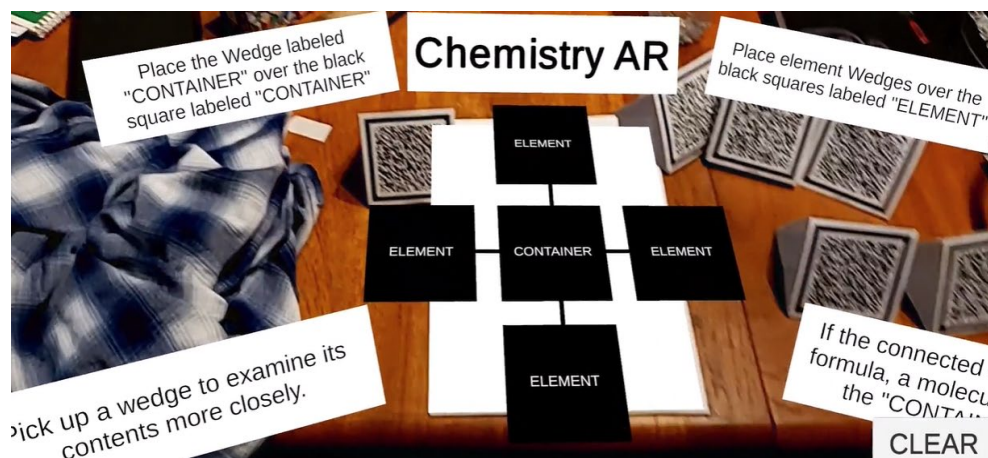
Εφαρμογές στην εκπαίδευση υπάρχουν από την προσχολική ηλικία μέχρι και την μεταδιδακτορική εκπαίδευση. Αφορά εφαρμογές όπου μηχανήματα σε τεχνικές σχολές μπορούν να αναλυθούν πλήρως και να χρησιμοποιηθούν για καλύτερη εκμάθηση ή αλληλεπίδραση με ρομποτικές κατασκευές στην εκπαιδευτική ρομποτική.

Άλλη εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας που αφορά το STEM, δημιουργήθηκε από την Ana Villanueva *et al.* [19]. Στόχος της είναι να βοηθήσει και να δείξει βήμα βήμα τη συναρμολόγηση ενός χάρτινου δρόμου. Δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να τραβήξει φωτογραφίες, να σχεδιάσει πάνω στην εφαρμογή και να αλλάξει το μέγεθος των αντικειμένων που τοποθετεί.



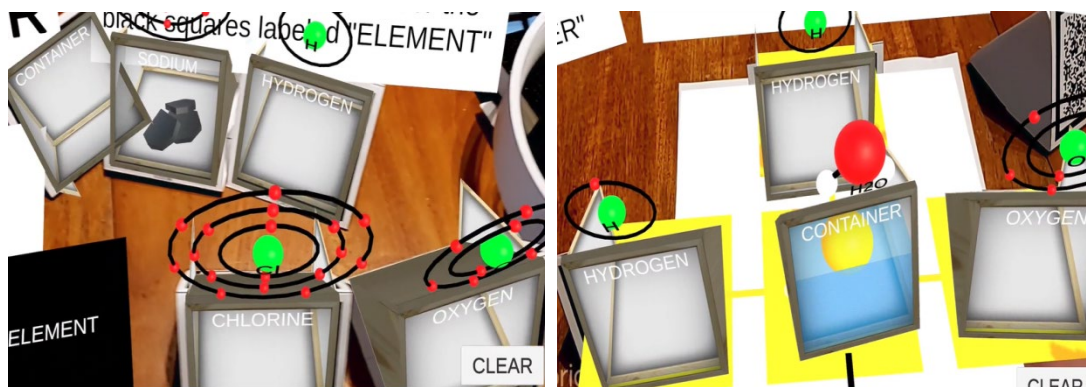
Εικόνα 2.11. Εφαρμογή AR για STEM [19].

Άλλη εφαρμογή που αφορά την εκπαίδευση δημιουργήθηκε από το SMU (School of education & human development) [20]. Αφορά το μάθημα της χημείας. Στην αρχική οθόνη προσκαλεί το χρήστη να σηκώσει ένα τρίγωνο και να το τοποθετήσει στις μαύρες περιοχές.



Εικόνα 2.12 Εφαρμογή AR για μάθημα χημείας [20]

Το κάθε τρίγωνο αντιστοιχεί σε κάποιο στοιχείο χημείας (οξυγόνο, υδρογόνο κ.ά). Με την προσθήκη των στοιχείων πάνω στις κατάλληλες περιοχές πραγματοποιείται η χημική αντίδραση. Αυτή παρατηρείται μέσα στο τριγωνάκι “container”.



Εικόνα 2.13 Προβολή δομικών στοιχείων και χημική αντίδραση [20].

Να σημειωθεί ότι δεν υπάρχουν αρκετές εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας σχετικές με STEM καθώς είναι ένας τομέας που τώρα αναπτύσσεται. Η δημιουργία των εφαρμογών, είναι σχετικά περίπλοκη αυτή τη στιγμή αλλά αναμένεται να απλοποιηθεί τα επόμενα χρόνια καθώς περισσότεροι χρήστες θα ασχοληθούν με αυτές και περισσότερες εφαρμογές ή ιστοσελίδες θα έχουν κάποιου είδους επέκταση για αυτή την προσέγγιση [21].

Από την έρευνα που έγινε και λαμβάνοντας υπόψιν τις πραγματικές εφαρμογές που έχουν δημιουργηθεί, αποφασίσαμε να δημιουργήσουμε ένα εργαλείο για την διευκόλυνση της μαθησιακής διδασκαλίας των παιδιών που χρησιμοποιούν το εργαλείο Hydra, όπως αυτό έχει περιγράψει αναλυτικά στα [26], [30]. Το εργαλείο αυτό τους επιτρέπει να αλληλεπιδράσουν εικονικά με τα δομικά στοιχεία της ρομποτικής κατασκευής και να τα διευκολύνει στην κατασκευή του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Η ΜΗΧΑΝΗ ΓΡΑΦΙΚΩΝ UNITY

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

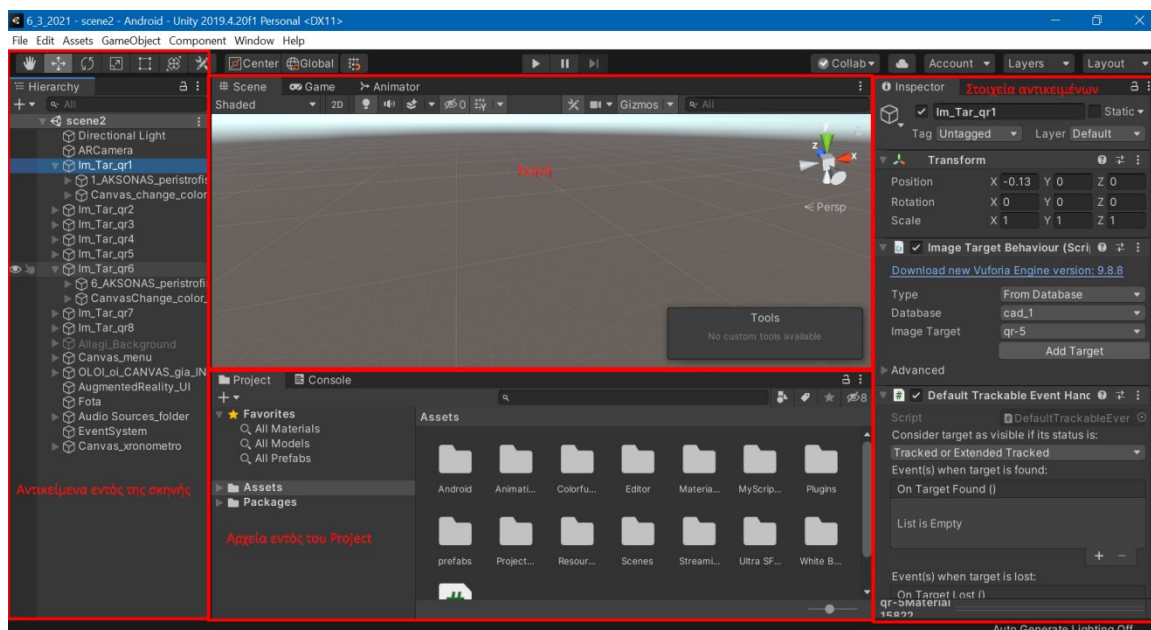
Η εφαρμογή σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε στο περιβάλλον της Unity. Σε αυτή υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας παιχνιδιών σε 2 ή 3 διαστάσεις, καθώς και εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας (Virtual Reality) και επαυξημένης πραγματικότητας (Augmented Reality). Απευθύνεται σε οποιαδήποτε πλατφόρμα όπως κινητά Android, iOS, υπολογιστές κ.ά. Οι εφαρμογές που έχουν δημιουργηθεί μέχρι και σήμερα έχουν χρησιμοποιηθεί στον εκπαιδευτικό και βιομηχανικό τομέα. Θεωρείται από τις πιο διαδεδομένες μηχανές γραφικών λόγω της πληθώρας επιλογών που διαθέτει όπως είναι η εύκολη προσθήκη τρισδιάστατων σχεδίων στο πρόγραμμα αλλά και η μεγάλη κοινότητα χρηστών που τη χρησιμοποιεί. Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει αναλυτική παρουσίαση στις βασικές λειτουργίες της Unity καθώς και στο περιβάλλον της.

3.2 ΔΟΜΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΗ UNITY

Η ανάπτυξη της εφαρμογής μέσα στο περιβάλλον της Unity ονομάζεται πρότζεκτ (“Project”). Πέρα από το πρόγραμμα Unity χρειάζεται ακόμα ένα συμπληρωματικό πρόγραμμα το Unity Hub. Σε αυτό αποθηκεύονται όλα τα Projects που έχουμε δημιουργήσει και όλες οι διαφορετικές εκδόσεις της Unity (Unity 2018, Unity 2019 κ.ά.). Στην παρούσα διπλωματική εργασία επιλέχθηκε η έκδοση του **2019.4.20f1 (64 bit)** καθώς κάθε χρονιά οι αναβαθμίσεις που γίνονται στο πρόγραμμα είναι αρκετές και οι πληροφορίες που υπάρχουν για τις αλλαγές στις νέες εκδόσεις εμφανίζονται σταδιακά.

Μέσα σε ένα Project περιέχονται οι “σκηνές” (Scenes), και πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον μία σκηνή. Σε αυτές τοποθετούνται τα αντικείμενα GameObjects και ένα τέτοιο μπορεί να περιέχει και άλλα GameObjects. Το πρώτο αντικείμενο θεωρείται ο “γονέας” (Parent) και τα υπόλοιπα που βρίσκονται εντός αυτού ονομάζονται “παιδιά” (Child). Οι ιδιότητες που περιέχονται στον γονέα επηρεάζουν και τα παιδιά ενώ το αντίθετο δεν ισχύει. Κάθε αντικείμενο αποτελείται από τουλάχιστον ένα στοιχείο (Component). Τα στοιχεία αυτά μπορεί να αφορούν το χρώμα του αντικειμένου, το υλικό που είναι κατασκευασμένο κ.ά. Όλα τα στοιχεία των αντικειμένων είναι τοποθετημένα

στην καρτέλα Inspector. Τέλος όλα τα αρχεία που χρειάζονται για την εφαρμογή τοποθετούνται στον φάκελο Assets. Στη Εικόνα 3.1, παρουσιάζεται το περιβάλλον της Unity.

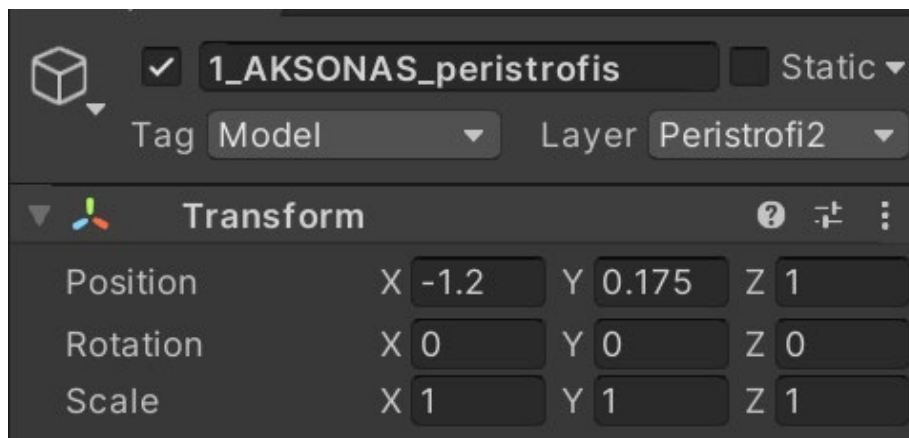


Εικόνα 3.1 Περιβάλλον της Unity

3.2.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ

Παρακάτω αναφέρονται τα βασικά στοιχεία που περιέχονται σε ένα αντικείμενο. Τοποθετούνται δεξιά στον πίνακα Inspector και εμφανίζονται όταν επιλέξουμε ένα αντικείμενο.

Το βασικότερο στοιχείο των Components είναι το Transform. Αυτό δημιουργείται με την εισαγωγή νέου αντικειμένου στο περιβάλλον της Unity. Σε αυτό αναφέρεται η θέση του αντικειμένου εκφρασμένη με τους τρεις άξονες x, y, z.



Εικόνα 3.2 Transform

Αντίστοιχα εμφανίζει εάν υπάρχει περιστροφή (Rotation) και μεγέθυνση ή σμίκρυνση του αντικειμένου (Scale) σε σχέση με το αρχικό του μέγεθος. Εάν το αντικείμενο είναι "παιδί" (Child) κάποιου "γονέα" (Parent) τότε οι συντεταγμένες του υπολογίζονται λαμβάνοντας υπόψη και τις συντεταγμένες του γονέα.

Η επιλογή Tag δίνει την δυνατότητα αναγνώρισης κάποιου αντικειμένου μέσω του κώδικα. Αντικείμενα τα οποία φέρουν συγκεκριμένο Tag μπορούν να εφαρμόσουν και συγκεκριμένες λειτουργίες χωρίς να επηρεάσουν τα υπόλοιπα GameObjects.

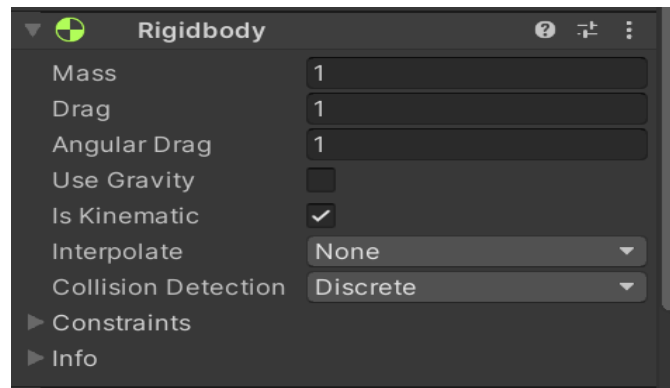
Τα Layers χρησιμοποιούνται με παρόμοιο τρόπο με τα Tags. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν και μέσω Script αλλά και με επιλογές μέσα από το περιβάλλον της Unity όπως σύγκρουση αντικειμένων.

3.2.2 ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ (MESH)

Τα τρισδιάστατα αντικείμενα που προβάλλονται στο περιβάλλον της Unity έχουν συγκεκριμένη γεωμετρία. Ο σχεδιασμός τους γίνεται σε κάποιο σχεδιαστικό πρόγραμμα όπως το Blender, 3ds Max, Autodesk Inventor κ.ά. Η Unity, υποστηρίζει συγκεκριμένους τύπους αρχείων, δηλαδή το αρχικό σχέδιο, ανεξάρτητα από τη πλατφόρμα που έχει σχεδιαστεί θα πρέπει να εξαχθεί (export) σε τύπους αρχείων όπως .fbx, .obj, .max, .blend, .dae και .dfx. Όταν εισάγεται το αντικείμενο δημιουργείται αυτόματα το στοιχείο MeshRenderer το οποίο είναι υπεύθυνο για την προβολή του αντικειμένου στο πρόγραμμα και άλλων στοιχεία όπως ο φωτισμός, αντανakλάσεις, χρώμα, σκιά και το MeshFilter το οποίο σχηματίζει τη γεωμετρία του αντικειμένου.

3.2.3 ΣΚΛΗΡΟ ΣΩΜΑ (RIGIDBODY)

Με την επιλογή αυτή σε ένα αντικείμενο, αυτό αποκτά φυσικές ιδιότητες. Παρέχει αναπαράσταση των νόμων της φυσικής για την καλύτερη αλληλεπίδραση των αντικειμένων στο περιβάλλον της Unity. Αυτό σημαίνει ότι το αντικείμενο μπορεί να βρίσκεται υπό την επίδραση της βαρύτητας και μπορεί να συγκρουστεί με άλλα αντικείμενα. Υπάρχει η δυνατότητα τροποποίησης αυτών των παραμέτρων για διαφορετική αλληλεπίδραση με το χρήστη. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η μείωση της τιμής της βαρύτητας. Ενδεικτικές παράμετροι για την επιλογή Rigidbody, παρουσιάζονται στην Εικόνα 3.3.

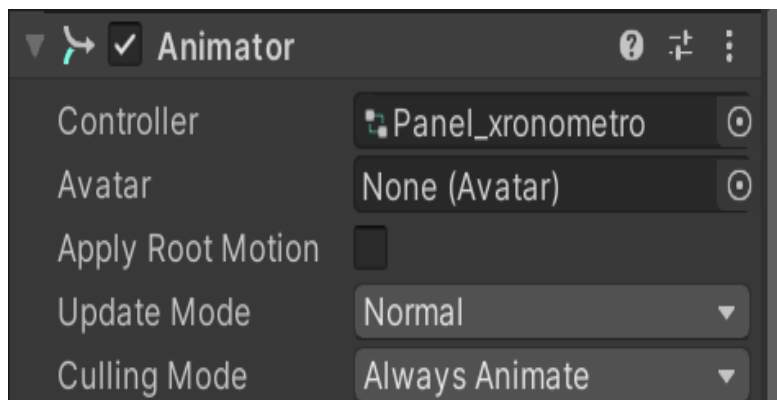


Εικόνα 3.3 Rigidbody

Η εντολή Drag αναφέρεται στην ταχύτητα με την οποία επιβραδύνεται ένα αντικείμενο καθώς αυτό περιστρέφεται, ενώ η εντολή Angular Drag στην ταχύτητα με την οποία περιστρέφεται ένα αντικείμενο. Μετά από αρκετές δοκιμές αποφασίστηκε να επιλεγεί η τιμή 1 για την καλύτερη λειτουργία της εφαρμογής. Στη συγκεκριμένη εφαρμογή δε χρειάστηκε να χρησιμοποιηθεί η βαρύτητα.

3.2.10 ΚΙΝΟΥΜΕΝΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ (ANIMATOR – ANIMATION)

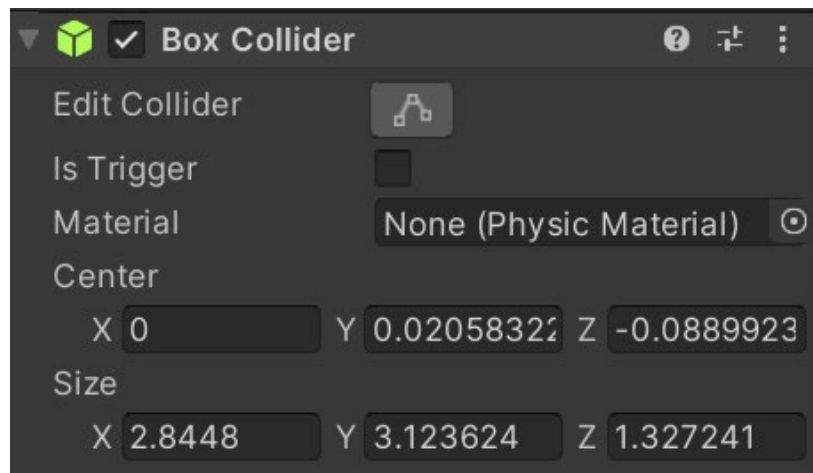
Η επιλογή Animator – Animation χρησιμοποιείται για προκαθορισμένες λειτουργίες των αντικειμένων. Για παράδειγμα κάποιο αντικείμενο μπορεί να χρειάζεται να περιστρέφεται συνέχεια, να αναβοσβήνουν φώτα, να αλλάζει το μέγεθος του αντικειμένου με αυτοματοποιημένο τρόπο. Συνδυάζονται και με τη χρήση κουμπιών (Buttons) που αναλύονται στη συνέχεια, σε περίπτωση που δεν απαιτείται η αυτοματοποίηση σε μεγάλο βαθμό. Ενδεικτικές παράμετροι για την επιλογή Animator, παρουσιάζονται στην Εικόνα 3.4.



Εικόνα 3.4 Animator

3.2.4 COLLIDER

Η επιλογή Collider χρησιμοποιείται για τον καθορισμό των φυσικών ορίων του αντικειμένου μέσα στην εφαρμογή. Αρχικά χωρίς αυτή την επιλογή τα αντικείμενα δεν έχουν φυσική διάσταση αλλά μόνο οπτική. Αυτό σημαίνει ότι κατά τη δοκιμή για την περιστροφή των αντικειμένων αυτά δεν μπορούν να περιστραφούν καθώς δεν έχουν οριστεί τα φυσικά όρια εντός της εφαρμογής. Ο collider δεν έχει κάποια οπτική αλλαγή στα αντικείμενα. Υπάρχουν πολλά είδη Collider, μερικά από αυτά είναι: Sphere collider όπου προτιμάται για κυκλικά αντικείμενα, Box Collider όπου προτιμάται για ορθογώνια αντικείμενα και Capsule Collider όπου προτιμάται για κυλινδρικά αντικείμενα. Αντίστοιχα υπάρχει και η επιλογή του Mesh Collider το οποίο καταλαμβάνει επακριβώς τη γεωμετρία και τις διαστάσεις του αντικειμένου. Συνήθως ο Collider χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου η γεωμετρία δεν χρειάζεται να είναι ακριβής σε μεγάλο βαθμό. Ενδεικτικές παράμετροι για την επιλογή Collider, παρουσιάζονται στην Εικόνα 3.5.



Εικόνα 3.5 Collider

3.2.5 ΥΛΙΚΑ (MATERIALS)

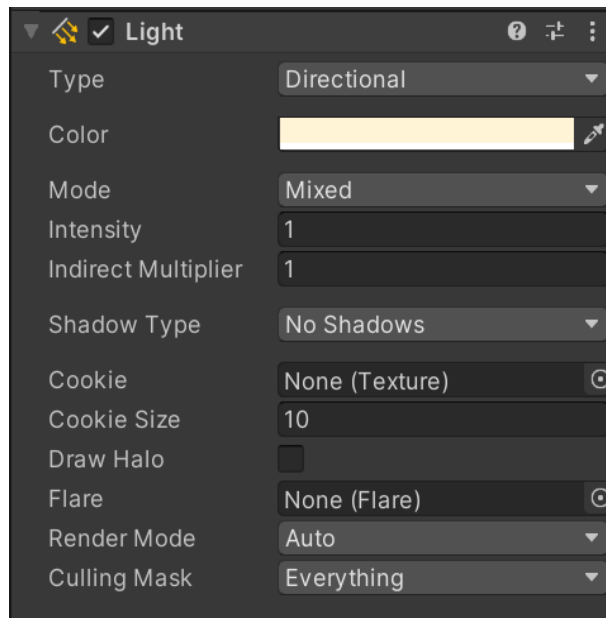
Τα στοιχεία Materials ευθύνονται για το χρώμα, την υφή και το είδος του υλικού του αντικειμένου. Στην παρούσα εργασία δόθηκε έμφαση στο χρώμα του αντικειμένου το οποίο είναι το γκρι καθώς αυτό είναι και το πραγματικό χρώμα της ρομποτικής κατασκευής.

3.2.6 CAMERA AND DIRECTIONAL LIGHT

Το στοιχείο Camera είναι ο τρόπος σύνδεσης του ψηφιακού κόσμου με τον πραγματικό. Στην οθόνη του κινητού εμφανίζονται τα ψηφιακά αντικείμενα μέσα στον πραγματικό κόσμο. Στην συγκεκριμένη εφαρμογή χρησιμοποιήθηκε η AR Camera καθώς χρειάζεται να είναι ανοιχτή η κάμερα από το κινητό για την επιτυχή προβολή της εφαρμογής. Είναι απαραίτητη η δήλωση της AR Camera για την λειτουργία της εφαρμογής. Σε άλλη περίπτωση (Camera) δεν απαιτείται η κάμερα από το κινητό και η

εφαρμογή μπορεί να προβληθεί χωρίς αυτήν. Υπάρχει δυνατότητα προσθήκης απεριόριστων καμερών στην εφαρμογή για εναλλαγή της θέασης του χρήστη. Αυτή η επιλογή συναντάται στις υπόλοιπες εφαρμογές στη Unity και όχι για AR.

Το Directional Light αφορά τον φωτισμό των αντικειμένων. Συγκεκριμένα, από ποια γωνία θα δέχονται το φως, πόσο έντονο θα είναι και τι χρώμα θα έχει το φως. Είναι απαραίτητο για την εφαρμογή καθώς χωρίς αυτό τα αντικείμενα θα φαίνονται μαύρα ενώ σε περίπτωση όπου το φως είναι πολύ έντονο θα φαίνονται άσπρα. Υπάρχουν διάφορα είδη φωτός στην εφαρμογή όπως είναι το φως από φακό, φως σε ένα σημείο, διάχυτο σε μια επιφάνεια κ.ά. Ενδεικτικές παράμετροι για την επιλογή Directional Light, παρουσιάζονται στην Εικόνα 3.6.



Εικόνα 3.6 Directional Light

3.2.7 SCRIPTS

Τα Scripts (αρχεία κώδικα) είναι από τα πιο σημαντικά στοιχεία στη Unity που καθορίζουν τη λειτουργία ενός αντικειμένου. Οποιαδήποτε λειτουργία/συμπεριφορά ενός αντικειμένου μπορεί να εκφραστεί μέσω κώδικα που γράφεται από το χρήστη. Οι γλώσσες που υποστηρίζονται είναι η C# και η Javascript. Για να δημιουργηθεί η σύνδεση μεταξύ Unity και κώδικα χρησιμοποιείται η κλάση MonoBehaviour η οποία είναι υποχρεωτική. Σε αυτή υπάρχουν οι συναρτήσεις Start() και Update().

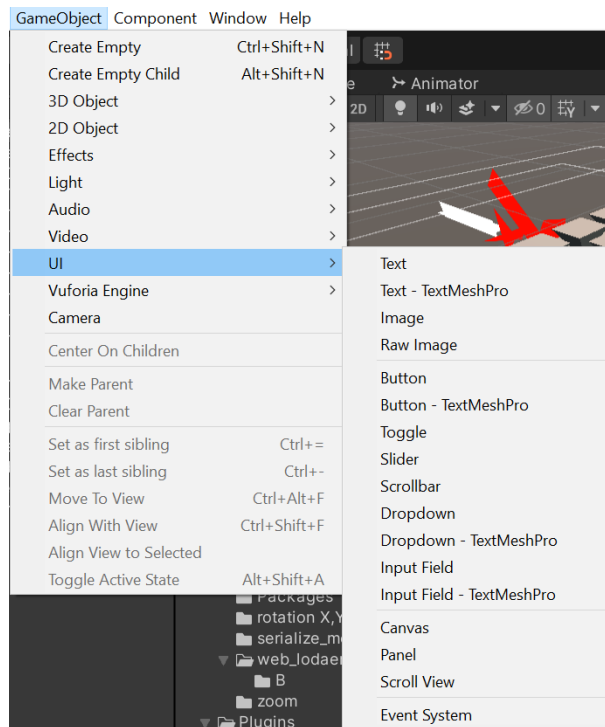
Η συνάρτηση Start() αρχικοποιεί τις μεταβλητές του κώδικα. Καλείται μία μόνο φορά όταν εκτελείται το Script την πρώτη φορά. Η συνάρτηση Start() προηγείται πάντα στην εκτέλεση από τη συνάρτηση Update().

Η συνάρτηση Update() καλείται και εκτελείται σε κάθε καρέ του παιχνιδιού (Frames Per Second – FPS). FPS ονομάζονται τα καρέ των εικόνων που εμφανίζονται στην οθόνη

ανά δευτερόλεπτο. Η συνάρτηση αυτή χρησιμοποιείται για τον συνεχή έλεγχο κάποιων καταστάσεων που είναι απαραίτητη η επίβλεψη τους.

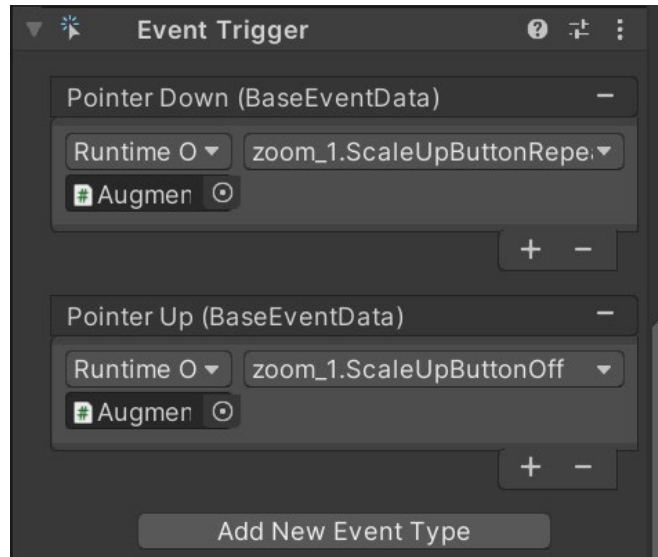
3.2.8 ΔΙΕΠΑΦΗ ΧΡΗΣΤΗ (UI – USER INTERFACE)

Η επικοινωνία μεταξύ του χρήστη και της εφαρμογή πραγματοποιείται μέσα από τις εντολές UI και UI buttons. Η δημιουργία τους είναι εύκολη όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.7. Για να είναι λειτουργικά απαιτούν την προσθήκη Script σε αυτά για να δοθούν οι κατάλληλες εντολές αξιοποίησής τους. Τα κουμπιά αυτά στην συγκεκριμένη εφαρμογή εμφανίζονται πάνω στην οθόνη του κινητού για να περισσότερα προσβάσιμα στο χρήστη. Μπορεί να έχουν ακόμα και την μορφή εικόνας, κειμένου κ.ά.



Εικόνα 3.7 UI Buttons

Τα UI Buttons περιέχουν την επιλογή Event Trigger για την ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση της λειτουργίας του κουμπιού. Σε αυτό επιλέγεις ένα "ερέθισμα" (Trigger) και μόλις αναγνωριστεί τότε πραγματοποιείται το συμβάν (Event). Χαρακτηριστικό παράδειγμα όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.8 είναι, πατώντας το κουμπί 1, το αντικείμενο μεγεθύνεται και αφήνοντας το κουμπί, το αντικείμενο σταματάει τη μεγέθυνση.



Εικόνα 3.8 Event Trigger

3.2.9 PREFABS

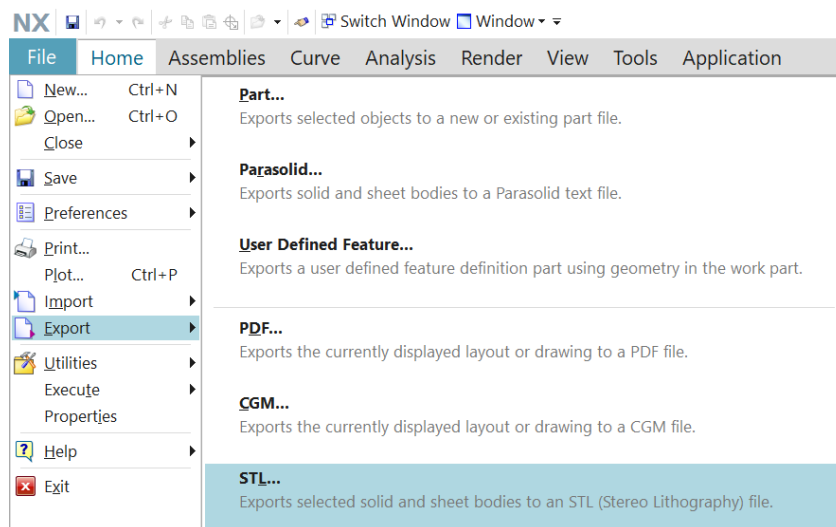
Τα Prefabs δίνουν τη δυνατότητα χρήσης κάποιου αντικειμένου πολλές φορές. Η Unity παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να αποθηκεύσει ένα αντικείμενο (GameObject) με όλες τις αλλαγές, παραμέτρους και στοιχεία που έχουν πραγματοποιηθεί σε αυτό. Σε περίπτωση που χρειαστεί να χρησιμοποιηθεί ένα αντικείμενο δεύτερη φορά, εφόσον έχει επεξεργαστεί και διαφοροποιηθεί από την αρχική του μορφή αυτό αποθηκεύεται ως Prefab και επαναχρησιμοποιείται ακριβώς με τα ίδια χαρακτηριστικά. Κάθε αλλαγή που συμβαίνει σε αυτό επηρεάζει όλες τις πανομοιότυπες μορφές χωρίς να χρειαστεί η αλλαγή σε κάθε ένα αντικείμενο ξεχωριστά. Τα Prefabs χρησιμοποιούνται ακόμα, όταν χρησιμοποιούμε την εντολή Instantiate στο Script. Με αυτή την εντολή τοποθετούμε/εμφανίζουμε/εξαφανίζουμε τα αντικείμενα από/σε οποιοδήποτε σημείο μέσα στην σκηνή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΦΑΡΜΟΓΗ / ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ

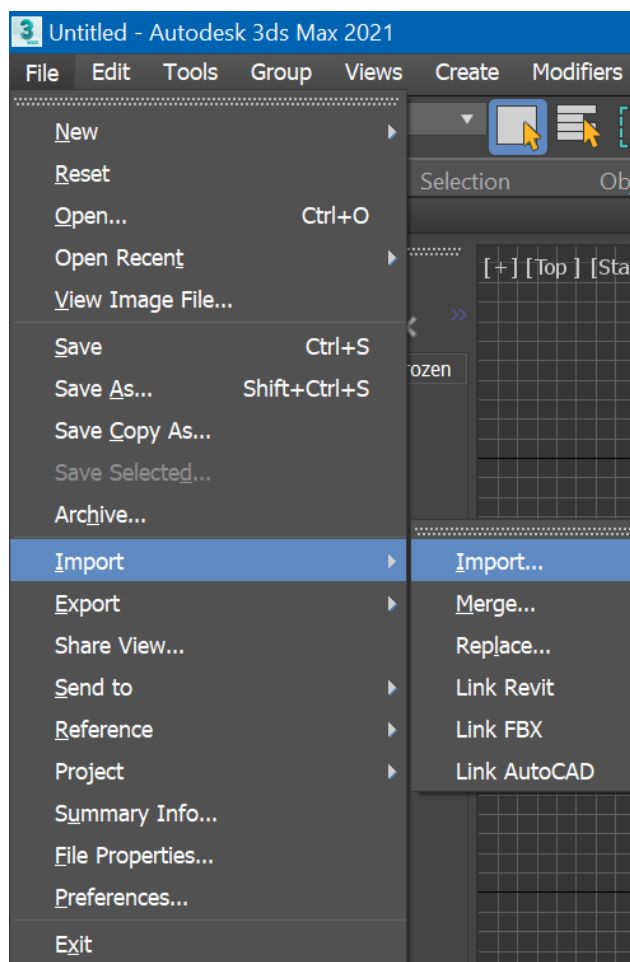
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύεται λεπτομερώς ο τρόπος που σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε η εφαρμογή στο περιβάλλον της Unity. Παρουσιάζονται αναλυτικά τα στάδια υλοποίησης της εφαρμογής. Η μηχανή γραφικών Unity όπως αναλύθηκε και προηγουμένως αποτελεί ιδανική επιλογή για τις εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας. Βασικό της μειονέκτημα είναι η αργή και σταδιακή ενημέρωση των αλλαγών στις καινούριες εκδόσεις. Στόχος είναι η δημιουργία εφαρμογής συμπληρωματικό του συστήματος Hydra για να μπορεί να βελτιώσει την εκπαιδευτική διαδικασία. Ο χρήστης θα μπορεί να επεξεργάζεται τα αντικείμενα με αλλαγή μεγέθους ή περιστροφή τους. Θα έχει τη δυνατότητα να συναρμολογήσει τη δικιά του κατασκευή ή να συναρμολογήσει έτοιμες κατασκευές που αναλύονται αναλυτικά. Η προσθήκη τρισδιάστατου σχεδίου στη Unity πραγματοποιήθηκε από το πρόγραμμα **3DS Max Autocad**. Αρχικά, τα αντικείμενα βρίσκονταν στο περιβάλλον του **Siemens NX**, όμως σε αυτό δεν υποστηρίζεται κάποια μορφής αρχείου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη Unity. Γι' αυτό στο πρώτο στάδιο έγινε εξαγωγή των αντικειμένων σε μορφή STL.

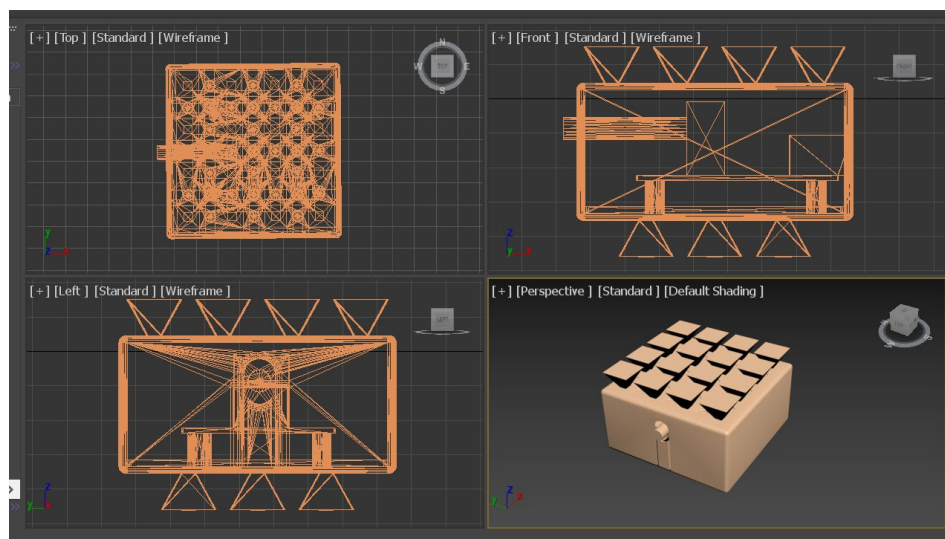


Εικόνα 4.1 Εξαγωγή αντικειμένων από Siemens NX σε μορφή STL

Στη συνέχεια ανοίγοντας το πρόγραμμα 3DS MAX, εισάγουμε (import) σε αυτό το αρχείο STL.

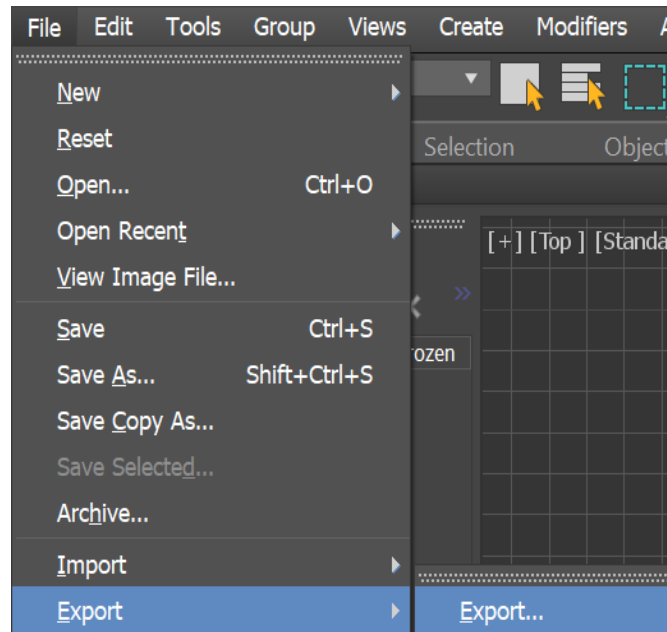


Εικόνα 4.2 Εισαγωγή αντικειμένου στο 3DS MAX



Εικόνα 4.3 Προβολή αντικειμένου στο 3DS MAX

Μόλις γίνει η εισαγωγή του αντικειμένου, το κάνουμε εξαγωγή (export) σε μορφή .fbx.



Εικόνα 4.4 Εξαγωγή αντικειμένου

4.2 ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ HYDRA

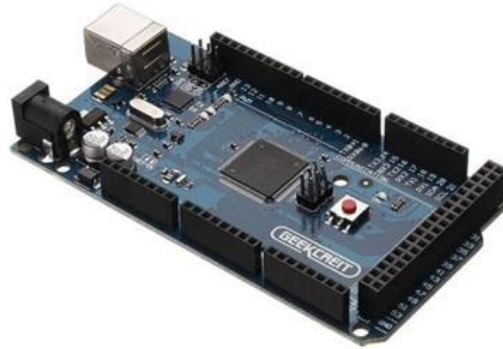
Η εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας, δημιουργήθηκε έχοντας ως στόχο να χρησιμοποιηθεί παράλληλα με τη πλατφόρμα Hydra. Η συγκεκριμένη πλατφόρμα έχει αναλυθεί ως προς το ηλεκτρονικό της τμήμα [30] και ως προς τον τρόπο με την οποία τα διάφορα αρθρώματα που την αποτελούν, μπορούν να διασυνδεθούν μεταξύ τους [26]. Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν σύντομα τα βασικά δομικά της στοιχεία.

4.2.1 ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ

Στην κεντρική μονάδα ανήκει ο μικροελεγκτής (μE) με τη κεντρική πλακέτα. Ο ρόλος του μE είναι ίσως ο σημαντικότερος καθώς μπορεί να αλληλοεπιδρά διαδραστικά και αμφίδρομα με τον χρήστη. Δέχεται πληροφορίες από τον χρήστη, μέσω του προγραμματιστικού περιβάλλοντος και επιστρέφει τα ανάλογα αποτελέσματα. Όλες αυτές οι πληροφορίες μεταδίδονται και διαχέονται στα εξαρτήματα μέσω των ακροδεκτών που θα δούμε στη συνέχεια. Τους ακροδέκτες του μE , που φέρει στην δική μας περίπτωση η πλακέτα Arduino, μπορούμε να τους ομαδοποιήσουμε σε τρεις βασικές κατηγορίες (Εικόνα 4.5):

- (i) Οι ψηφιακοί (Digital) ακροδέκτες που παρέχουν λειτουργίες εισόδου\εξόδου και μπορούν να λάβουν δύο καταστάσεις με 0 ή 5V, με το χαρακτηρισμό LOW ή HIGH
- (ii) Οι αναλογικοί (Analog) μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο ως είσοδοι για ανάγνωση αναλογικών τάσεων από 0 έως 5V σε αριθμούς της κλίμακας (0-1023)

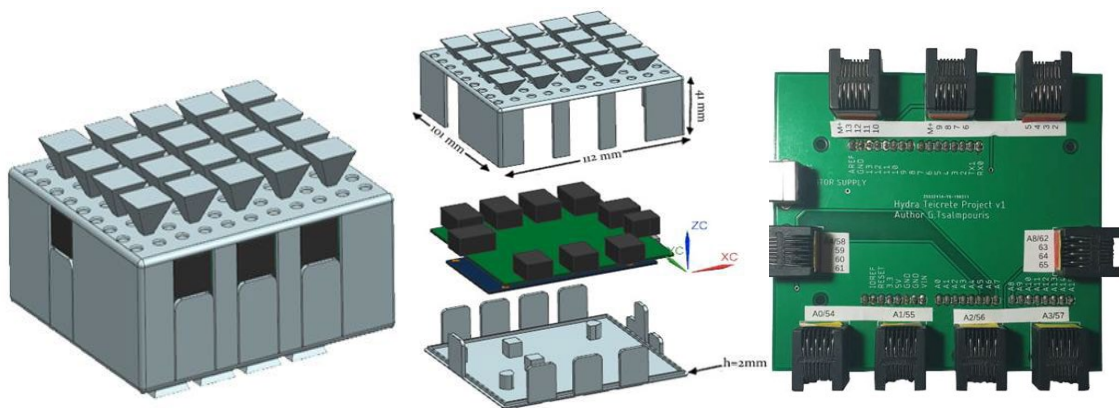
(iii) Οι ψευδοαναλογικοί (Pulse Width Modulation) μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως έξοδοι για τη δημιουργία τετραγωνικών κυματομορφών μεταβλητού κύκλου εργασίας (duty cycle). Οι συγκεκριμένες κυματομορφές χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο ταχύτητας περιστροφής του κινητήρα και τον έλεγχο φωτεινότητας των leds [26].



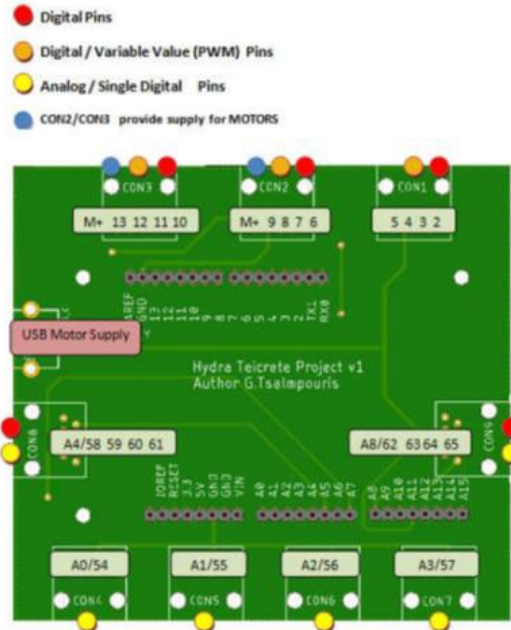
Εικόνα 4.5 Μικροελεγκτής Arduino Mega2560 Rev3 [26]

Η κεντρική πλακέτα, ευθύνεται κυρίως για τη σύνδεση όλων των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων με τον Arduino μέσω ειδικών συνδετήρων, όπως παρουσιάζεται αναλυτικά στην Εικόνα 4.6. Συγκεκριμένα, διαθέτει:

1. Εννέα συνδετήρες RJ45, με τους οποίους μπορούμε να συνδέσουμε τα αρθρώματα της πλατφόρμας.
2. Μία θύρα USB τύπου B για να συνδέουμε φορτιστή κινητού, tablet ή υπολογιστή (δεν συνίσταται) με τη κεντρική πλακέτα για την τροφοδοσία των κινητήρων.



Εικόνα 4.6 Κεντρική πλακέτα άνω οψη [26]



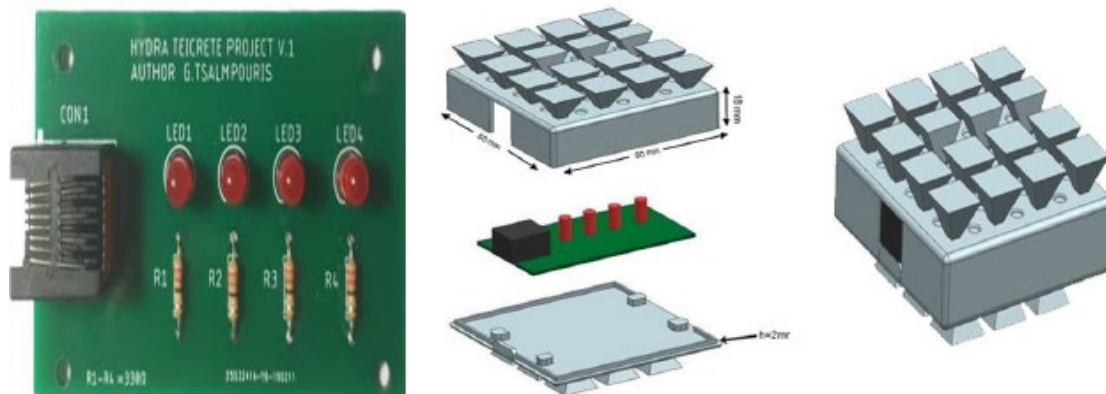
Εικόνα 4.7 Διάγραμμα ακροδεκτών της κεντρικής πλακέτας Hydra [26]

4.2.2 ΑΡΘΡΩΜΑΤΑ ΕΞΟΔΟΥ (OUTPUT MODULES)

Από τα αρθρώματα αυτά εξάγονται πληροφορίες από τον Η/Υ στον χρήστη.

Άρθρωμα 4led

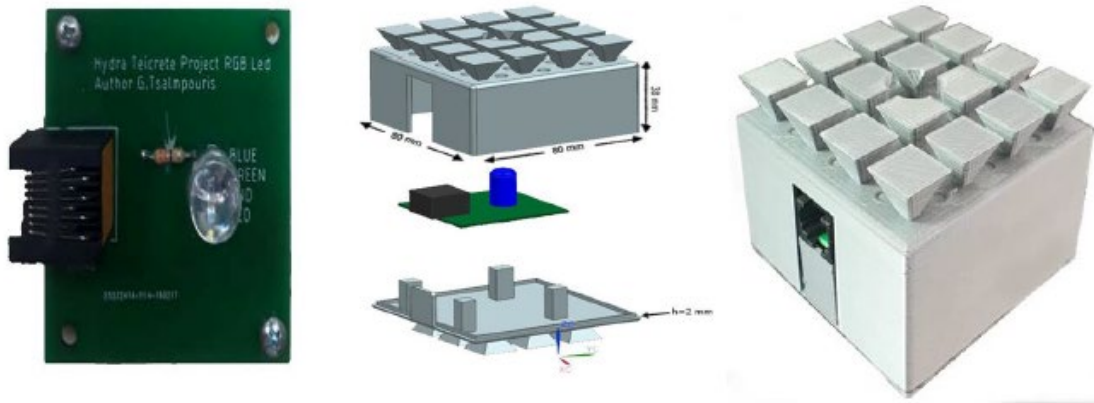
Το συγκεκριμένο άρθρωμα παρέχει τη δυνατότητα αυτόνομου ελέγχου τεσσάρων led. Διαθέτει τέσσερα led κόκκινου χρώματος με αντιστάτες τιμής 330Ω, ώστε να διατηρείται το ρεύμα σε κάθε led σε ασφαλή επίπεδα. Το άρθρωμα 4led (Εικόνα 4.8) μπορεί να συνδεθεί στις : i.Ψηφιακές θύρες 1, 2, 3, 8 και 9 για τον έλεγχο των led στις καταστάσεις (ON-OFF), ii.Ψευδοαναλογικές θύρες (PWM) 1, 2, 3 για έλεγχο της φωτεινότητας.



Εικόνα 4.8 Άρθρωμα 4led [26]

Άρθρωμα RGB led

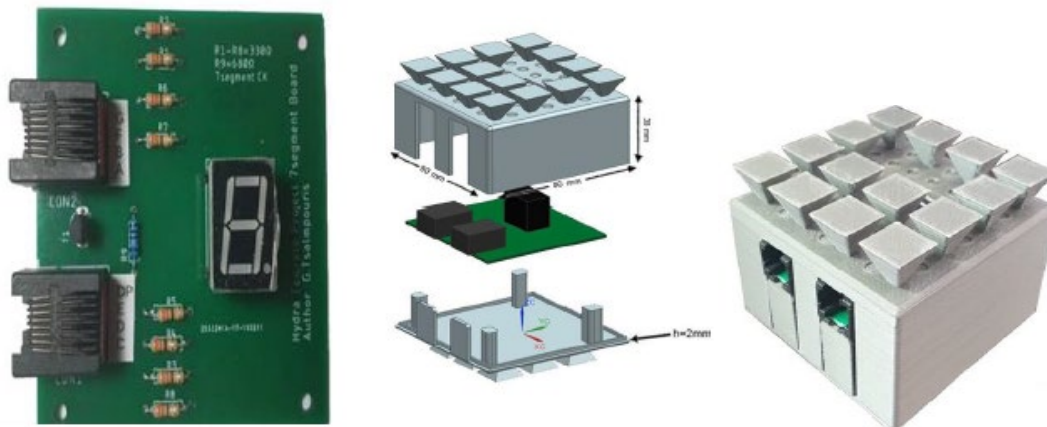
Το άρθρωμα RGB led (Εικόνα 4.9) χρησιμοποιείται για τη παραγωγή χρωμάτων με συνδυασμούς κόκκινου, πράσινου και μπλε. Διαθέτει ένα led τριών χρωμάτων (κόκκινου, πράσινου και μπλε) και τρεις αντιστάσεις (330Ω) για σωστή ρύθμιση του ρεύματος στο led. Το άρθρωμα RGB led συνδέεται στις ψευδοαναλογικές θύρες (PWM) 1, 2 και 3.



Εικόνα 4.9 Άρθρωμα RGB led [26]

Άρθρωμα 7segment display

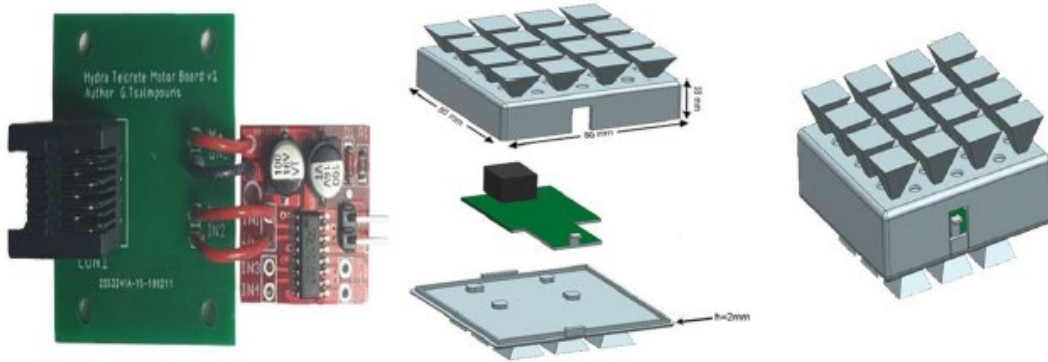
Το κύριο μέρος του αρθρώματος 7segment display είναι η οθόνη η οποία αποτελείται από επτά τμήματα διόδων εκπομπής φωτός (LED) και ένα επιπλέον για την ένδειξη κουκίδας. Ο χρήστης επιλέγοντας τη κατάλληλη διάταξη μπορεί να δημιουργεί την απεικόνιση ακέραιων αριθμών από το 0 έως το 9. Το παραπάνω άρθρωμα μπορεί να συνδεθεί σε δύο από τις ψηφιακές θύρες 1, 2, 3, 8 ή 9 για τον έλεγχο των led στις καταστάσεις (ON-OFF) (Εικόνα 4.10).



Εικόνα 4.10 Άρθρωμα 7-Segment Display [26]

Άρθρωμα DC motor

Το άρθρωμα DC motor απαρτίζεται από έναν κινητήρα συνεχούς ρεύματος και μία ηλεκτρονική πλακέτα, που συνιστά γέφυρα (H), δηλαδή ένα κύκλωμα τεσσάρων διακοπών με δυνατότητα ελέγχου της ταχύτητας και φοράς περιστροφής των κινητήρων συνεχούς ρεύματος.



Εικόνα 4.11 Ολοκληρωμένο άρθρωμα κινητήρα συνεχούς ρεύματος (Motor DC)

Ο κινητήρας του αρθρώματος (DC Gear Motor TT - 130 rpm) διαθέτει ονομαστική τάση λειτουργίας 5V και ρεύμα 200 mA εν κενό (Εικόνα 4.12). Για αυτό τον λόγο απαιτείται εξωτερική τροφοδοσία μέσω των θυρών USB από H/Y οι οποίες μεταδίδουν ρεύμα ικανής τάσης για τον συγκεκριμένο κινητήρα, ωστόσο προτείνεται η τροφοδοσία από εξωτερική πηγή ρεύματος όπως φορτιστή κινητού τηλεφώνου ή tablet. Τέλος, το άρθρωμα DC motor μπορεί να συνδεθεί στις ψευδοαναλογικές θύρες (PWM) 2 και 3, συνδεόμενες με εξωτερική πηγή τροφοδοσίας.



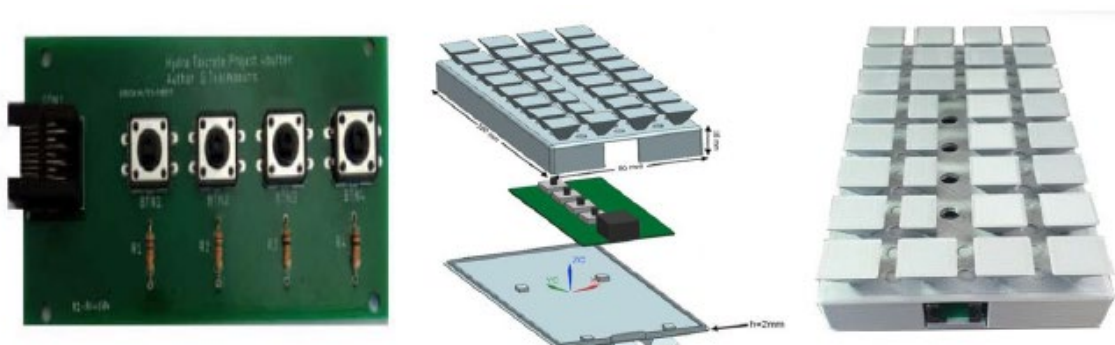
Εικόνα 4.12 Κινητήρας συνεχούς ρεύματος Gear Motor TT-130rpm [26]

4.2.3 ΑΡΘΡΩΜΑΤΑ ΕΙΣΟΔΟΥ (INPUT MODULES)

Από τα αρθρώματα αυτά εισάγονται πληροφορίες από τον χρήστη στον Η/Υ.

Άρθρωμα 4_button

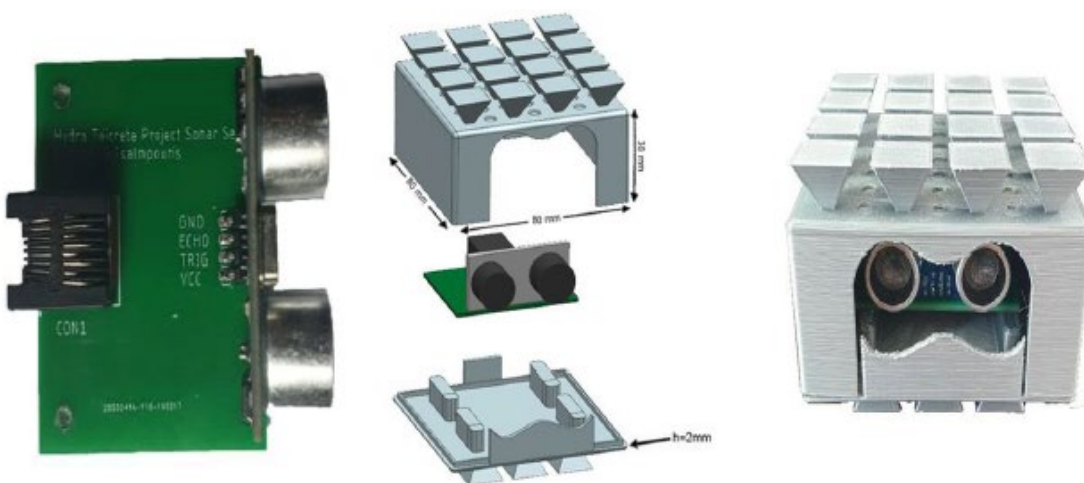
Αποτελείται από τέσσερα κουμπιά και τέσσερις αντιστάσεις πρόσδεσης (pull down) τιμής 10KΩ. Συνδέεται με τις ψηφιακές θύρες 1, 2, 3, 8 και 9 της κεντρικής πλακέτας (Εικόνα 4.13).



Εικόνα 4.13 Άρθρωμα 4_Button [26]

Άρθρωμα sonar sensor

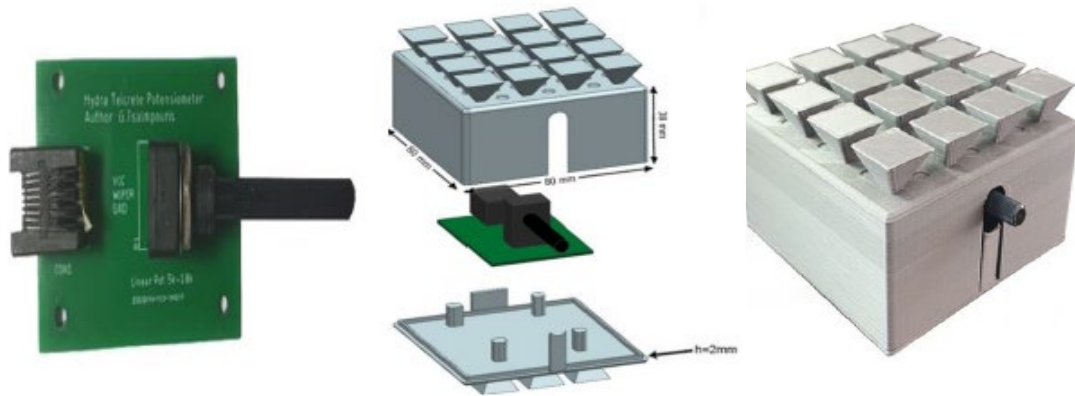
Το άρθρωμα sonar sensor (αισθητήρας υπερήχων) αποτελεί το εξάρτημα του συστήματος το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό απόστασης ανάμεσα στον αισθητήρα και τα εμπόδια. Το συγκεκριμένο άρθρωμα sonar sensor (Εικόνα 4.14) συνδέεται στις ψηφιακές θύρες 1, 2, 3, 8 και 9 της κεντρικής πλακέτας.



Εικόνα 4.14 Άρθρωμα αισθητήρα υπερήχων (Sonar Sensor) [26]

Άρθρωμα ποτενσιόμετρου (potentiometer)

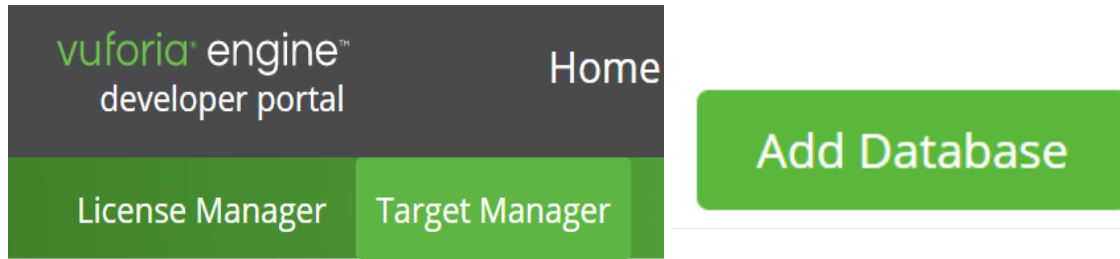
Με αυτό το άρθρωμα επιτυγχάνεται η ελεγχόμενη ρύθμιση κάποιου φυσικού μεγέθους, που επιλέγει ο χρήστης, όπως για παράδειγμα η φωτεινότητα led ή η ταχύτητα κινητήρα. Περιστρέφοντας, ουσιαστικά, τον άξονά του δημιουργείται ένας διαιρέτης τάσης μεταξύ 0 και 5V (Εικόνα 4.16). Ο χρήστης μπορεί να συνδέσει αυτό το άρθρωμα με την κεντρική πλακέτα στις αναλογικές θύρες 4, 5, 6, 7, 8, 9 που διαθέτει.



Εικόνα 4.15 Άρθρωμα ποτενσιόμετρου [26]

4.3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΣΤΟΧΟΥ

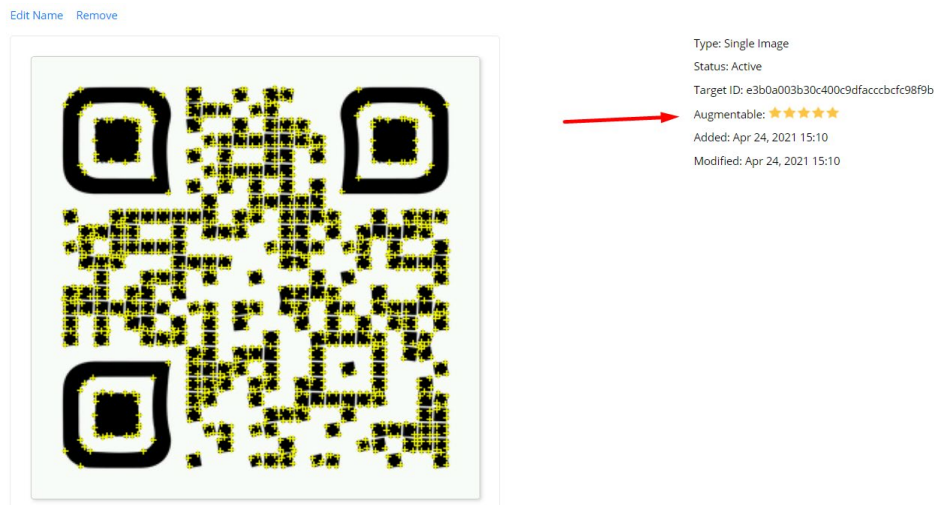
Στην εργασία χρησιμοποιήθηκε η επέκταση **Vuforia Engine** η οποία περιέχει τις κατάλληλες βιβλιοθήκες, εντολές για τη δημιουργία εφαρμογής σε επαυξημένη πραγματικότητα. Επιλέχθηκε λόγω της ευρείας χρήσης και της ευκολίας που παρέχει σε σχέση με άλλες επεκτάσεις για την ίδια δουλειά. Για την εισαγωγή κάποιου αντικειμένου στη Unity και χρήση του μέσω επαυξημένης πραγματικότητας χρειάζεται η δημιουργία βάσης δεδομένων στην οποία αποθηκεύεται η εικόνα στόχος (Image Target). Αυτή χρησιμοποιείται σαν σημείο αναφοράς, δηλαδή όταν ενεργοποιηθεί η εφαρμογή, αυτή αναζητά τη συγκεκριμένη εικόνα στόχο στο χώρο με σκοπό να εμφανίσει τα κατάλληλα τρισδιάστατα αντικείμενα. Για τη δημιουργία της βάσης δεδομένων απαιτείται σύνδεση και δημιουργία λογαριασμού στην ιστοσελίδα της Vuforia Engine (<https://developer.vuforia.com/vui/develop/licenses>). Επιλέγοντας αρχικά την επιλογή Target Manager και μετά Add Database (Εικόνα 4.16).



Εικόνα 4.16 Δημιουργία βάσης δεδομένων

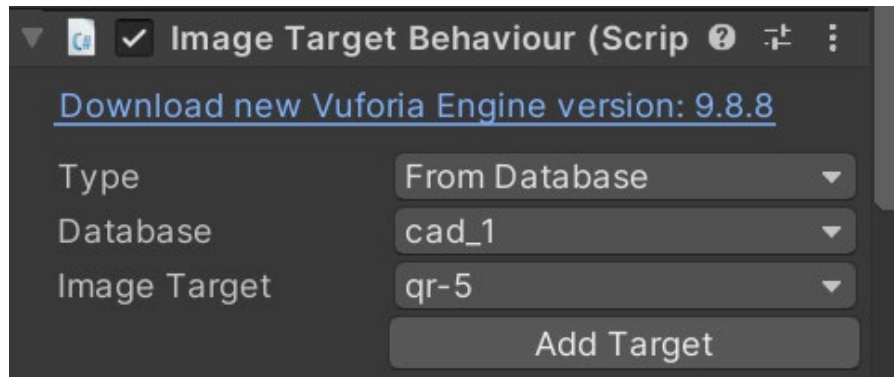
Στη συνέχεια ανεβάζουμε τις επιθυμητές εικόνες στόχους (QR codes και φωτογραφίες) και ελέγχουμε τη βαθμολογία κάθε εικόνας. Αυτή βαθμολογείται μέχρι 5 αστέρια που αναφέρεται στο πόσο εύκολα μπορεί να αναγνωριστεί η εικόνα από την εφαρμογή. Η βαθμολογία 5 δηλώνει την εύκολη αναγνώριση της εικόνας. Τα κίτρινα σύμβολα που εμφανίζονται στην παρακάτω εικόνα δηλώνουν τα σημεία τα οποία ψάχνει για αναγνώριση η εφαρμογή.

Για τη δημιουργία των εικόνων στόχων δημιουργήθηκαν QR codes. Αυτά είναι εικόνες αποτελούμενες από κουτάκια και περιέχουν κάποια πληροφορία (σύνδεσμος, εικόνα κ.ά.) και λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο όπως τα barcodes στα προϊόντα. Για να γίνει η σάρωση τους απαιτείται η χρήση κάμερας. Τα QR codes που χρησιμοποιήθηκαν στην εφαρμογή σχεδιάστηκαν στη σελίδα QR code monkey [29]. Σε αυτή επιλέχθηκαν το σχήμα των κουτιών (μικρά και μεγάλα) και η ανάλυση των εικόνων (1000 x 1000 pixel). Επιλέχθηκε η δημιουργία τους για την ευκολία αναγνώρισης των εικόνων από το κινητό καθώς παρέχουν μεγάλη λεπτομέρεια και την πιο υψηλή βαθμολογία (Augmentable) για τη χρήση τους στις εφαρμογές της Unity. Ένα παράδειγμα παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.17. Η εφαρμογή σχεδιάστηκε με τη λογική ότι θα συνοδεύει εκπαιδευτικό υλικό (βιβλίο) και χρησιμοποιήθηκαν εσκεμμένα οι φωτογραφίες και τα QR για την καλύτερη διευκόλυνση της μάθησης.



Εικόνα 4.17 Βαθμολογία εικόνων για εύκολη αναγνώριση από την εφαρμογή

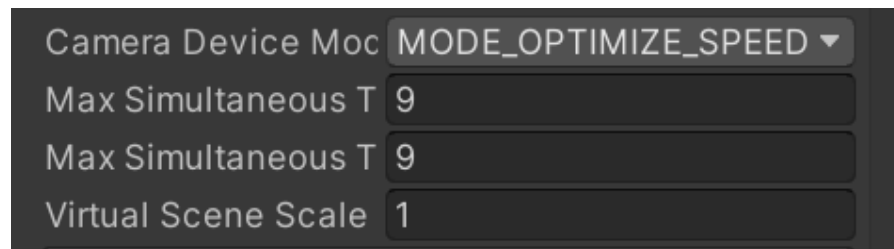
Μόλις ολοκληρωθεί η προσθήκη όλων των εικόνων στη βάση δεδομένων, εισάγονται στο περιβάλλον της Unity. Εκεί με την προσθήκη των επιλογών Image Target και AR Camera γίνεται η σύνδεση μεταξύ εικόνας στόχου και τρισδιάστατου αντικείμενου. Στην εικόνα 4.18 εμφανίζονται οι ρυθμίσεις για το Image Target. Αρχικά δηλώνεται το όνομα της βάσης δεδομένων (Database) και στη συνέχεια επιλέγεται ποια εικόνα στόχος θα χρησιμοποιηθεί (Image Target).



Εικόνα 4.18 Ρυθμίσεις Image Target

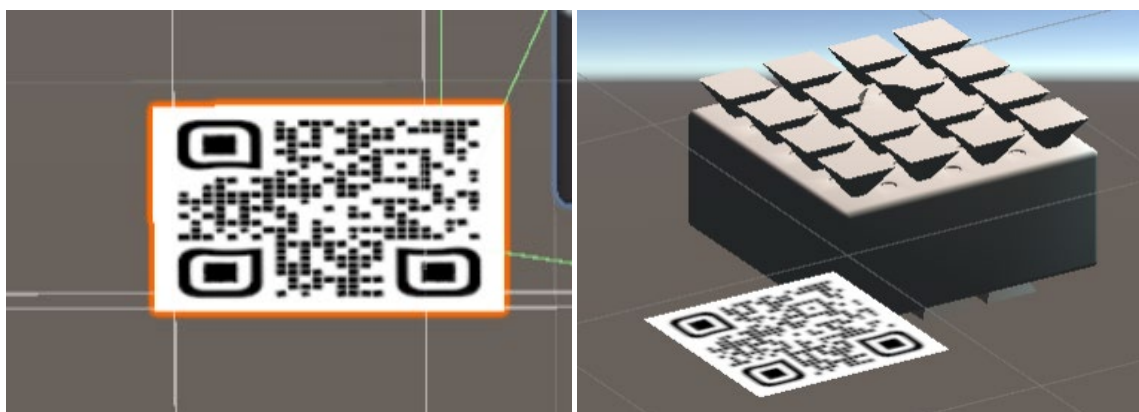
Κάθε τρισδιάστατο αντικείμενο αντιστοιχεί σε ξεχωριστό Image Target, οπότε συνολικά χρειάστηκαν 16 διαφορετικές εικόνες όπου σε κάθε αντικείμενο αντιστοιχεί 1 εικόνα QR code και 1 εικόνα ακόμα, ως εναλλακτική προσέγγιση (θα αναλυθεί στη συνέχεια).

Με τη χρήση του Vuforia Engine παρέχονται επιπλέον δυνατότητες για την καλύτερη απόδοση της εφαρμογής. Προτιμήθηκε να δοθεί έμφαση στην ταχύτητα της εφαρμογής έναντι της ποιότητας (Mode_Optimize_Speed) καθώς απαιτείται ταυτόχρονη σάρωση μέχρι και 8 εικόνων οι οποίες μπορεί να μειώσουν σημαντικά την απόδοση της εφαρμογής. Ο μέγιστος αριθμός ταυτόχρονης σάρωσης Image Target πρέπει να είναι αντίστοιχα μεγαλύτερος ή ίσος του 8 γι' αυτό ορίστηκε το όριο στο 9 (Max Simultaneous Tracked Images).



Εικόνα 4.19 Ρυθμίσεις εφαρμογής AR

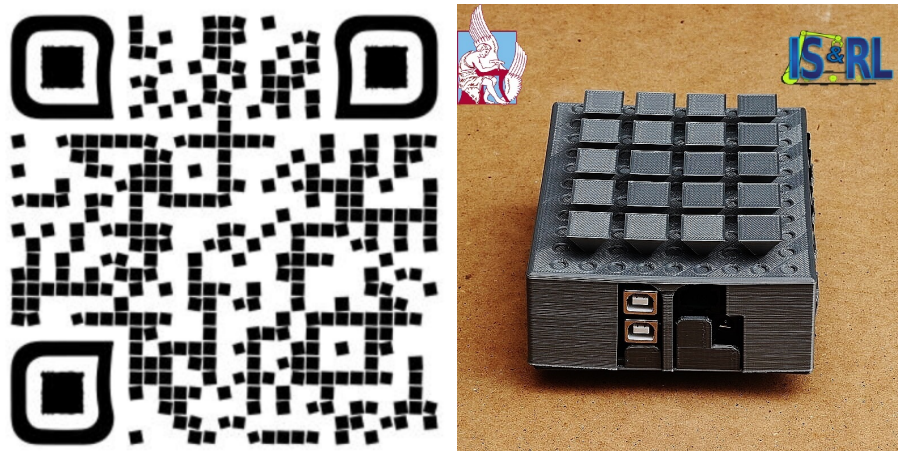
Μόλις τοποθετηθεί το Image Target στο περιβάλλον της Unity εισάγουμε στη συνέχεια τα τρισδιάστατα αντικείμενα. Τα αντικείμενα είναι σε μορφή .fbx όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως. Κατά την εκτέλεση της εφαρμογής τα αντικείμενα θα εμφανιστούν μόνο όταν αναγνωριστεί από την κάμερα το αντίστοιχο Image Target.



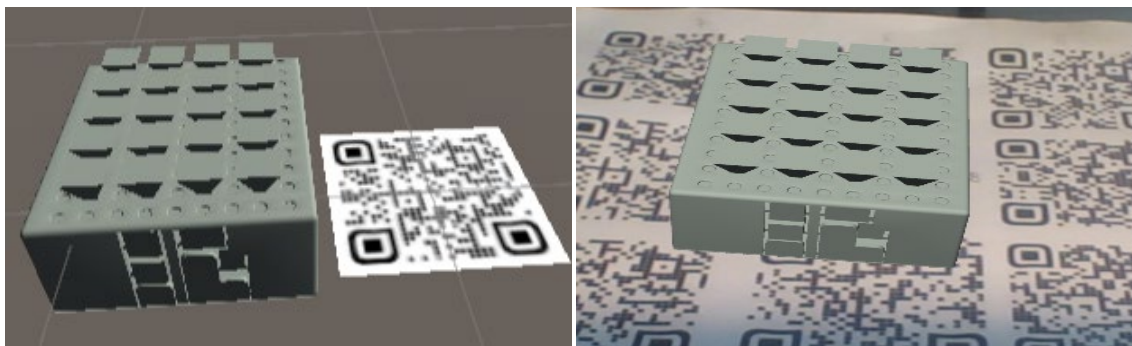
Εικόνα 4.20 Προβολή αντικειμένου στη Unity

4.39 ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ ΣΤΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΚΑΙ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Για τις ανάγκες της εφαρμογής έχουν δημιουργηθεί 8 διαφορετικά QR codes και τραβήχτηκαν 8 φωτογραφίες των αντικειμένων που αντιστοιχούν σε ένα 3D αντικείμενο το καθένα. Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν το καθένα ξεχωριστά στο ψηφιακό και στο πραγματικό περιβάλλον. Τα αντικείμενα παρατίθενται στις Εικόνες 4.21 – 4.36.



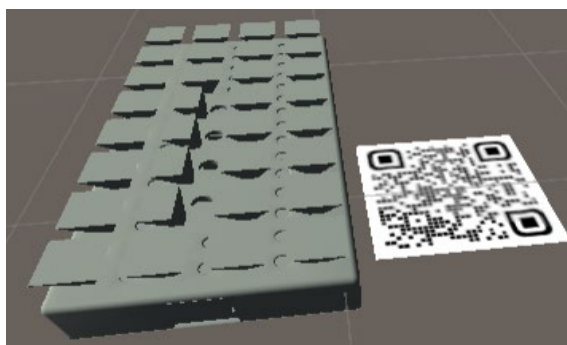
Εικόνα 4.21 QR code και φωτογραφία κεντρικής μονάδας



Εικόνα 4.22 Κεντρική μονάδα στο ψηφιακό, πραγματικό περιβάλλον



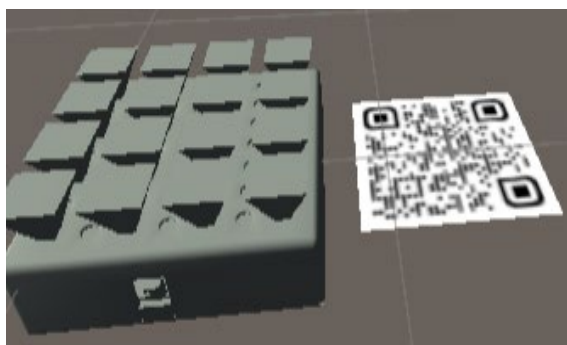
Εικόνα 4.23 QR code και φωτογραφία αρθρώματος 4 button



Εικόνα 4.24 Άρθρωμα 4 button στο ψηφιακό, πραγματικό περιβάλλον



Εικόνα 4.25 QR code και φωτογραφία αρθρώματος dc motor



Εικόνα 4.26 Άρθρωμα dc motor στο ψηφιακό, πραγματικό περιβάλλον



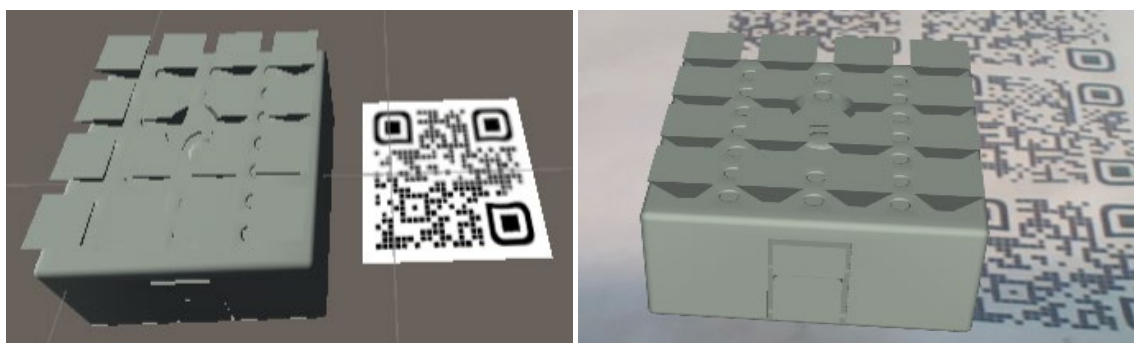
Εικόνα 4.27 QR code και φωτογραφία αρθρώματος Sonar Sensor



Εικόνα 4.28 Άρθρωμα Sonar Sensor στο ψηφιακό, πραγματικό περιβάλλον



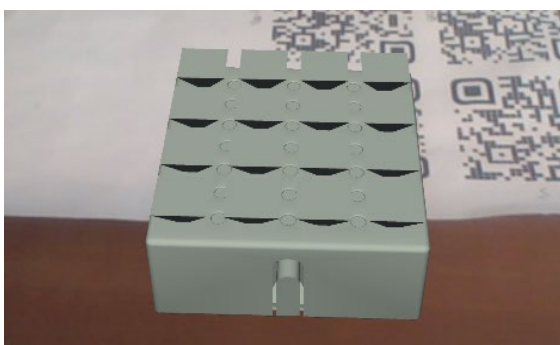
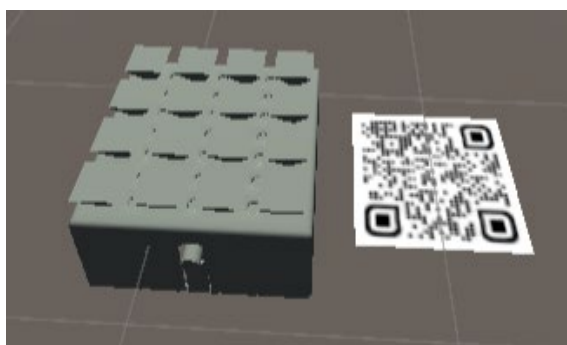
Εικόνα 4.29 QR code και φωτογραφία αρθρώματος RGB Led



Εικόνα 4.30 Άρθρωμα RGB Led στο ψηφιακό, πραγματικό περιβάλλον



Εικόνα 4.31 QR code και φωτογραφία αρθρώματος ποτενσιόμετρου



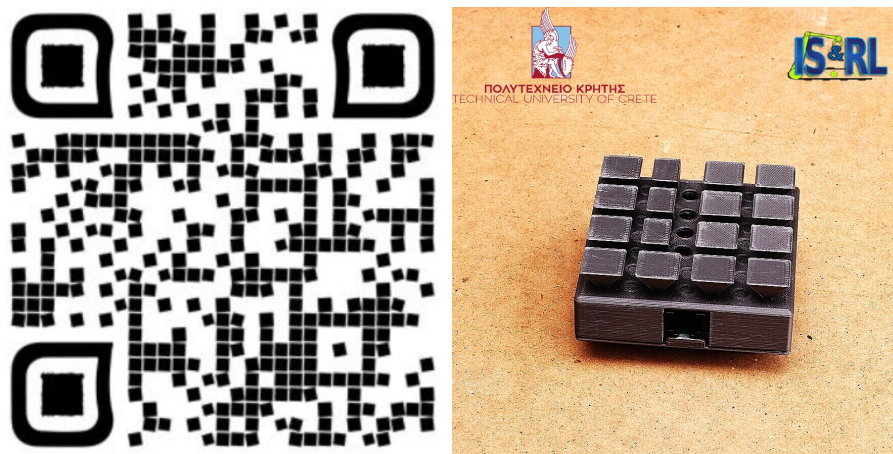
Εικόνα 4.32 Άρθρωμα ποτενσιόμετρου στο ψηφιακό, πραγματικό περιβάλλον



Εικόνα 4.33 QR code και φωτογραφία αρθρώματος 7 segment display



Εικόνα 4.34 Άρθρωμα 7 segment display στο ψηφιακό, πραγματικό περιβάλλον



Εικόνα 4.35 QR code και φωτογραφία αρθρώματος 4 Led



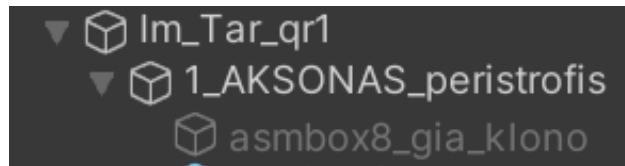
Εικόνα 4.36 Άρθρωμα 4 Led στο ψηφιακό, πραγματικό περιβάλλον

4.4 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ

Η εφαρμογή που δημιουργήθηκε αποτελείται από σχετικά μεγάλο αριθμό τρισδιάστατων αντικειμένων και αυτό προκαλεί την αύξηση του μεγέθους της, το οποίο δεν είναι αποδεκτό καθώς δεν προορίζεται για φορητές συσκευές (κινητό, Tablet κ.ά.).

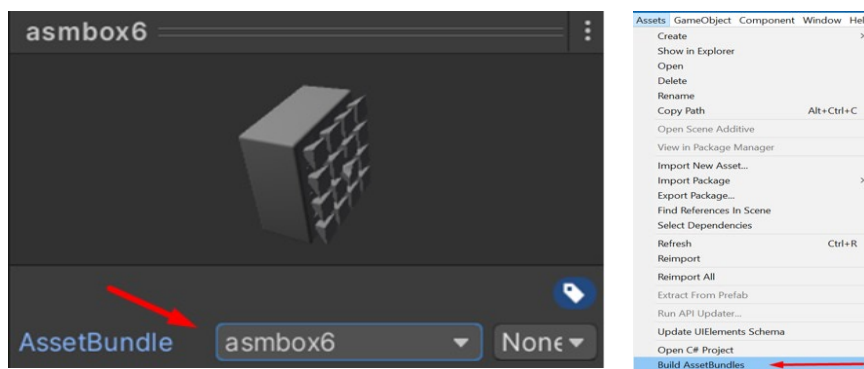
Αρχικά ανοίγοντας την εφαρμογή κανένα Image Target δεν έχει παιδί (Child). Μόλις αναγνωριστεί το Image Target γίνεται αίτημα στη βάση δεδομένων για να τοποθετηθεί το τρισδιάστατο αντικείμενο ως παιδί στο Image Target. Ο τρόπος αυτός υλοποίησης απαιτεί τη συνεχή σύνδεση στο διαδίκτυο.

Τα αντικείμενα που θα τοποθετηθούν στη βάση δεδομένων δεν μπορούν να περιέχουν Scripts στα στοιχεία τους. Μπορούν να περιέχουν αλλαγές στο μέγεθός τους, στο χρώμα, στο υλικό τους κ.ά. Γι' αυτό δημιουργήθηκε ένας γονιός για κάθε αντικείμενο, που περιέχει όλα τα απαραίτητα Scripts που χρειάζεται να κληρονομήσει το τρισδιάστατο αντικείμενο. Με αυτόν τον τρόπο όταν γίνει η αναγνώριση του Image Target του τρισδιάστατου αντικειμένου τοποθετείται στον αντίστοιχο γονιό (1_AKSONAS_peristrofis κ.ά) και κληρονομεί τις ιδιότητές του.



Εικόνα 4.37 Τοποθέτηση κλώνου και γονέα του στο Image Target

Η διαδικασία που επιλέχθηκε για τη βάση δεδομένων είναι η **Asset Bundles** διότι είναι δωρεάν και είναι από τις πιο απλές μεθόδους προς υλοποίηση. Με τη διαδικασία αυτή μετατρέπεται ένα κείμενο, αντικείμενο, εικόνα κ.ά σε αρχείο κώδικα το οποίο μπορούμε να το ενεργοποιήσουμε και να το εμφανίσουμε σε πραγματικό χρόνο. Κάθε αντικείμενο πρέπει να φέρει ένα χαρακτηριστικό όνομα στο πεδίο Asset Bundle όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 4.38 Τοποθέτηση κλώνου και γονέα του στο Image Target, επιλογή Asset Bundle

Επιλέγεται στη συνέχεια η επιλογή Assets -> Build Assets Bundles και τα αντικείμενα μετατρέπονται σε αρχεία κώδικα. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για κάθε αντικείμενο αντίστοιχα. Στη συνέχεια δημιουργήθηκε ένας φάκελος στο Google Drive με όνομα AssetBundles, εκεί τοποθετήθηκαν όλα τα αρχεία κώδικα. Για να χρησιμοποιηθούν τα αρχεία χρειάστηκε η αντιγραφή συνδέσμου κάθε αντικειμένου και η τοποθέτησή του στον παρακάτω κώδικα. Ο σύνδεσμος του φακέλου είναι της μορφής "https://drive.google.com/drive/folders/...". Τέλος χρειάστηκε η μετατροπή των συνδέσμων σε συνδέσμους που κατεβάζουν απευθείας το αρχείο για να διευκολυνθεί η χρήση του κώδικα. Επιλέχθηκε η σελίδα Google Drive Direct Link Generator [28] η οποία μετατρέπει το σύνδεσμο στη μορφή που χρειάζεται και στη συνέχεια τοποθετείται ο νέος σύνδεσμος στον κώδικα που παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.1.

Αίτημα λήψης αντικειμένου και τοποθέτηση στην εφαρμογή

```
public string url = "https://drive.google.com/uc?export=download&id=...";

void Start()
{
    WWW www = new WWW(url);
    StartCoroutine(webReq(www));
}

IEnumerator webReq(WWW www)
{
    yield return www;

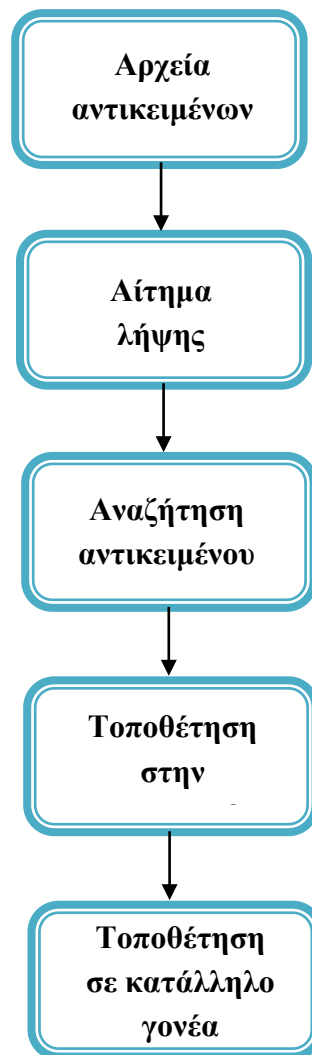
    while(www.isDone == false)
    {
        yield return null;
    }
    AssetBundle bundle = www.assetBundle;

    if(www.error == null)
    {
        string rootAssetPath = bundle.GetAllAssetNames()[0];
        GameObject obj = Instantiate((GameObject)bundle.LoadAsset("asmbox8") as GameObject);

        obj.transform.parent = GameObject.Find("asmbox8_gia_klono").transform;
    }
    else
    {
        Debug.Log(www.error);
    }
}
```

Πίνακας 4.1 Κάλεσμα αντικειμένου από βάση δεδομένων [27]

Ο κώδικας τοποθετείται σε κάθε Image Target που έχει δημιουργηθεί. Το κάθε αντικείμενο στη βάση δεδομένων έχει διαφορετική ονομασία για να μπορέσει να αναγνωριστεί από το Script. Η μέθοδος που έχει ακολουθηθεί είναι η “WWW” με την οποία γίνεται ένα αίτημα λήψης του αρχείου από τη βάση δεδομένων και εφόσον το αρχείο βρεθεί θα τοποθετηθεί στο πρόγραμμα. Με την εντολή “**Instantiate**” τοποθετείται το αντικείμενο μέσα στο περιβάλλον της Unity ενώ στη συνέχεια με την εντολή **.parent** ορίζεται ποιος θα είναι ο γονέας του αντικειμένου. Μόλις ολοκληρωθεί η διαδικασία το τρισδιάστατο αντικείμενο προβάλλεται πάνω από το Image Target που έχουμε ορίσει. Σε περίπτωση που δεν βρεθεί το αρχείο εμφανίζεται ένα μήνυμα σφάλματος στο περιβάλλον της Unity. Η διαδικασία παρουσιάζεται αναλυτικά στην Εικόνα 4.39.



Εικόνα 4.39 Διαδικασία τοποθέτησης αντικειμένων στην εφαρμογή

4.5 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ

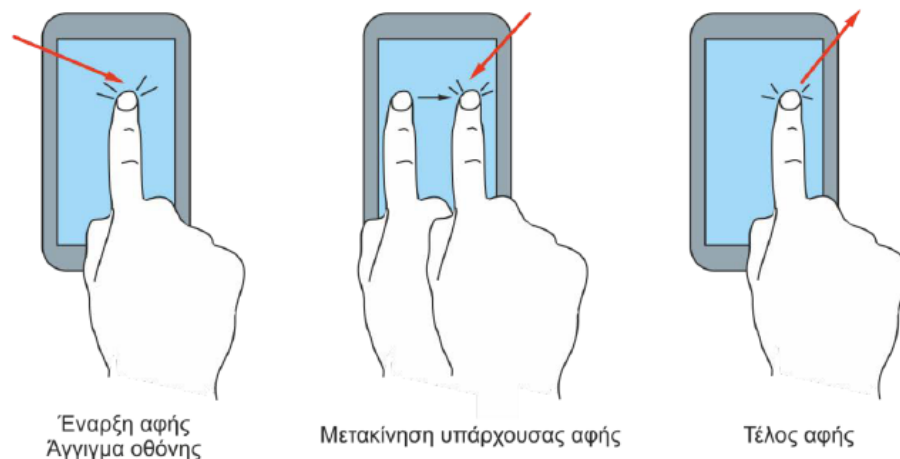
Η περιστροφή των αντικειμένων μέσω της οθόνης αφής απαιτεί τη δημιουργία του σχετικού Script. Σε αυτό αναφέρεται αρχικά η ταχύτητα περιστροφής του αντικειμένου. Η εντολή `Public` χρησιμοποιείται για να είναι ορατή η μεταβλητή και από το περιβάλλον της Unity και όχι μόνο μέσω του Script. Αυτό δίνει τη δυνατότητα την αλλαγή της τιμής της από τη Unity χωρίς να χρειαστεί να ανοιχθεί το Script. Στη συνέχεια η εντολή `Input.GetMouseButton(0)` καλείται όταν πατηθεί συγκεκριμένο κουμπί ή οθόνη αφής και απενεργοποιείται όταν δεν πατιέται πλέον το αντίστοιχο κουμπί. Στη συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε η εντολή `Vector3` η οποία χρησιμεύει για αλλαγή στη θέση ή περιστροφή αντικειμένων. Για την περιστροφή των τρισδιάστατων αντικειμένων χρειάστηκε να δηλωθούν οι άξονες X, Y. Σημαντικό ρόλο στην περιστροφή παίζει η δήλωση της `deltaTime` καθώς αυτή αποτελεί ένα κλάσμα του δευτερολέπτου ή των Frames. Αυτό συντελεί στην ομαλή λειτουργία της περιστροφής και δεν ανανεώνεται σε κάθε Frame όπου η περιστροφή θα συνέβαινε πολύ αργά ή γρήγορα [27].

Περιστροφή αντικειμένου μέσω Script

```
public float rotSpeed = 250;

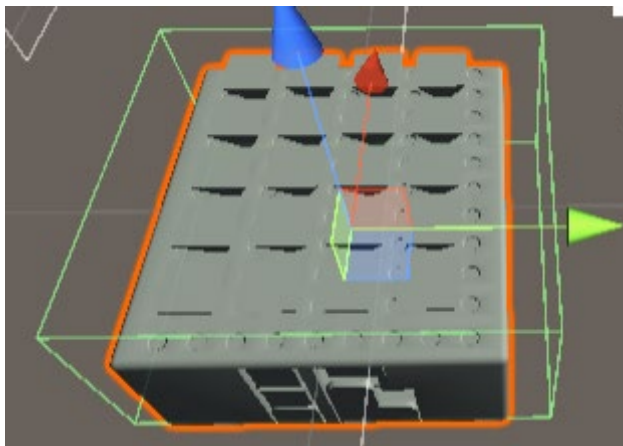
void Update()
{
    if (Input.GetMouseButton(0))
    {
        transform.Rotate(new Vector3(Input.GetAxis("Mouse X"), Input.GetAxis("Mouse Y"), 0) *
        Time.deltaTime * rotSpeed);
    }
}
```

Πίνακας 4.2 Περιστροφή αντικειμένων [27]



Εικόνα 4.40 Βασικές καταστάσεις ενός αντικειμένου αφής [24]

Τα αντικείμενα όταν εισαχθούν στο περιβάλλον της Unity έχουν αρχικά μόνο οπτική διάσταση. Δεν έχουν καθοριστεί οι φυσικές διαστάσεις του αντικειμένου με αποτέλεσμα να μην μπορεί να εκτελεστεί σωστά η περιστροφή τους δηλαδή, πατώντας σε οποιοδήποτε σημείο στην οθόνη του κινητού θα περιστρεφόταν το αντικείμενο. Για να αντιμετωπιστεί αυτό τοποθετήθηκε στα στοιχεία του αντικειμένου κάποιος Collider (πράσινο πλαίσιο) για να αποκτήσει φυσικές διαστάσεις και να ανταποκρίνεται στην αλληλεπίδραση. Η διαδικασία αυτή έχει πραγματοποιηθεί για όλα τα αντικείμενα που υπάρχουν στη βάση μας.



Εικόνα 4.41 Τοποθέτηση Box Collider στα αντικείμενα

4.6 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΜΕΓΕΘΥΝΣΗΣ/ΣΜΙΚΡΥΝΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ

4.6.1 ΜΕΓΕΝΘΥΝΣΗ / ΣΜΙΚΡΥΝΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ

Για το Script ορίζονται αρχικά κάποιες Public μεταβλητές για τον ευκολότερο χειρισμό από το περιβάλλον της Unity. Αυτές οι μεταβλητές αντιστοιχούν στους άξονες X, Y, Z. Έχουν δημιουργηθεί συναρτήσεις ScaleUpButton και ScaleDownButton οι οποίες περιέχουν τις συντεταγμένες X, Y, Z για τη μεγέθυνση και -X, -Y, -Z για τη σμίκρυνση. Για να επιτευχθεί η μεγέθυνση ή τη σμίκρυνση χρησιμοποιείται η εντολή Transform.localScale. Όταν κληθούν από το χρήστη ενεργοποιούνται και μεγεθύνουν ή σμικρύνουν το αντικείμενο αντίστοιχα. Ο σχετικός κώδικας παρουσιάζεται αναλυτικά στον Πίνακα 4.3.

Επιπλέον για την αλλαγή μεγέθους των αντικειμένων έχει χρησιμοποιηθεί η επέκταση Lean Touch με την οποία μπορεί να επιλεγεί πόσα δάχτυλα χρειάζονται για να επιτευχθεί ο κατάλληλος αλγόριθμος. Στην περίπτωση αυτή επιλέχθηκαν 2 δάχτυλα. Πατώντας στην οθόνη και απομακρύνοντας τα δάχτυλα το αντικείμενο μεγεθύνεται ενώ σε αντίθετη περίπτωση το μέγεθος του μειώνεται.

Μεγέθυνση / Σμίκρυνση αντικειμένων

```
public float scalingSpeed = 0.03f;
public float rotationSpeed = 70.0f;
public float translationSpeed = 5.0f;

bool repeatScaleUp = false;
bool repeatScaleDown = false;

void Update ()
{
    if (repeatScaleUp) {
        ScaleUpButton ();
    }
    if (repeatScaleDown) {
        ScaleDownButton ();
    }
}

public void ScaleUpButton()
{
    GameObject.FindWithTag("Model_2").transform.localScale += new Vector3(scalingSpeed,
scalingSpeed, scalingSpeed);
}

public void ScaleUpButtonRepeat ()
{
    repeatScaleUp = true;
    Debug.Log ("Up");
}

public void ScaleDownButtonRepeat ()
{
    repeatScaleDown = true;
    Debug.Log ("Down");
}

public void ScaleUpButtonOff ()
{
    repeatScaleUp = false;
    Debug.Log ("Off");
}
```

```

    }
    public void ScaleDownButtonOff ()
    {
        repeatScaleDown = false;
        Debug.Log ("Off");
    }
    public void ScaleDownButton ()
    {
        GameObject.FindWithTag("Model_2").transform.localScale += new Vector3(-scalingSpeed, -
scalingSpeed, -scalingSpeed);
    }

```

Πίνακας 4.3 Μεγένθυση / Σμίκρυνση αντικειμένων [27]

4.6.2 ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ

Το Script για την μετακίνηση αντικειμένων δημιουργείται με παρόμοιο τρόπο όπως και η αλλαγή στο μέγεθός τους. Στην αλλαγή μεγέθους χρειάζεται να μεταβάλλουμε τους άξονες X, Y, Z ενώ για την μετατόπιση των αντικειμένων μεταβάλλουμε έναν άξονα κάθε φορά. Για να επιτευχθεί η μετατόπιση των αντικειμένων απαιτείται η εντολή **transform.Translate**.

Στη μετατόπιση δεξιά επηρεάζεται ο άξονας Y (GameObject.FindWithTag ("Model").transform.Translate (translationSpeed * Time.deltaTime, 0, 0)). Στη μετατόπιση αριστερά ο άξονας -Y (GameObject.FindWithTag ("Model").transform.Translate (-translationSpeed * Time.deltaTime, 0, 0)).

Στη μετατόπιση πάνω και κάτω αντίστοιχα επηρεάζεται ο Y και -Y άξονας ((GameObject.FindWithTag ("Model").transform.Translate (0, 0, translationSpeed * Time.deltaTime) και (GameObject.FindWithTag ("Model").transform.Translate (0, 0, -translationSpeed * Time.deltaTime))

Στη μετατόπιση κατά ύψος αλλάζει ο Z άξονας για μετατόπιση προς τα πάνω και ο -Z για μετατόπιση προς τα κάτω ((GameObject.FindWithTag("Model").transform.Translate(0, translationSpeed * Time.deltaTime, 0) και (GameObject.FindWithTag("Model").transform.Translate(0, -translationSpeed * Time.deltaTime, 0)).

4.7 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ / ΑΠΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Ο αλγόριθμος αυτός χρησιμοποιήθηκε αρκετά στην εφαρμογή. Αρχικά δηλώνεται το στοιχείο που έχει επιλεγεί εάν είναι ενεργοποιημένο ή απενεργοποιημένο (Active(True) ή Active(False)) και στη συνέχεια με τη χρήση δύο συναρτήσεων που χρησιμοποιούνται ως “διακόπτες” εμφάνισης ή απενεργοποίησης (public void Open_1o_panel(), public void kleise_1o_panel()) καλούνται μέσα από κουμπιά που δηλώνονται στο περιβάλλον της Unity.

Ενεργοποίηση απενεργοποίηση στοιχείων

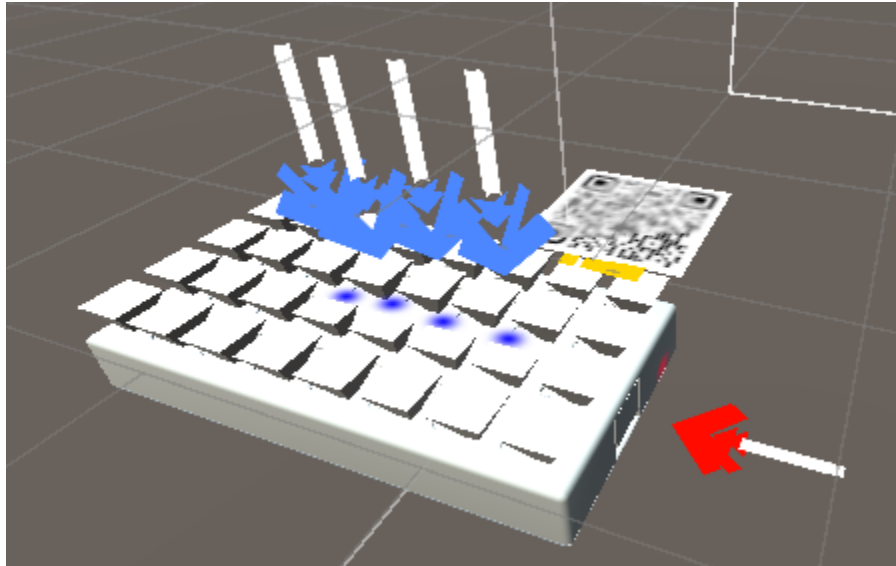
```
public GameObject Panel_1o;
void Start() {
    Panel_1o.SetActive(false);
    public void Open_1o_panel()
    {
        Panel_1o.SetActive(true);
        Debug.Log("Button pressed");
    }

    public void kleise_1o_panel()
    {
        Panel_1o.SetActive(false);
        Debug.Log("Button released");
    }
}
```

Πίνακας 4.4 Ενεργοποίηση / Απενεργοποίηση στοιχείων [27]

Στην εφαρμογή το Script χρησιμοποιήθηκε μέσα από UI Button για την εμφάνιση των κουμπιών πληροφοριών (κόκκινο, κίτρινο, μπλε κουμπί), την εμφάνιση: των πληροφοριών για κάθε αντικείμενο, του μενού, των ρυθμίσεων, των αντικειμένων και ενεργοποίηση / απενεργοποίηση του ήχου.

Παρακάτω φαίνονται τα κουμπιά πληροφοριών. Πατώντας τα εμφανίζονται στην οθόνη πληροφορίες για το κάθε αντικείμενο, αυτό φωτίζεται και εμφανίζεται ένα βελάκι που δείχνει το σημείο που αναφέρεται το κείμενο.



Εικόνα 4.42 Κουμπιά πληροφοριών αντικειμένων

4.7.1 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΗΧΩΝ ΠΛΗΚΤΡΩΝ

Για την δημιουργία των ηχητικών εφέ χρειάστηκαν αρχεία ήχου μικρής διάρκειας. Αυτά τοποθετούνται σε GameObject μέσω της επιλογής Audio Source, με αυτόν τον τρόπο λειτουργούν και μπορούν να επεξεργαστούν όπως κάθε GameObject. Χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικά ηχητικά αρχεία για τη μεγέθυνση, αλλαγή σκηνής κ.ά.

Για τη σίγαση του ήχου δημιουργήθηκε αντίστοιχο Script όπου τοποθετούνται όλα τα GameObject ήχου σε αυτό και μέσω της επιλογής "Ήχος πλήκτρων" στις ρυθμίσεις απενεργοποιούνται ή ενεργοποιούνται αντίστοιχα.

4.8 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΚΛΕΙΣΙΜΑΤΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΚΑΙ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΚΗΝΗΣ

4.8.1 ΚΛΕΙΣΙΜΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Ο αλγόριθμος αυτός χρησιμοποιείται για το κλείσιμο της εφαρμογής από οποιαδήποτε σκηνή βρίσκεται ο χρήστης. Έχει χρησιμοποιηθεί το κουμπί με το σύμβολο "X" (εικόνα 4.29) για να είναι ευδιάκριτο στο χρήστη.

Κλείσιμο εφαρμογής
<pre>public void CloseAppButton () { Application.Quit (); }</pre>

Πίνακας 4.5 Κλείσιμο εφαρμογής [27]



Εικόνα 4.43 Κουμπί εξόδου εφαρμογής

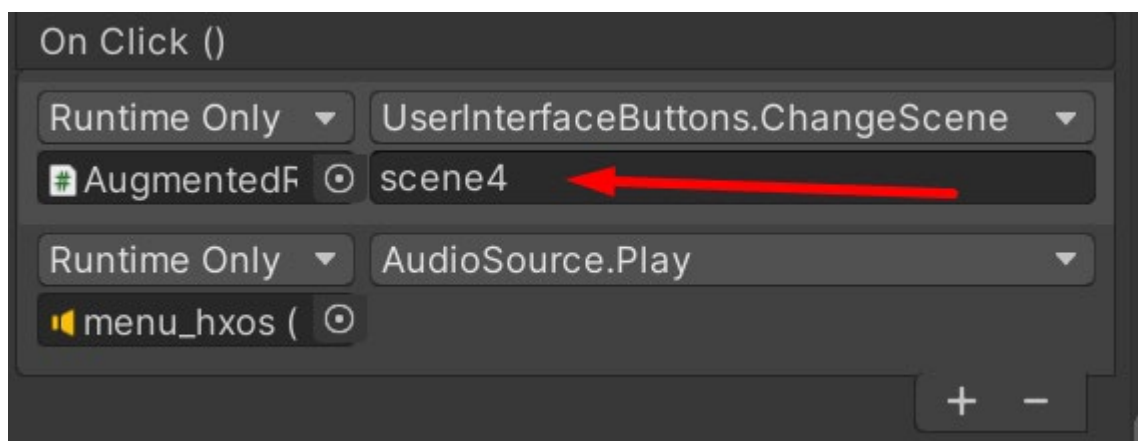
4.8.2 ΑΛΛΑΓΗ ΣΚΗΝΗΣ

Ο αλγόριθμος χρησιμοποιείται για τη μετάβαση σε άλλη σκηνή καθώς και για την επαναφόρτωση της σκηνής σε περίπτωση που υπάρξει πρόβλημα με την εμφάνιση των αντικειμένων.

Αλλαγή σκηνής
<pre>public void ChangeScene (string a) { Application.LoadLevel (a); }</pre>

Πίνακας 4.6 Αλλαγή σκηνής [27]

Για τη μετάβαση σε άλλη σκηνή εισάγεται στο στοιχείο η "On click ()" επιλογή και τοποθετείται ο κώδικας σε αυτό. Γράφοντας στο κενό το όνομα της σκηνής μετάβασης επιτυγχάνεται η μετάβαση στη συγκεκριμένη σκηνή.



Εικόνα 4.44 Αλλαγή σκηνής μέσω Unity

4.9 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΧΡΟΝΟΜΕΤΡΟΥ

Ο αλγόριθμος του χρονομέτρου χρησιμοποιείται για την καταγραφή του χρόνου διάρκειας της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Δηλώνεται αρχικά ότι η μέτρηση ξεκινάει από το 0 και στη συνέχεια αναφέρεται ο τρόπος που υπολογίζει τα δευτερόλεπτα και τα λεπτά.

Χρονόμετρο
<pre> void Start() { timer = 0; } void Update() { StopwatchCalcul(); } void StopwatchCalcul() { timer += Time.deltaTime; seconds = (int)(timer % 60); minutes = (int)(timer / 60); stopWatchText.text = minutes.ToString("00") + ":" + seconds.ToString("00"); } </pre>

Πίνακας 4.7 Script Χρονομέτρου [27]

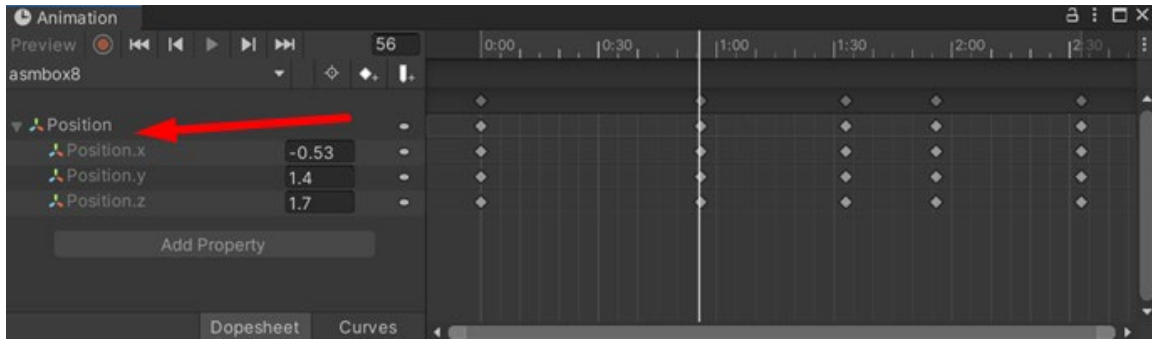


Εικόνα 4.45 Χρονόμετρο στο περιβάλλον της Unity

4.10 ΚΙΝΟΥΜΕΝΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ (ANIMATOR – ANIMATION)

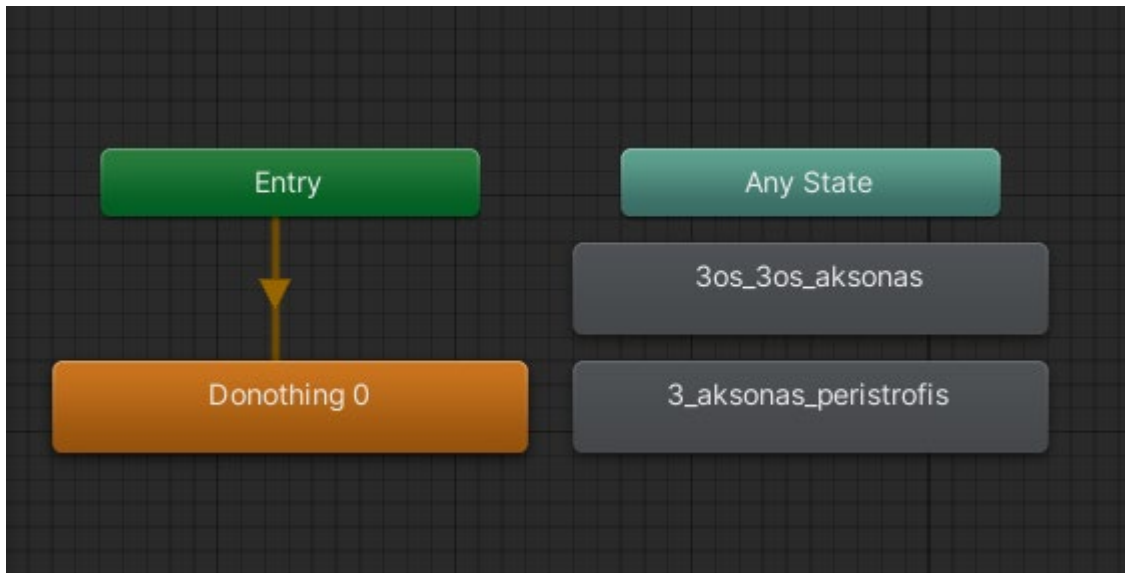
Η επιλογή animation χρησιμοποιείται για την αυτοματοποίηση κάποιων διαδικασιών. Στην εφαρμογή δημιουργήθηκαν βήματα συναρμολόγησης για 3 διαφορετικές λειτουργικές κατασκευές. Ο χρήστης πατώντας ένα κουμπί βλέπει οπτικά πώς να το συναρμολογήσει. Αρχικά ορίζονται οι τελικές συντεταγμένες του αντικειμένου, η περιστροφή και η αλλαγή μεγέθους αν απαιτείται και η χρονική διάρκεια της

μετατόπισης. Μέσα σε αυτή τη χρονική διάρκεια εκτελούνται όλες οι αλλαγές που αναφέρθηκαν.



Εικόνα 4.46 Κινούμενα αντικείμενα

Όλα τα αρχεία animation συνοδεύονται από το animator. Σε αυτό ορίζεται πότε θα ενεργοποιηθεί το animation και με ποια σειρά. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται αρχικά το animation να μην είναι ενεργοποιημένο (Donothing 0) και με τη χρήση UI Button στο περιβάλλον της Unity ενεργοποιείται το αντίστοιχο animation (3os_3os_aksonas ή 3_aksonas_peristrofis).

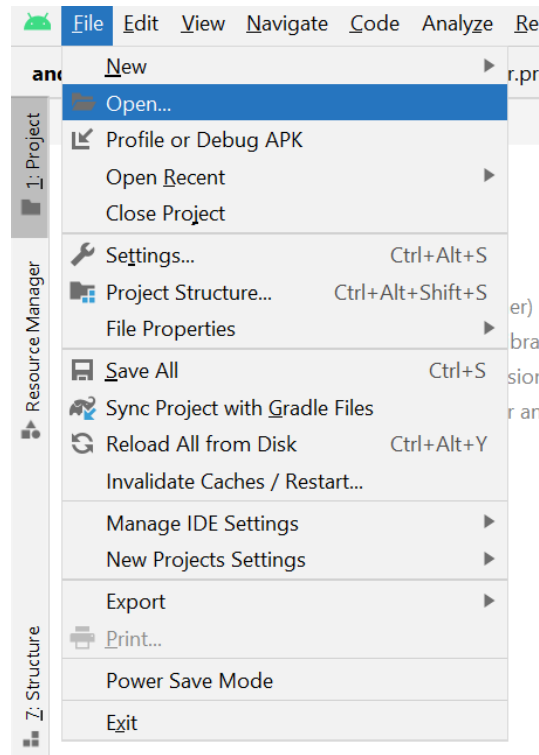


Εικόνα 4.47 Έλεγχος κινούμενων αντικειμένων

4.11 ANDROID STUDIO

Η εφαρμογή σχεδιάστηκε με σκοπό τη χρήση της μέσω κινητών τηλεφώνων. Επιλέχθηκε η δημιουργία εφαρμογής για κινητά Android λόγω της ευρείας χρήσης τους. Μέσω του προγράμματος **Android Studio** τα αρχεία της Unity μετατρέπονται σε εφαρμογή για το κινητό με τη μορφή **.apk**.

Ανοίγεται αρχικά το Android Studio και μέσα από τις ρυθμίσεις επιλέγεται ποια έκδοση Android απαιτείται. Στη συγκεκριμένη εφαρμογή έχουν επιλεγθεί οι πιο πρόσφατες Android εκδόσεις (11.0 (R), 10.0 (Q), 9.0 (Pie)). Εάν το κινητό τηλέφωνο δεν έχει κάποια από τις επιλεγμένες εκδόσεις τότε δε θα λειτουργήσει η εφαρμογή.

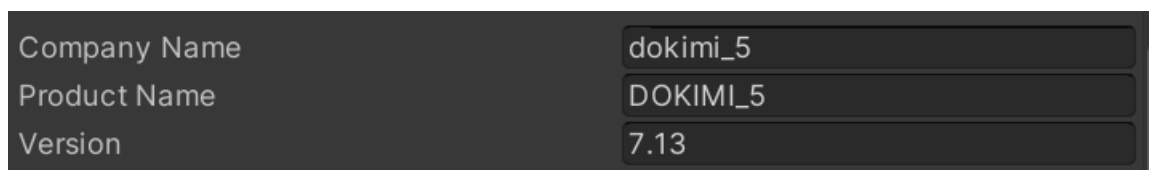


Εικόνα 4.48 Άνοιγμα εφαρμογής στο Android Studio

Data Sharing	Name	API Level	Revision	Status
Date Formats	<input type="checkbox"/> Android API 31	31	1	Not installed
Updates	<input checked="" type="checkbox"/> Android 11.0 (R)	30	3	Update available
Android SDK	<input checked="" type="checkbox"/> Android 10.0 (Q)	29	5	Installed
Memory Settings	<input checked="" type="checkbox"/> Android 9.0 (Pie)	28	6	Installed
	<input type="checkbox"/> Android 8.1 (Oreo)	27	3	Not installed

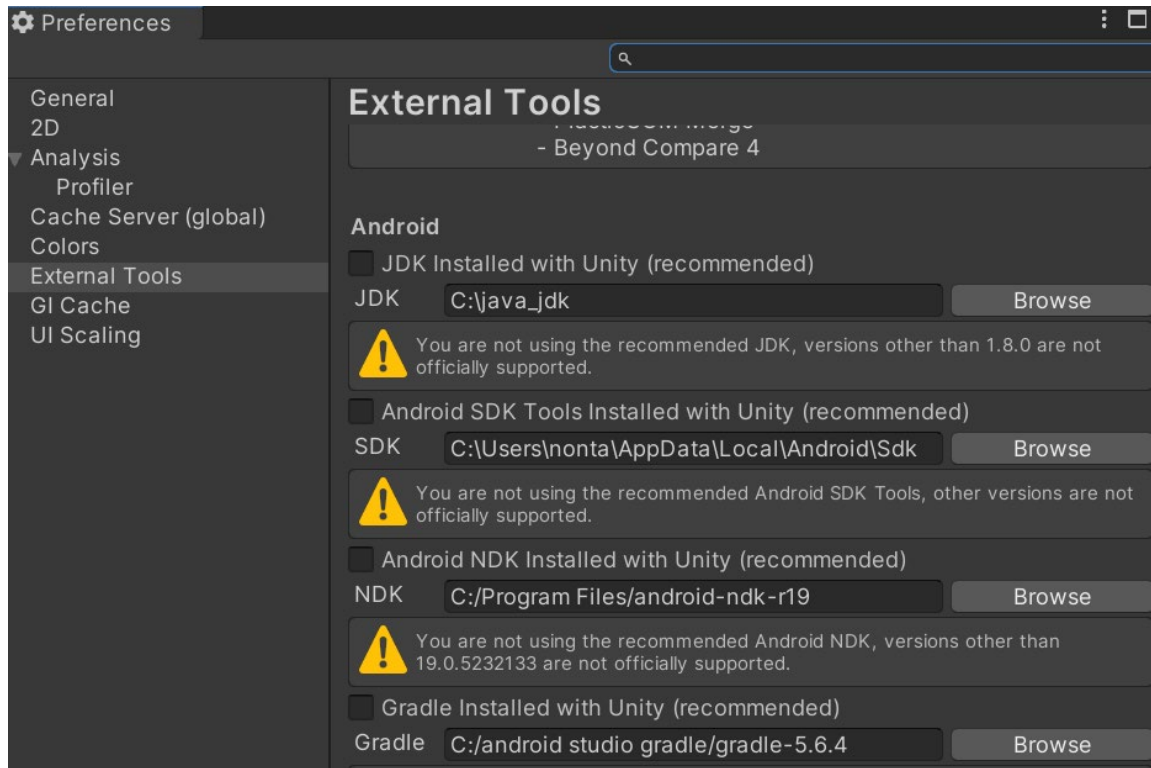
Εικόνα 4.49 Εκδόσεις Android

Στο περιβάλλον της Unity στην επιλογή Player Settings ορίζεται το όνομα της εφαρμογής (Product Name - DOKIMI_5) και η έκδοσή της (Version - 7.13).



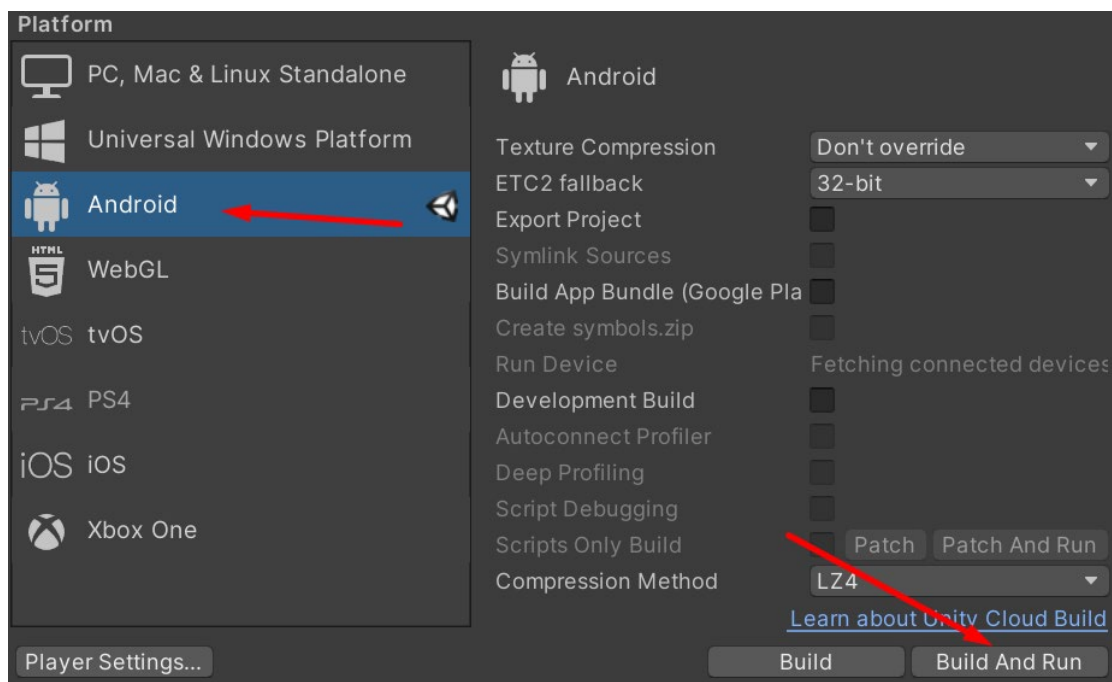
Εικόνα 4.50 Έκδοση και όνομα εφαρμογής

Για τη δημιουργία της εφαρμογής απαιτούνται να δηλωθούν κάποια αρχεία όπως το JDK (Java Development Kit), SDK (Software Development Kit), NDK (Native Development Kit). Αυτά χρησιμοποιούνται για την ομαλή λειτουργία και εμφάνιση της εφαρμογής.



Εικόνα 4.51 Απαραίτητα αρχεία για τη δημιουργία της εφαρμογής

Στη συνέχεια επιλέγεται η πλατφόρμα Android στην οποία δημιουργείται η εφαρμογή και με την επιλογή Build and Run τα αρχεία εγκαθίστανται στο κινητό και η εφαρμογή εκτελείται.



Εικόνα 4.52 Δημιουργία εφαρμογής στο κινητό

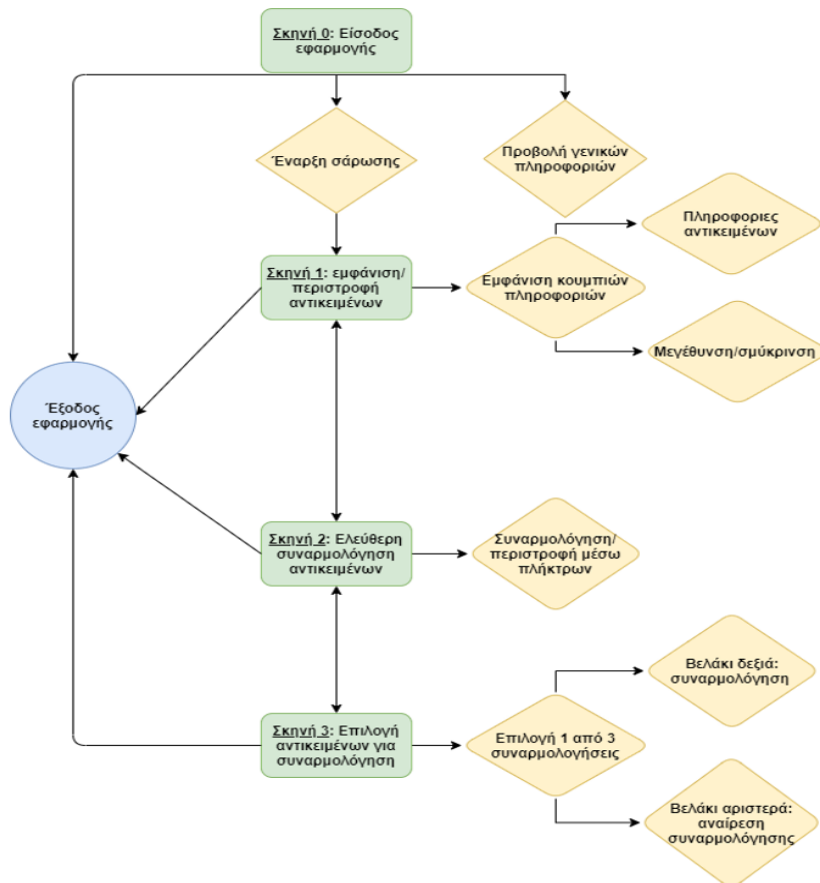
Η δομή της εφαρμογής, ο τρόπος λειτουργίας της καθώς και οι δυνατότητες της θα μελετηθούν αναλυτικά στο κεφάλαιο 5.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

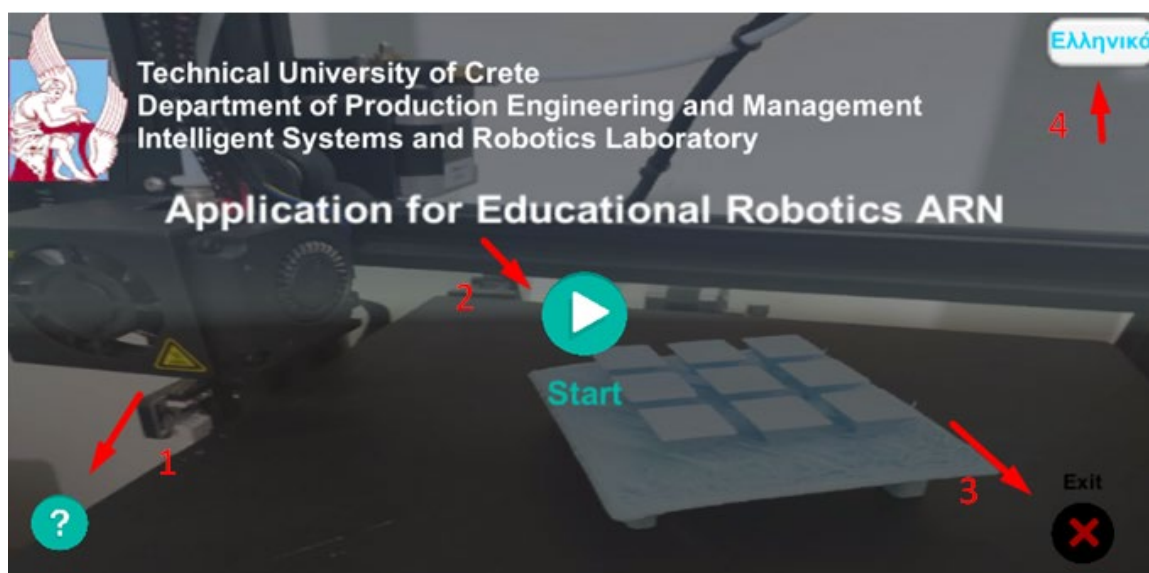
Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται ανάλυση της εφαρμογής και επεξήγηση των δυνατοτήτων της με στόχο την καλύτερη κατανόηση και αλληλεπίδραση με το χρήστη. Η εφαρμογή δημιουργήθηκε σε τρεις βασικές σκηνές (Scenes). Η πρώτη αφορά την ενημέρωση και επεξεργασία του κάθε αντικειμένου. Η δεύτερη αφορά τη συναρμολόγηση προκαθορισμένων λειτουργικών κατασκευών και η τρίτη σκηνή αφορά την συναρμολόγηση των αντικειμένων μέσα από εντολές που δίνονται από το χρήστη.



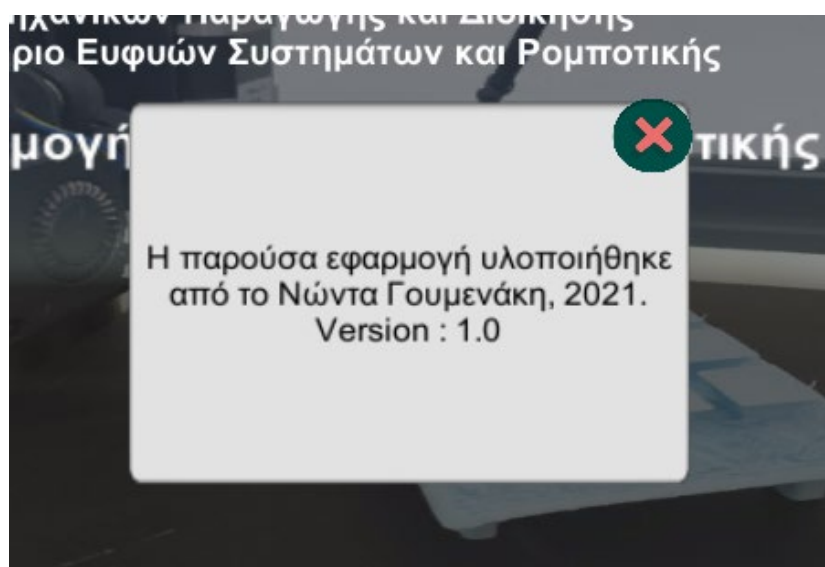
Εικόνα 5.1 Δομή εφαρμογής

5.2 ΕΙΣΟΔΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Ο χρήστης εισέρχεται αρχικά στην είσοδο της εφαρμογής όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Οι επιλογές που δίνονται είναι τέσσερις: 1) με το κουμπί “?” παρέχονται γενικές πληροφορίες για την εφαρμογή, 2) μεταφορά στη σκηνή 1 και σάρωση των εικόνων, 3) έξοδος από την εφαρμογή, 4) αλλαγή γλώσσας στην εφαρμογή από αγγλικά σε ελληνικά και το αντίστροφο. Παρακάτω αναλύεται η ελληνική έκδοση της εφαρμογής.



Εικόνα 5.2 Είσοδος εφαρμογής



Εικόνα 5.3 Γενικές πληροφορίες εφαρμογής

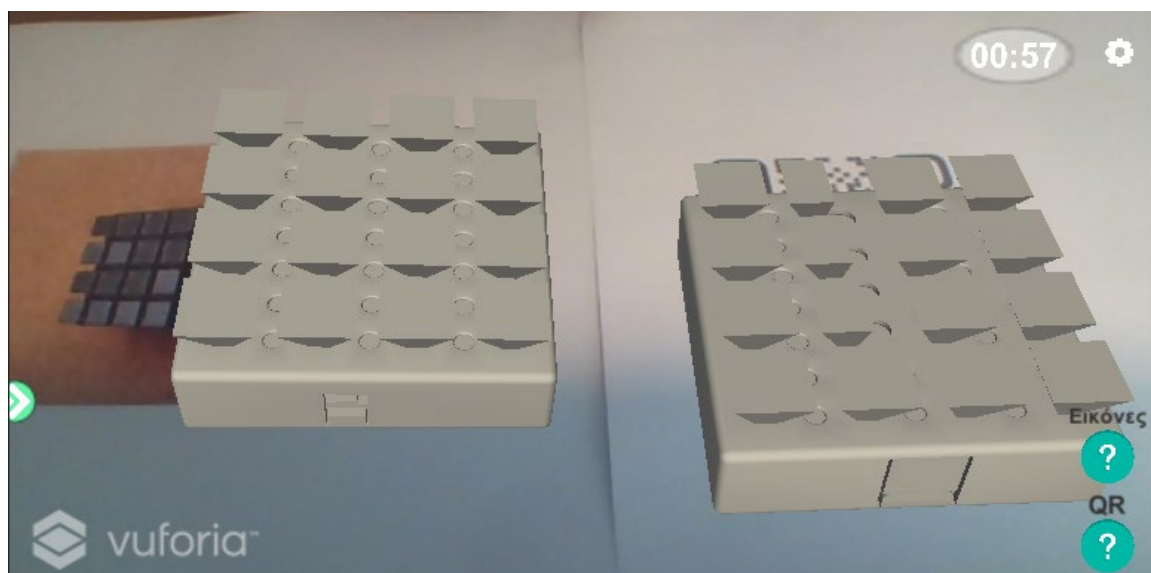
5.3 ΣΚΗΝΗ 1: ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ

Η σκηνή 1 αφορά κατά κύριο λόγο την επεξεργασία και προβολή πληροφοριών των αντικειμένων. Αριστερά βρίσκεται το μενού, όπου δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να πλοηγηθεί σε οποιαδήποτε σκηνή. Με την πρώτη επιλογή ο χρήστης μπορεί να επιστρέψει στην έναρξη της εφαρμογής, με την δεύτερη επιλογή μεταφέρεται στη σκηνή 2 στη χειροκίνητη συναρμολόγηση, με την τρίτη επιλογή μεταφέρεται στην αυτόματη συναρμολόγηση των κατασκευών και τέλος με την τέταρτη επιλογή μπορεί να κλείσει την εφαρμογή.



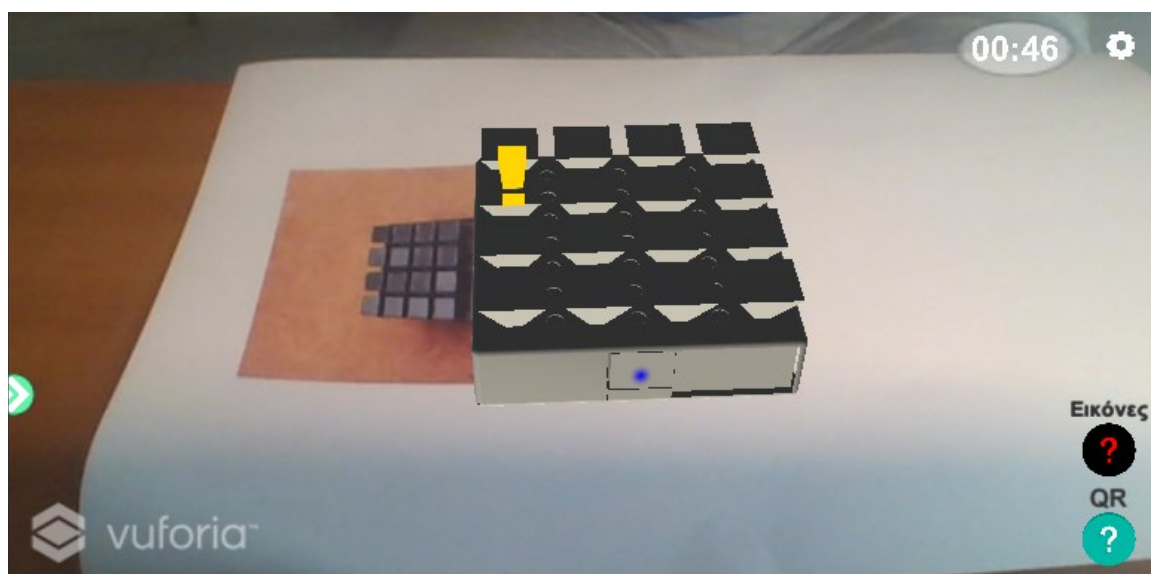
Εικόνα 5.4 Μενού εφαρμογής

Στο κεντρικό περιβάλλον της σκηνής εμφανίζονται τα βασικά αρθρώματα. Πατώντας το κουμπί "?" εμφανίζονται επιπλέον επιλογές στο χρήστη. Οι επιλογές "!", τα μπλε και τα κόκκινα κουμπιά αποτελούν σημεία πληροφόρησης των αντικειμένων. Αναφέρουν ποιο είναι το κάθε άρθρωμα, τι αισθητήρα περιέχει και πως συνδέεται με την κεντρική πλακέτα (Εικόνα 5.6). Τα μπλε κουμπιά αναφέρονται στους αισθητήρες, τα κόκκινα στον τρόπο σύνδεσης με την κεντρική πλακέτα και τα "!" σε γενικές πληροφορίες των αντικειμένων.

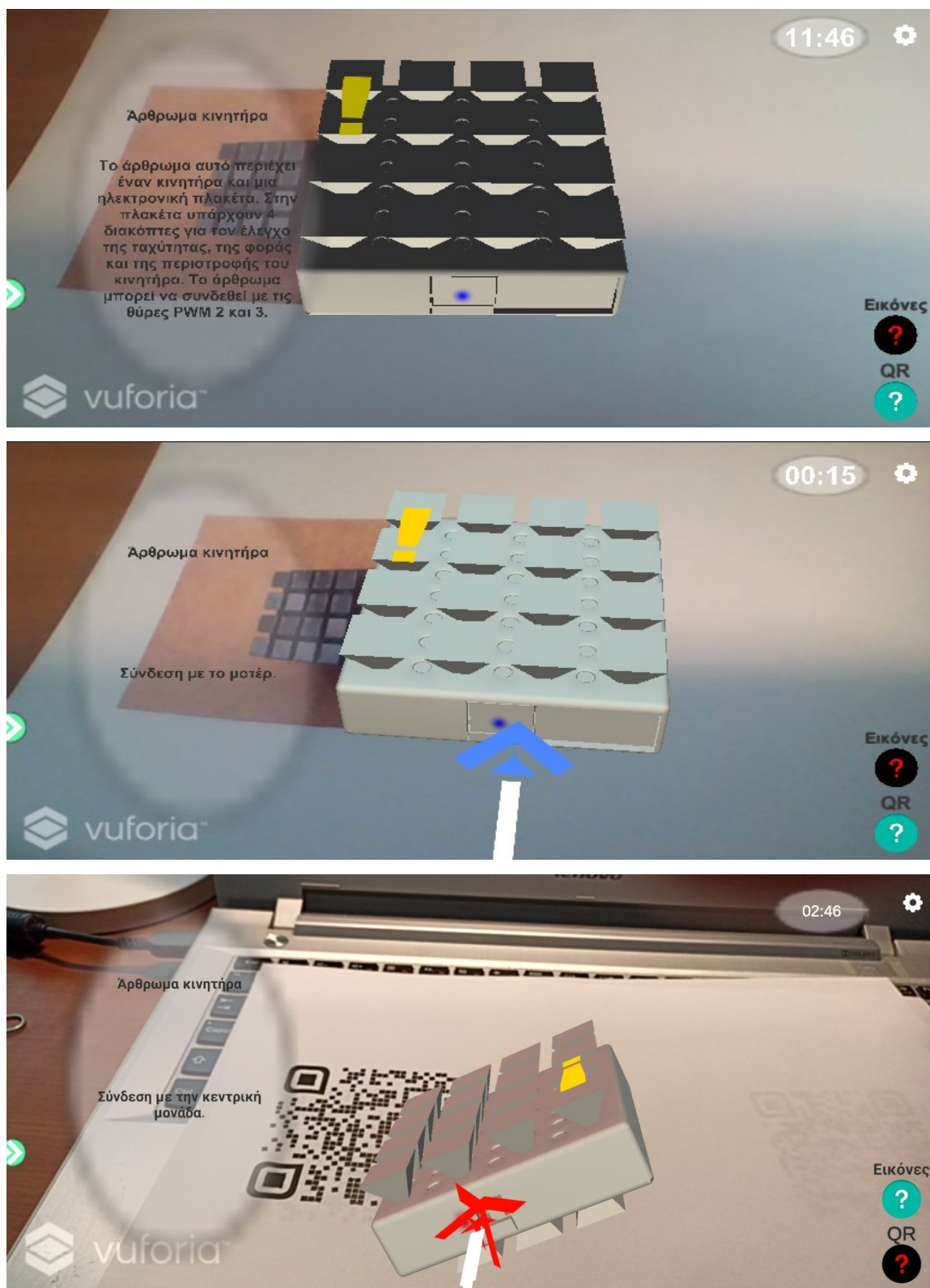


Εικόνα 5.5 Εμφάνιση αντικειμένων μετά από σάρωση

Τέλος παρέχεται η δυνατότητα στο χρήστη να περιστρέψει τα αντικείμενα μέσω της οθόνης αφής με τη χρήση ενός δάχτυλου καθώς και να μεγεθύνει ή να σμικρύνει τα αντικείμενα χρησιμοποιώντας δύο δάχτυλα. Η περιστροφή των αντικειμένων έχει καθοριστεί δεξιόστροφα.



Εικόνα 5.6 Εμφάνιση κουμπιών πληροφοριών



Εικόνα 5.7 Προβολή πληροφοριών αντικειμένου

5.4 ΣΚΗΝΗ 2: ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ

Η σκηνή 2 αφορά τη συναρμολόγηση των αντικειμένων όπως επιθυμεί ο χρήστης. Αρχικά στην οθόνη εμφανίζονται τα 9 βασικά αρθρώματα και ένα πράσινο κουμπί πάνω. Πατώντας το εμφανίζεται η λίστα με τα ονόματα των αντικειμένων (εικόνα 5.8). Ο χρήστης επιλέγει το αντικείμενο που επιθυμεί και πατάει το αντίστοιχο κουμπί.



Εικόνα 5.8 Επιλογή αντικειμένου για μετακίνηση

Εμφανίζονται στη συνέχεια κάτω αριστερά τα πλήκτρα μετακίνησης (δεξιά, αριστερά, μπροστά, πίσω, πάνω, κάτω). Με αυτά ο χρήστης κατευθύνει το αντίστοιχο αντικείμενο όπως επιθυμεί και το τοποθετεί στο σημείο που θέλει με σκοπό να δημιουργήσει τη δικιά του κατασκευή.

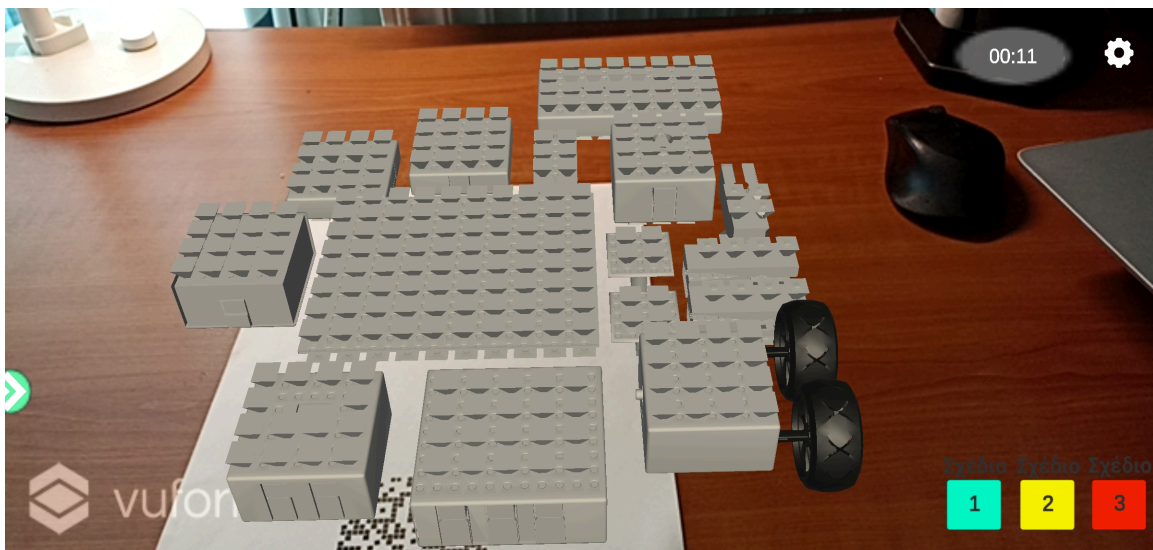


Εικόνα 5.9 Πλήκτρα μετακίνησης

5.5 ΣΚΗΝΗ 3: ΠΡΟΚΑΘΟΡΙΣΜΕΝΗ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ

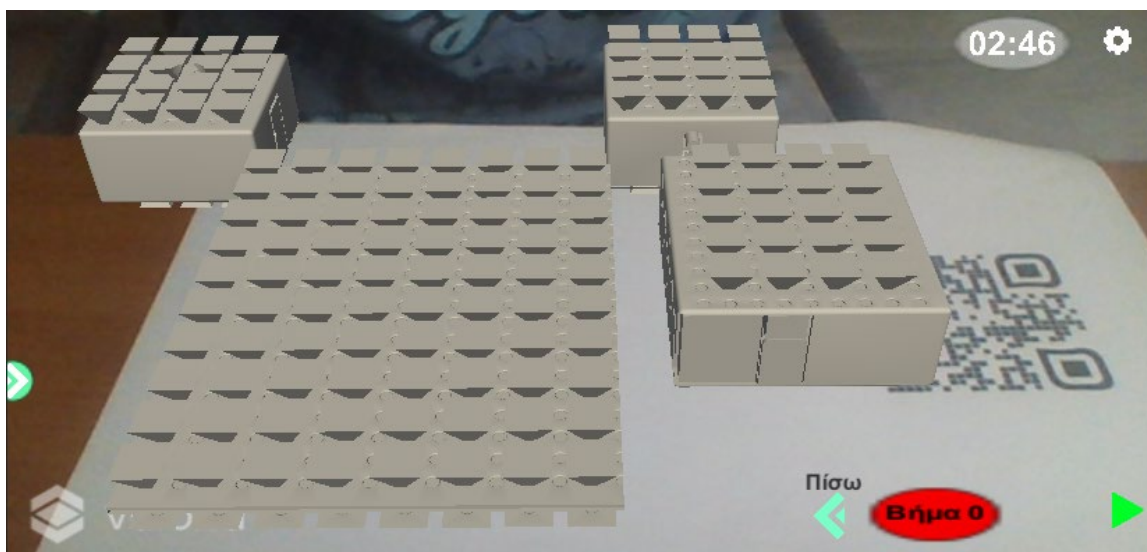
Η σκηνή 3 δημιουργήθηκε με σκοπό την αναλυτική συναρμολόγηση των κατασκευών που παρουσιάζονται αναλυτικά στο [26]. Πρόκειται για 3 κατασκευές, των οποίων οι αναλυτικές οδηγίες κατασκευής παρουσιάζονται μέσω αναλυτικών βημάτων (Animation) στον χρήστη.

Σε κάθε σκηνή παρουσιάζονται όλα τα τμήματα της κατασκευής είτε πρόκειται για λειτουργικά αρθρώματα, είτε για συμπληρωματικά που βοηθάνε στη διαδικασία της συναρμολόγησης. Δίνονται τρεις επιλογές στο χρήστη να επιλέξει.



Εικόνα 5.10 Είσοδος σκηνής 3

Μόλις επιλεγεί ένα από τα 3 σχέδια, στη σκηνή παραμένουν μόνο τα αρθρώματα που απαιτούνται για τη συναρμολόγηση. Εμφανίζεται στη συνέχεια η επιλογή (1) επιστροφή στην επιλογή σχεδίων, (2) το βήμα συναρμολόγησης και τέλος το πράσινο βελάκι δεξιά πραγματοποιεί τη συναρμολόγηση βήμα-βήμα, ενώ το πορτοκαλί βελάκι αριστερά αναιρεί την τελευταία συναρμολόγηση που έχει γίνει (3).



Εικόνα 5.11 Επιλογή σχεδίου 1

5.5.1 ΡΟΜΠΟΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Στη διπλωματική εργασία “Σχεδιασμός και Ανάπτυξη Πρωτότυπης Εκπαιδευτικής Πλατφόρμας STEM” [26] έχουν περιγραφεί τρεις βασικές κατασκευές. Αυτές οι κατασκευές υλοποιήθηκαν στο περιβάλλον της Unity δείχνοντας βήμα βήμα τη συναρμολόγηση των εξαρτημάτων.

Παράδειγμα 1 - Σύνδεση πολλαπλών αρθρώματων

Στο πρώτο παράδειγμα (Εικόνα 5.12) δημιουργήθηκε μία κατασκευή με τέσσερα δομικά στοιχεία και συγκεκριμένα [26]:

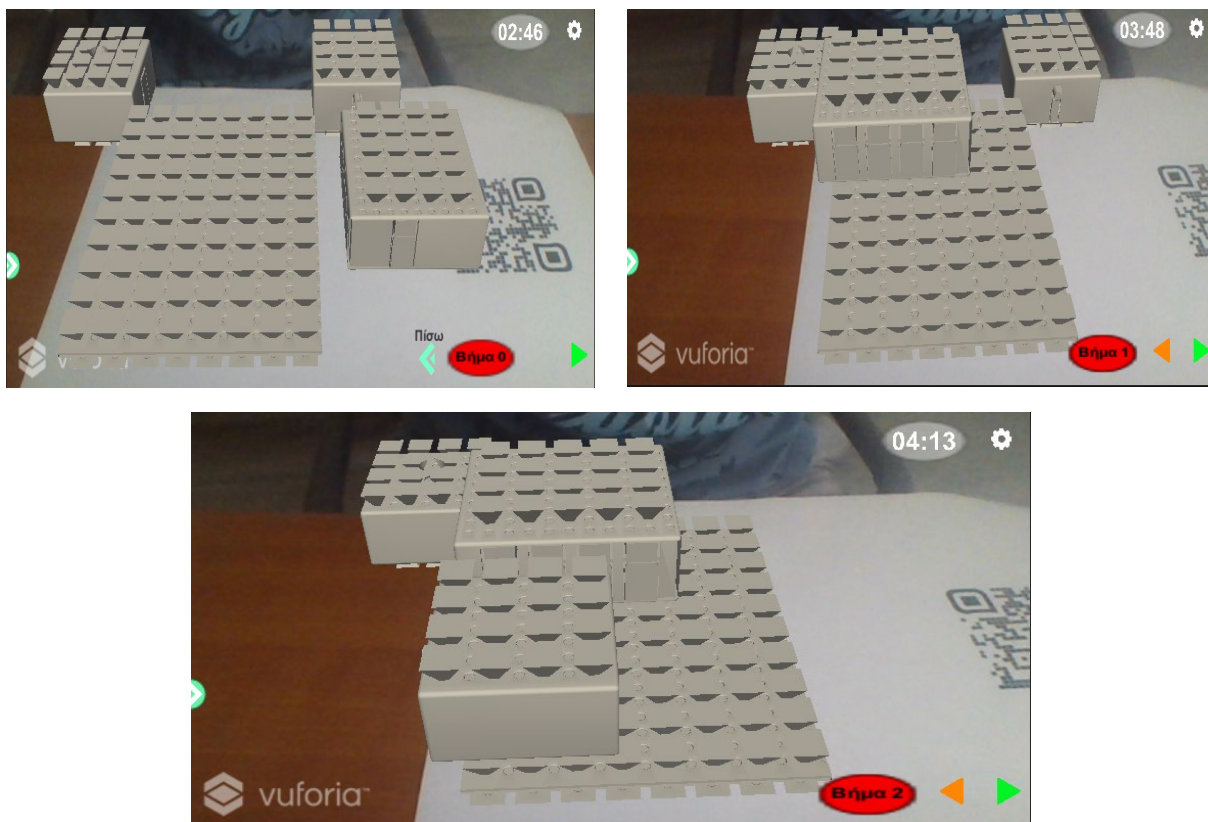
1. Κεντρικός σύνδεσμος
2. Άρθρωμα Κεντρικής πλακέτας
3. Άρθρωμα ποτενσιόμετρου
4. Άρθρωμα RGB Led

Με τη χρήση του RGB Led αρθρώματος, του ποτενσιόμετρου για την εναλλαγή του χρώματος Led και σε συνδυασμό με τον αντίστοιχο κώδικα η κατασκευή αποτελεί μια εφαρμογή εναρμονισμένη με τις ανάγκες για κατανόηση των βασικών εννοιών του ηλεκτρισμού, μηχανικής, μαθηματικών και προγραμματισμού. Μια προτεινόμενη μορφή

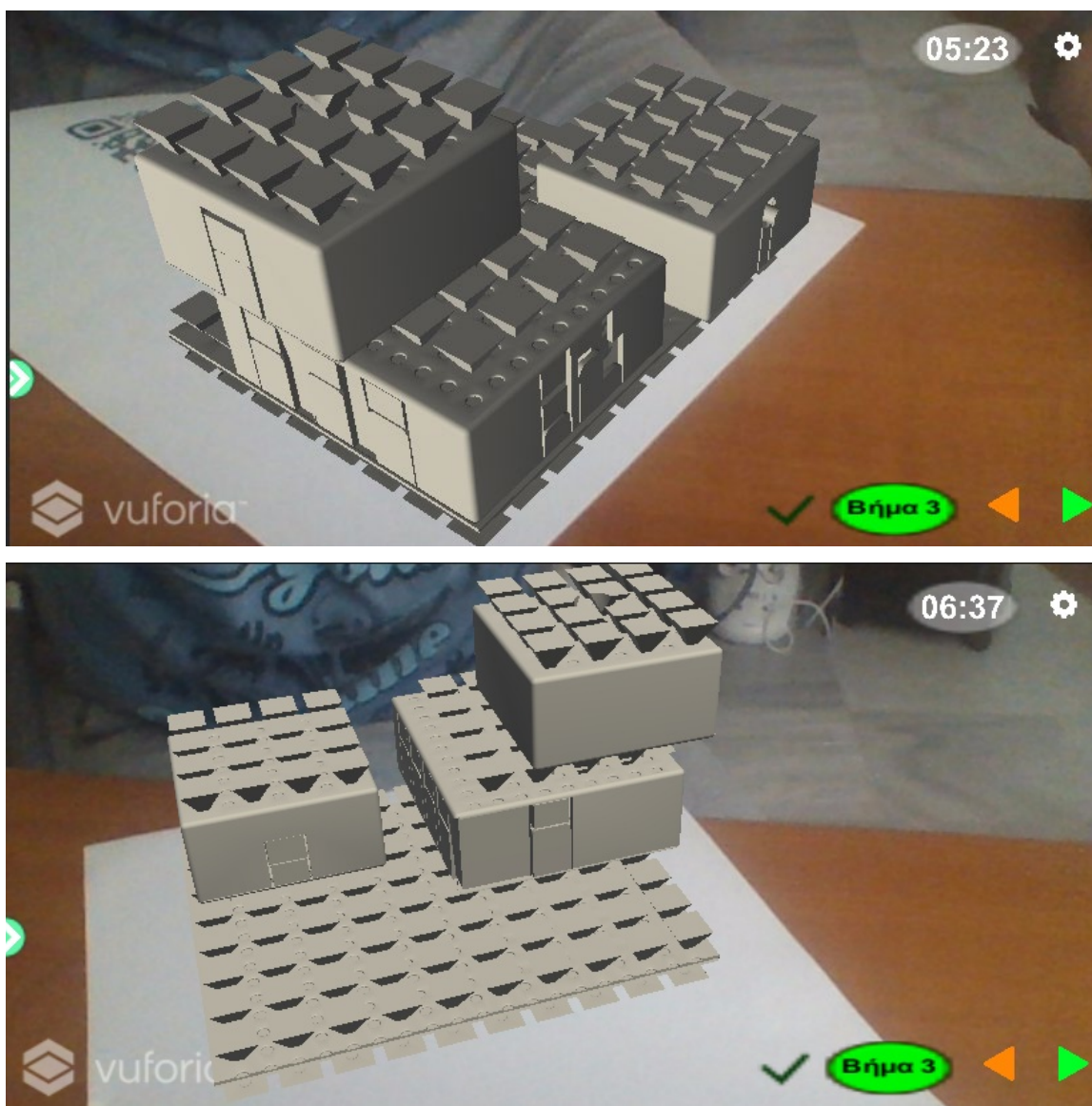
της πραγματικής κατασκευής παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.12, ενώ η διαδικασία συναρμολόγησης παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.13. Τέλος στην Εικόνα 5.14, παρουσιάζονται διαφορετικές όψεις της συναρμολογημένης κατασκευής.



Εικόνα 5.12 Απεικόνιση διάταξης με τέσσερα αρθρώματα [26]



Εικόνα 5.13 Βήματα συναρμολόγησης πρώτης κατασκευής



Εικόνα 5.14 Διαφορετικές όψεις συναρμολογημένης κατασκευής 1 στη Unity

Παράδειγμα 2 - Η περίπτωση μιας ρομποτικής άρθρωσης

Για την καλύτερη κατανόηση της ρομποτικής δημιουργήθηκε ένας ρομποτικός βραχίονας [26]. Αναπτύχθηκε μια απλή διάταξη, που σε πρώτη φάση θα βοηθούσε να γίνει κατανοητή η λειτουργία μιας περιστροφικής άρθρωσης (Εικόνα 5.16). Για την κατασκευή μίας διάταξης με μορφή ρομποτικού βραχίονα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε πολλούς συνδυασμούς αρθρωμάτων και γενικότερα δομικών στοιχείων [26].

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, επιλέχθηκαν τα εξής (Εικόνα 5.15):

1. Κεντρικός σύνδεσμος (σασί)

2. Άρθρωμα κεντρικής πλακέτας
3. 1 άρθρωμα DC Motor
4. 1 DC κινητήρα (με τον άξονά του)
5. Άρθρωμα 4 Button
6. 1 σύνδεσμο (link 1 της άρθρωσης)
7. Καλώδια σύνδεσης



Εικόνα 5.15 Αποσυναρμολογημένη διάταξη ρομποτικού βραχίονα [26]

Η τελική διαμόρφωση της συναρμολογημένης διάταξης φαίνεται στην Εικόνα 5.14



Εικόνα 5.16 Απεικόνιση διάταξης ελέγχου μιας περιστροφικής άρθρωσης υπό δύο διαφορετικές όψεις [26]

Η διαδικασία συναρμολόγησης παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.17. Τέλος στην Εικόνα 5.18, παρουσιάζονται διαφορετικές όψεις της συναρμολογημένης κατασκευής.



Εικόνα 5.17 Βήματα συναρμολόγησης δεύτερης κατασκευής



Εικόνα 5.18 Διαφορετικές όψεις συναρμολογημένης κατασκευής 2 στη Unity

Παράδειγμα 3 - Ανάπτυξη αυτόνομου ρομποτικού οχήματος

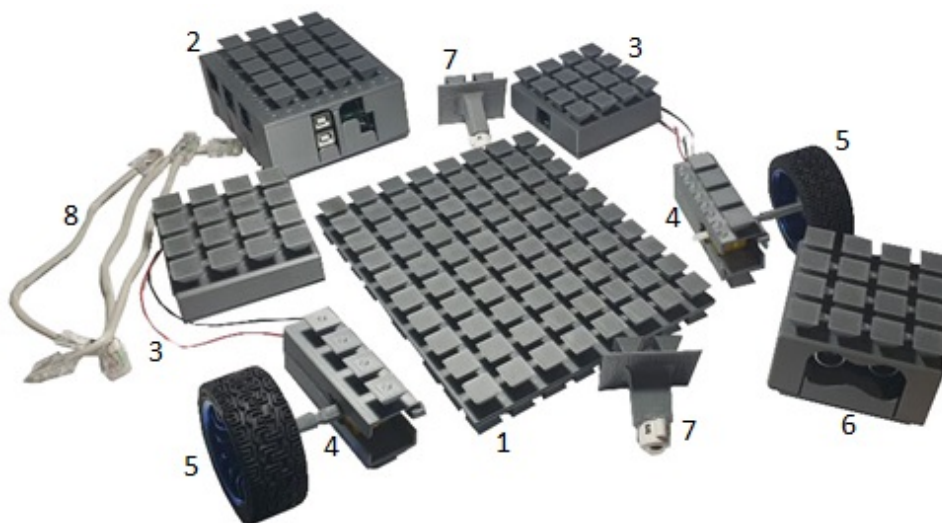
Στόχος του 3^{ου} παραδείγματος είναι να επιδειχθεί η δυνατότητα κατασκευής ολοκληρωμένων λειτουργικών πρωτοτύπων, με τη βοήθεια της συγκεκριμένης προσέγγισης. Το συγκεκριμένο παράδειγμα αφορά ένα ρομποτικό όχημα με ικανότητα αυτόνομης λειτουργίας και δυνατότητα αποφυγής εμποδίων.



Εικόνα 5.19 εξάρτημα ρόδας, άρθρωμα μπίλιας

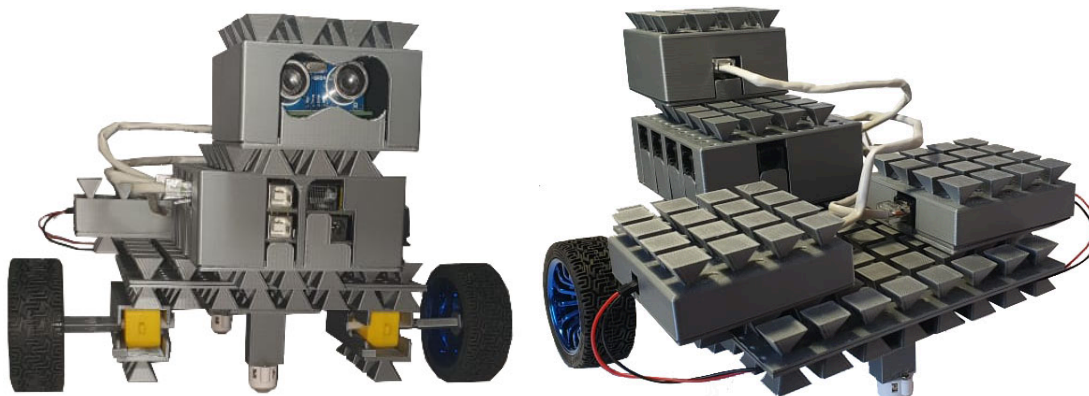
Τα εξαρτήματα που επιλέχθηκαν είναι τα εξής (Εικόνα 5.20) :

1. Κεντρικός σύνδεσμος (σασί)
2. Άρθρωμα Κεντρικής πλακέτας
3. 2 αρθρώματα DC Motor
4. 2 DC κινητήρες (με τους άξονές τους)
5. 2 τροχούς
6. Άρθρωμα αισθητήρα Sonar Sensor
7. 2 αρθρώματα μπίλιας
8. Καλώδια σύνδεσης



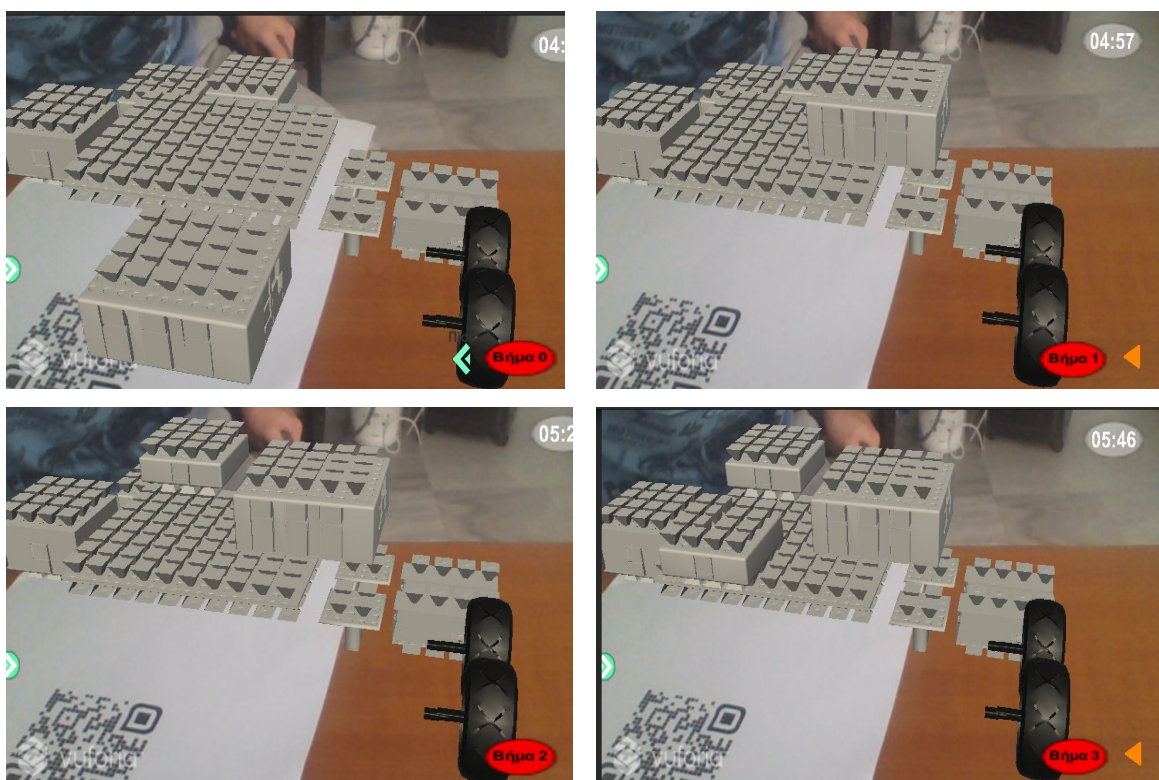
Εικόνα 5.20 Αποσυναρμολογημένη διάταξη ρομποτικού οχήματος [26]

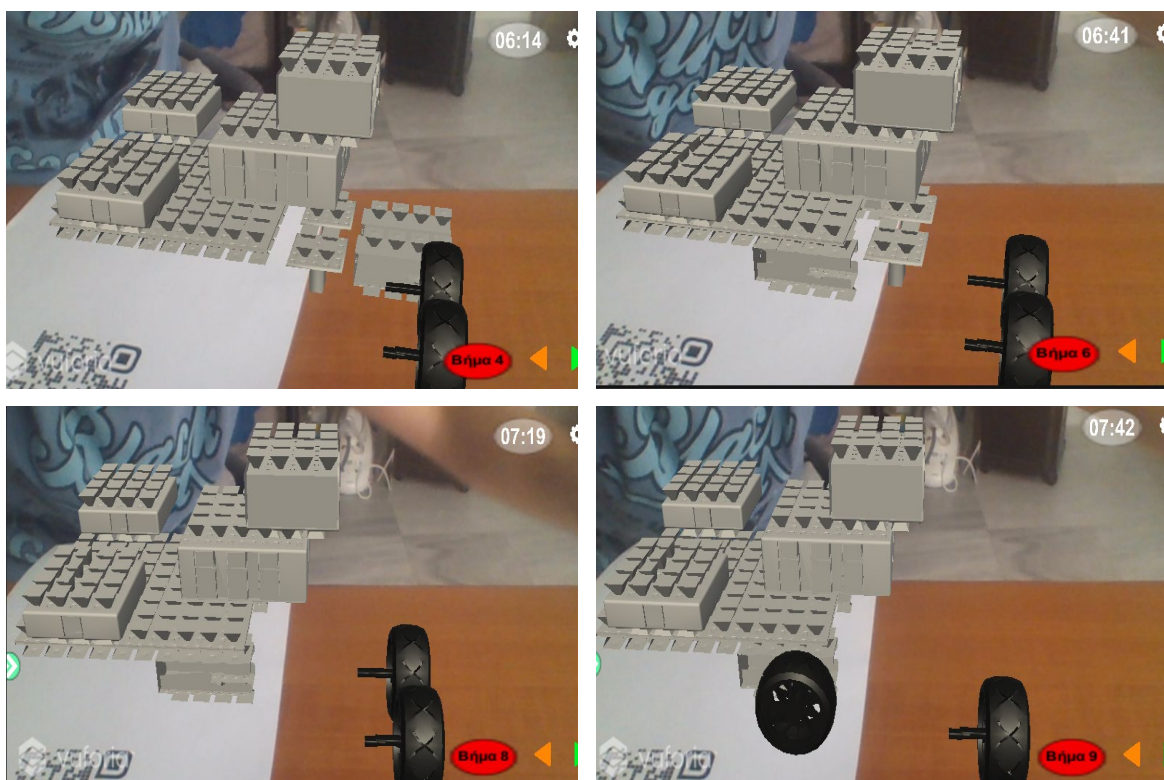
Στην εικόνα 5.21 παρουσιάζονται διαφορετικές όψεις της πραγματικής ρομποτικής κατασκευής.



Εικόνα 5.21 Διαφορετικές όψεις του ρομποτικού οχήματος[26]

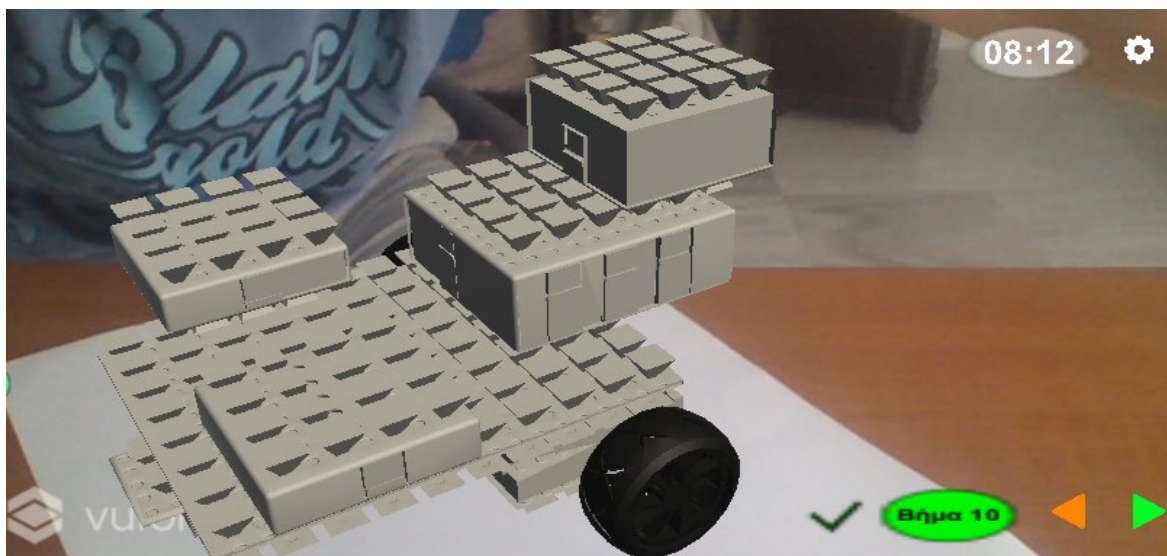
Στη εικόνα 5.22, παρουσιάζονται αναλυτικές οδηγίες για τη κατασκευή του ρομποτικού οχήματος σε εικονικό περιβάλλον.

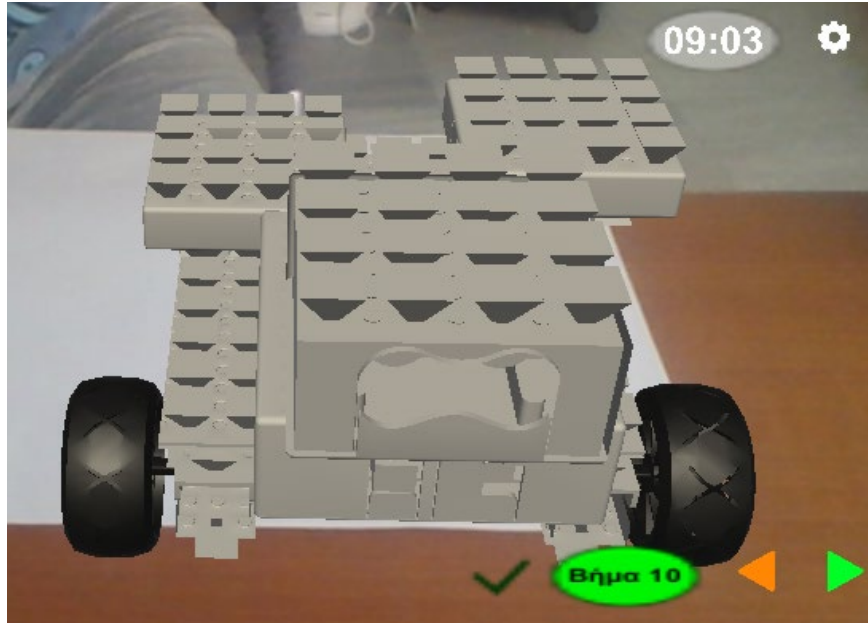




Εικόνα 5.22 Βήματα συναρμολόγησης τρίτης κατασκευής

Στη Εικόνα 5.23 παρουσιάζονται διαφορετικές όψεις του ρομποτικού οχήματος στον εικονικό κόσμο.





Εικόνα 5.23 Διαφορετικές όψεις συναρμολογημένης κατασκευής 3 στη Unity

5.6 ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

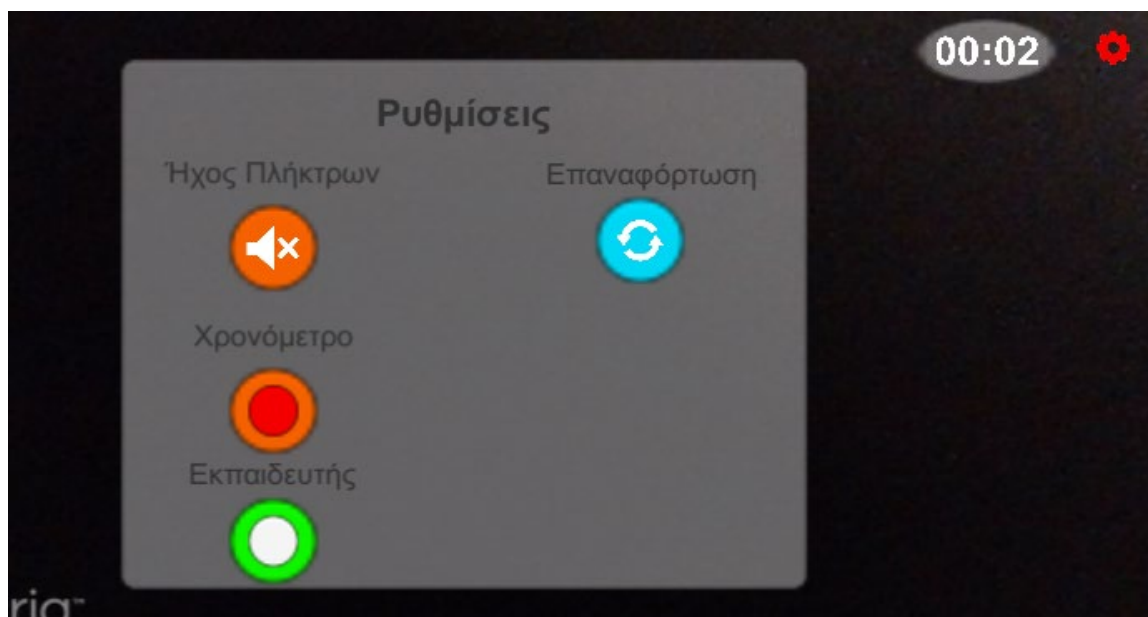
Στο χρήστη παρέχονται επιλογές για να βελτιώσουν ή να αλλάξουν τις ρυθμίσεις της εφαρμογής. Πατώντας πάνω δεξιά το κουμπί “γρανάζι” εμφανίζονται οι παρακάτω τέσσερις επιλογές.

Σίγαση. Αρχικά υπάρχει η δυνατότητα σίγασης των πλήκτρων της εφαρμογής πατώντας το κουμπί “Ήχος πλήκτρων”.

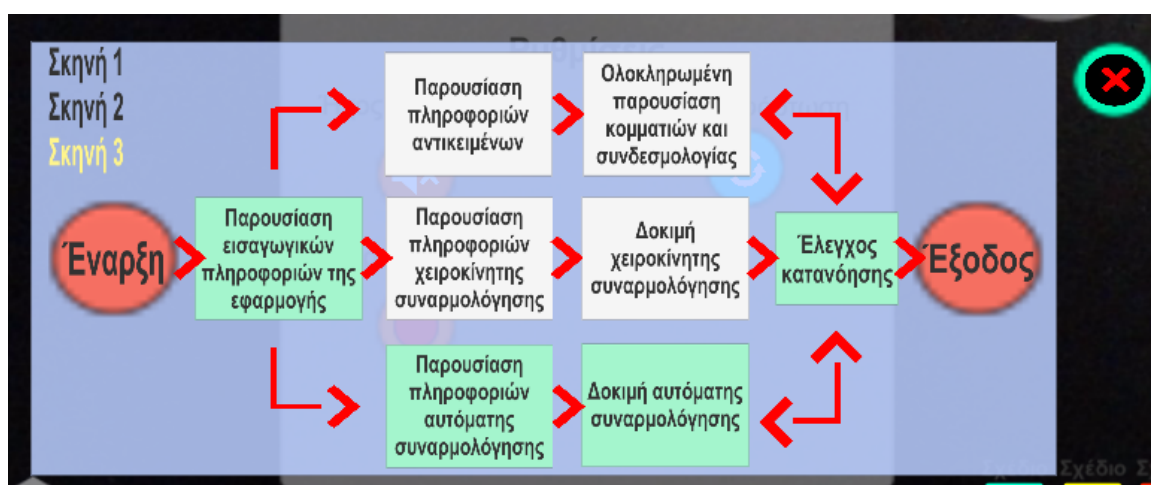
Χρονόμετρο. Στην εφαρμογή έχει τοποθετηθεί ένα χρονόμετρο για την καταμέτρηση του χρόνου που αφιερώνει ο εκπαιδευτικός στη διαδικασία της μάθησης. Με αυτόν τον τρόπο ελέγχει πιο εύκολα πόσο χρόνο πρέπει να αφιερώσει σε κάθε σκηνή. Με την επιλογή “χρονόμετρο” εξαφανίζεται από την οθόνη.

Επαναφόρτωση. Η επιλογή της επαναφόρτωσης εμφανίζει από την αρχή την ίδια σκηνή που βρίσκεται ο χρήστης αυτή τη στιγμή. Σκοπός της είναι σε περίπτωση που ο χρήστης έχει τροποποιήσει τα αντικείμενα με τρόπο που δεν επιθυμεί πλέον ή δεν εμφανίζεται κάτι καλά στην οθόνη μπορεί να τα επαναφέρει στην αρχική τους μορφή.

Εκπαιδευτής. Τέλος έχει τοποθετηθεί η επιλογή “Εκπαιδευτής” με την οποία ο εκπαιδευτικός βλέπει τη σειρά που θα παρουσιάσει τις αντίστοιχες ενότητες κάθε σκηνής. Με πράσινο συμβολίζεται η διαδικασία της μάθησης σε συγκεκριμένη σκηνή (Εικόνα 5.15 σκηνή 3)



Εικόνα 5.24 Ρυθμίσεις εφαρμογής



Εικόνα 5.25 Διάγραμμα εκπαιδευτικής διαδικασίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ/ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ

6.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία σχεδιάστηκε εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας, συμπληρωματική του συστήματος STEM Hydra που έχει αναπτυχθεί και παρουσιαστεί αναλυτικά σε προηγούμενες εργασίες [26], [30]. Η εφαρμογή δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να αλληλοεπιδρά με τα αντικείμενα που απαρτίζουν το Hydra, να μαθαίνει περισσότερες πληροφορίες για αυτά και να τα επεξεργάζεται. Στόχος είναι η παρούσα εφαρμογή να αποτελέσει ένα εργαλείο που να προσφέρει πρόσθετες δυνατότητες μάθησης σε μαθητές Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Τα τρισδιάστατα αντικείμενα έχουν τοποθετηθεί σε βάση δεδομένων και απαιτείται συνεχή σύνδεση στο διαδίκτυο για την προβολή τους. Η βάση δεδομένων δημιουργήθηκε για την εξοικονόμηση χώρου της εφαρμογής καθώς προορίζεται για φορητή συσκευή. Πέρα από αυτήν, για την εξοικονόμηση χώρου, έγινε σύμπτυξη αρχείων Scripts όπου ήταν αναγκαίο με στόχο την καλύτερη απόδοση της εφαρμογής και την περαιτέρω μείωση του χώρου της εφαρμογής.

Η εφαρμογή υλοποιήθηκε στο περιβάλλον της Unity με την επέκταση για επαυξημένη πραγματικότητα AR (Vuforia Engine). Επιλέχθηκε η συγκεκριμένη μηχανή γραφικών και επέκταση λόγω των δυνατοτήτων της και της ευρείας χρήσης της. Η επέκταση αυτή παρέχει μεγάλη ποικιλία βιβλιοθηκών AR με σχετικά απλή χρήση. Χρησιμοποιήθηκε ακόμα, το σχεδιαστικό πρόγραμμα 3DS MAX Autocad για την εισαγωγή των τρισδιάστατων σχεδίων στο πρόγραμμα και το Visual Studio 2019 για την υλοποίηση του κώδικα που απαιτήθηκε. Τέλος, δόθηκε έμφαση στην εύκολη χρήση και εμφάνιση της εφαρμογής καθώς προορίζεται κατά κύριο λόγο για παιδιά.

6.2 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ

Οι μελλοντικές επεκτάσεις της εφαρμογής θα μπορούσαν να αφορούν την πλήρη λειτουργία της με φωνητικές εντολές. Η εναλλαγή σκηνών, η μετακίνηση των αντικειμένων και η συναρμολόγηση τους είναι μερικά παραδείγματα που μπορούν να λειτουργούν με φωνητικές εντολές. Η συγκεκριμένη προσέγγιση προϋποθέτει τη χρήση μόνο αγγλικών λέξεων και μπορεί να επιτευχθεί πιο εύκολα με την αγορά πακέτου επέκτασης. Η λειτουργία των φωνητικών εντολών στην εφαρμογή καθιστούν τη χρήση της ιδανική για παιδιά με ειδικές ανάγκες έχοντας πλήρη πρόσβαση στη μάθηση χωρίς κανέναν περιορισμό.

Ένα βασικό μειονέκτημα της δωρεάν έκδοσης της Unity είναι κατά την χρήση της εφαρμογής από το κινητό η ανάλυση της κάμερας μειώνεται, δυσκολεύοντας έτσι την αναγνώριση των εικόνων (Image Target). Συστήνεται έκδοση επί πληρωμή για καλύτερη απόδοση της εφαρμογής.

Τέλος, λόγω των μεγάλων δυνατοτήτων της Unity συστήνεται η προσθήκη εντολών που θα επικοινωνούν απευθείας με τη φυσική κατασκευή. Η ψηφιακή κατασκευή μπορεί να προσομοιώσει αρχικά ψηφιακά κάποιες εντολές (κίνηση, μετακίνηση, πιάσιμο αντικειμένων κ.ά) και εφόσον εκτελεστούν σωστά μπορεί να δοθεί η εντολή στην φυσική κατασκευή να τις εκτελέσει.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Ανακτήθηκε από <https://www.britannica.com/topic/STEM-education> (τελευταία πρόσβαση 26/4/2021)
- [2] Ανακτήθηκε από https://stemeducation.upatras.gr/?page_id=180 (τελευταία πρόσβαση 26/04/2021)
- [3] Ανακτήθηκε από <https://www.stem-arts.gr/el/> (τελευταία πρόσβαση 27/04/2021)
- [4] Seymour Papert , “Constructionism”, Idit Harel, Ablex Publishing Corp., 1991
- [5] Ανακτήθηκε από <http://edurobotics.weebly.com/epsilonkappalphaiotaepsilonupsilontauiotakappa942-rhoomicronmupiomicrontauiotakappa942.html> (τελευταία πρόσβαση 27/04/2021)
- [6] Ανακτήθηκε από <https://www.iberdrola.com/innovation/educational-robots> (τελευταία πρόσβαση 27/04/2021)
- [7] Ανακτήθηκε από <https://www.generationrobots.com/en/401070-bioid-gp-programmable-humanoid-robot-robotis.html> (τελευταία πρόσβαση 03/05/2021)
- [8] Ανακτήθηκε από <https://www.emergingedtech.com/2016/11/5-educational-robots-for-stem-steam-classroom/> (τελευταία πρόσβαση 03/05/2021)
- [9] Ανακτήθηκε από <https://academy.visualcomponents.com/lessons/joints-and-degrees-of-freedom/?course=136> (τελευταία πρόσβαση 03/05/2021)
- [10] Ανακτήθηκε από <https://www.why.gr/lego-education-academy/> (τελευταία πρόσβαση 03/05/2021)
- [11] J.C. Olabe1, M. A. Olabe, X. Basogain, I. Maiz, C. Castaño, “Programming and Robotics with Scratch in Primary Education”, Education in a technological world: communicating current and emerging research and technological efforts, pp. 356-363, 2011
- [12] Ronald T. Azuma, “A Survey of Augmented Reality”, Teleoperators and Virtual Environments, vol 6, issue 4, pp. 355-385, <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>, 1997
- [13] Τζίμας Ευάγγελος, “Υποστήριξη Διαδικασιών Προετοιμασίας Εργαλειομηχανών με τη βοήθεια Επαυξημένης Πραγματικότητας”, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών Ε.Μ.Π, 2016
- [14] Ανακτήθηκε από <https://www.dw.com/en/microsoft-to-supply-us-army-with-augmented-reality-headsets/a-57069858> (τελευταία πρόσβαση 04/05/2021)
- [15] Borko Furht, “A handbook of Augmented Reality”, Springer, pp. 3-46, 2011

- [16] Tasneem Khan, Kevin Johnston, “The Impact of an Augmented Reality Application on Learning Motivation of Students”, *Advances in Human - Computer Interaction*, vol. 2019, pp. 14, <https://doi.org/10.1155/2019/7208494>, 2019
- [17] Hsin-Kai Wu, Silvia Wen-Yu Lee, “Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education”, *Computers and Education*, vol 62, pp. 41-49, 2013
- [18] Valarmathie Gopalan, Juliana Aida Abu Bakar, “A Review of the Motivation Theories in Learning”, *AIP Conference Proceedings*, vol 1891, issue 1, <https://doi.org/10.1063/1.5005376>, 2017
- [19] Ana Villanueva, Zhengzhe Zhu, “Meta-AR-App: An Authoring Platform for Collaborative Augmented Reality in STEM Classrooms”, *CHI 2020*, vol 19, pp. 1-14, <https://doi.org/10.1145/3313831.3376146>, 2020
- [20] Ανακτήθηκε από <https://www.smu.edu/Simmons/Research/Center-for-Virtual-Reality-Learning-Innovation/STEM-Collaborative-Learning> (τελευταία πρόσβαση 04/05/2021)
- [21] Gerardo Reyes Ruiz, Marisol Hernandez, “Augmented Reality for Enhanced Learning Environments”, *IGI Global*, pp. 322, 2018
- [22] Fotios K. Konstantidis, Ioannis Kansizoglou, Machines, “MARMA: A Mobile Augmented Reality Maintenance Assistant for Fast-Track Repair Procedures in the Context of Industry 4.0”, vol 8, issue 4, pp. 88, <https://doi.org/10.3390/machines8040088>, 2020
- [23] D. Roopa, R. Prabha, “Revolutionizing education system with interactive augmented reality for quality education”, *materialstoday: PROCEEDINGS*, vol 46, issue 9, pp. 3860-3863, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.294>, 2021
- [24] Άγγελος Ε. Μαρινάκης, “Εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας για διαδραστικούς γεωμετρικούς μετασχηματισμούς τρισδιάστατων μοντέλων CAD”, *Διπλωματική Εργασία, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών Πολυτεχνείο Κρήτης*, 2018
- [25] Chan QIU, Shien ZHO, “Digital assembly technology based on augmented reality and digital twins: a review”, *Virtual Reality & Intelligent Hardware*, vol 1, issue 6, pp. 597-610, <https://doi.org/10.1016/j.vrih.2019.10.002>, 2019
- [26] Κακαράς Γεώργιος, “Σχεδιασμός και Ανάπτυξη Πρωτότυπης Εκπαιδευτικής Πλατφόρμας STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics)”, *Διπλωματική Εργασία, Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης Πολυτεχνείο Κρήτης*, 2021
- [27] <https://docs.unity3d.com/ScriptReference/index.html> (τελευταία πρόσβαση 02/08/2021)

[28] Ανακτήθηκε από <https://sites.google.com/site/gdocs2direct/> (τελευταία πρόσβαση 24/09/2021)

[29] Ανακτήθηκε από <https://www.qrcode-monkey.com/> (τελευταία πρόσβαση 24/09/2021)

[30] Γ. Τσαλμπούρης, “Σχεδιασμός, ανάπτυξη και υλοποίηση εκπαιδευτικής πλατφόρμας STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) για τις ανάγκες της Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης,” Μεταπτυχιακή Εργασία, Διατμηματικό Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Προηγμένων Συστημάτων Παραγωγής, Αυτοματισμού και Ρομποτικής, ΤΕΙ Κρήτης, 2019

[31] Ανακτήθηκε από <https://learn.edwinrobotics.com/getting-started-with-ardublockly/> (τελευταία πρόσβαση 11/10/2021)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Στο παράρτημα παρατίθενται τα Scripts που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση της εφαρμογής.

Αίτημα λήψης αντικειμένου και τοποθέτηση στην εφαρμογή

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public string url = "https://drive.google.com.....";

void Start()
{
    WWW www = new WWW(url);
    StartCoroutine(webReq(www));
}

IEnumerator webReq(WWW www)
{
    yield return www;

    while(www.isDone == false)
    {
        yield return null;
    }

    AssetBundle bundle = www.assetBundle;

    if(www.error == null)
    {
        string rootAssetPath =
        bundle.GetAllAssetNames()[0];

        GameObject obj =
        Instantiate((GameObject)bundle.LoadAsset("asmbox
8") as GameObject);

        obj.transform.parent =
        GameObject.Find("asmbox8_gia_klono").transform;
    }
}
```

Μεγένθυση / Σμίκρυνση αντικειμένων

```
using UnityEngine;
using System.Collections;
using System.IO;
using Vuforia;

public float scalingSpeed = 0.03f;
public float rotationSpeed = 70.0f;
public float translationSpeed = 5.0f;

bool repeatScaleUp = false;
bool repeatScaleDown = false;

void Update ()
{
    if (repeatScaleUp) {
        ScaleUpButton ();
    }
    if (repeatScaleDown) {
        ScaleDownButton ();
    }
}

public void ScaleUpButton()
{
    GameObject.FindWithTag("Model_2").transform.localScale += new Vector3(scalingSpeed, scalingSpeed, scalingSpeed);
}

public void ScaleUpButtonRepeat ()
{
    repeatScaleUp = true;
}
```

```

else
{
    Debug.Log(www.error);
}
}

```

Περιστροφή αντικειμένου

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using Vuforia;

public float rotSpeed = 250;

void Update()
{
    if (Input.GetMouseButton(0))
    {
        transform.Rotate(new
        Vector3(Input.GetAxis("Mouse X"),
        Input.GetAxis("Mouse Y"), 0) * Time.deltaTime *
        rotSpeed);
    }
}

```

Κλείσιμο εφαρμογής

```

public void CloseAppButton ( )
{
    Application.Quit ();
}

```

Αλλαγή σκηνής

```

public void ChangeScene (string a)
{
    Application.LoadLevel (a);
}

```

Χρονόμετρο

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;

```

```

    Debug.Log ("Up");
}

public void ScaleDownButtonRepeat ()
{
    repeatScaleDown = true;
    Debug.Log ("Down");
}

public void ScaleUpButtonOff ()
{
    repeatScaleUp = false;
    Debug.Log ("Off");
}

public void ScaleDownButtonOff ()
{
    repeatScaleDown = false;
    Debug.Log ("Off");
}

public void ScaleDownButton ()
{
    GameObject.FindWithTag("Model_2").transform.localSc
ale += new Vector3(-scalingSpeed, -scalingSpeed, -
scalingSpeed);
}

```

Ενεργοποίηση / απενεργοποίηση στοιχείων

```

using UnityEngine;
using System.Collections;
using System.IO;
using Vuforia;

public GameObject Panel_1o;

void Start() {
    Panel_1o.SetActive(false);

    public void Open_1o_panel()
    {
        Panel_1o.SetActive(true);
        Debug.Log("Button pressed");
    }
}

```

```
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;

void Start()
{
    timer = 0;
}

void Update()
{
    StopwatchCalcul();
}

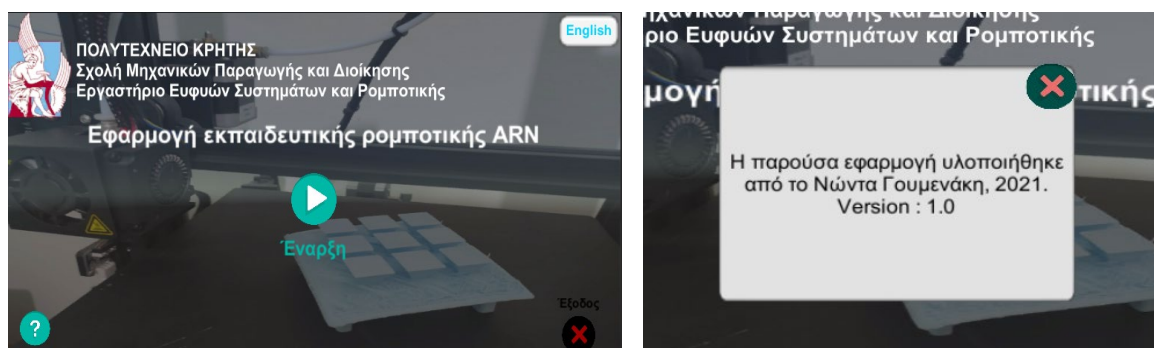
void StopwatchCalcul()
{
    timer += Time.deltaTime;
    seconds = (int)(timer % 60);
    minutes = (int)(timer / 60);
    stopWatchText.text =
minutes.ToString("00") + ":" +
seconds.ToString("00");
}

public void kleise_1o_panel()
{
    Panel_1o.SetActive(false);
    Debug.Log("Button released");
}
```


ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

Παρακάτω παρατίθενται όλα τα στιγμιότυπα κάθε σκηνής από την εφαρμογή.

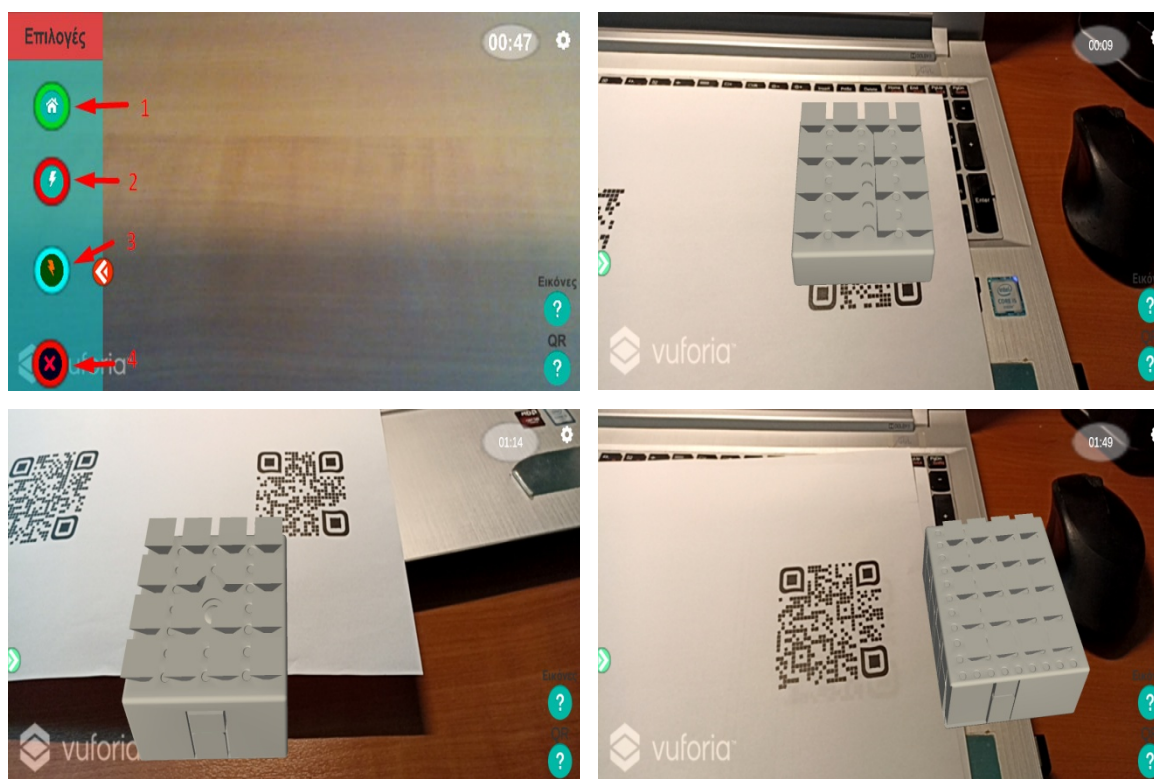
Είσοδος εφαρμογής:

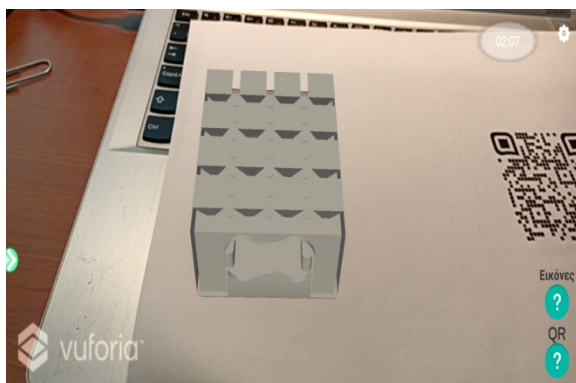


Σκηνή 1: Προβολή πληροφοριών και επεξεργασία των αντικειμένων

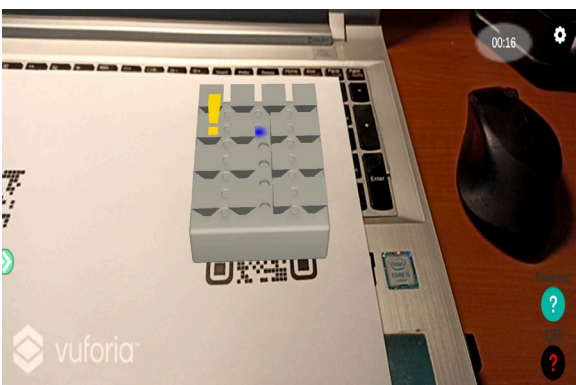
Οι πληροφορίες των αντικειμένων εμφανίζονται μέσω 3 κουμπιών (κίτρινο, κόκκινο, μπλε).

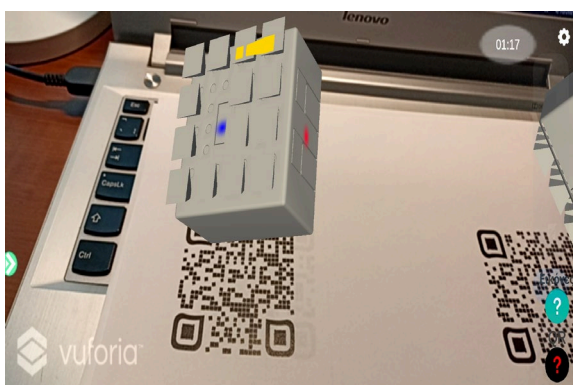
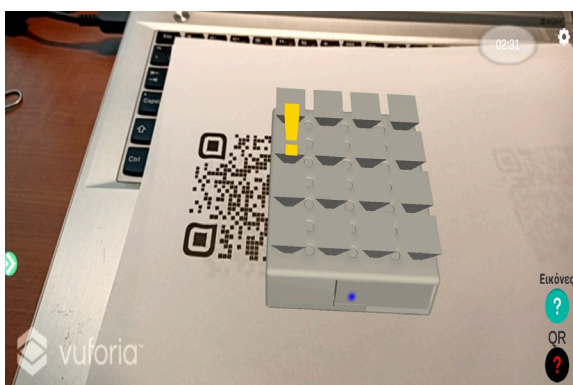
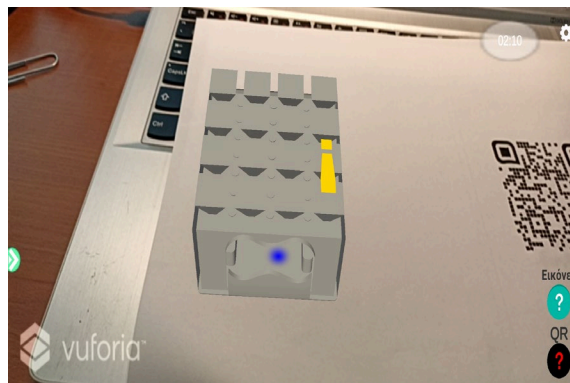
Εμφάνιση αντικειμένων

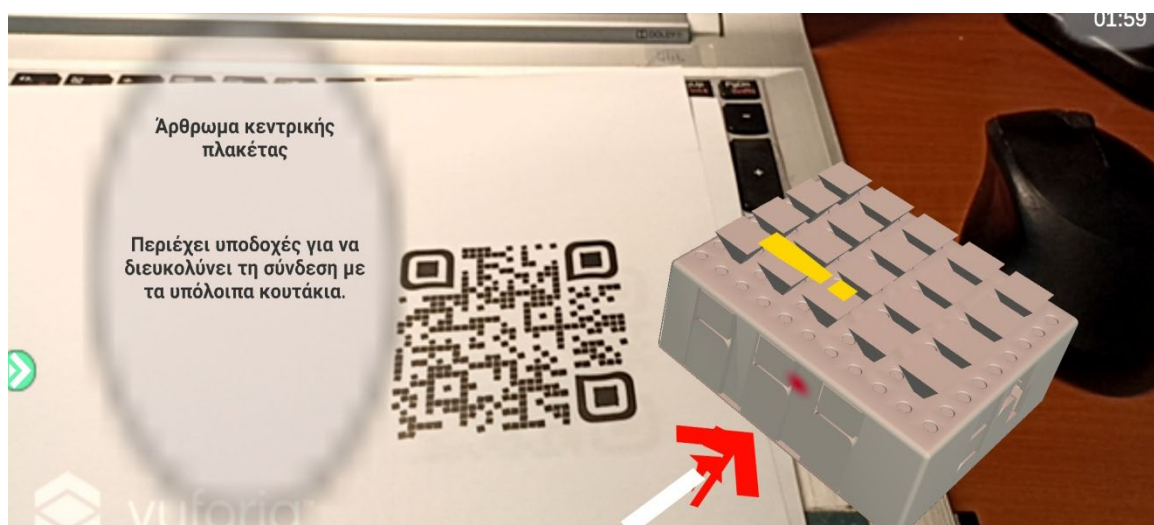
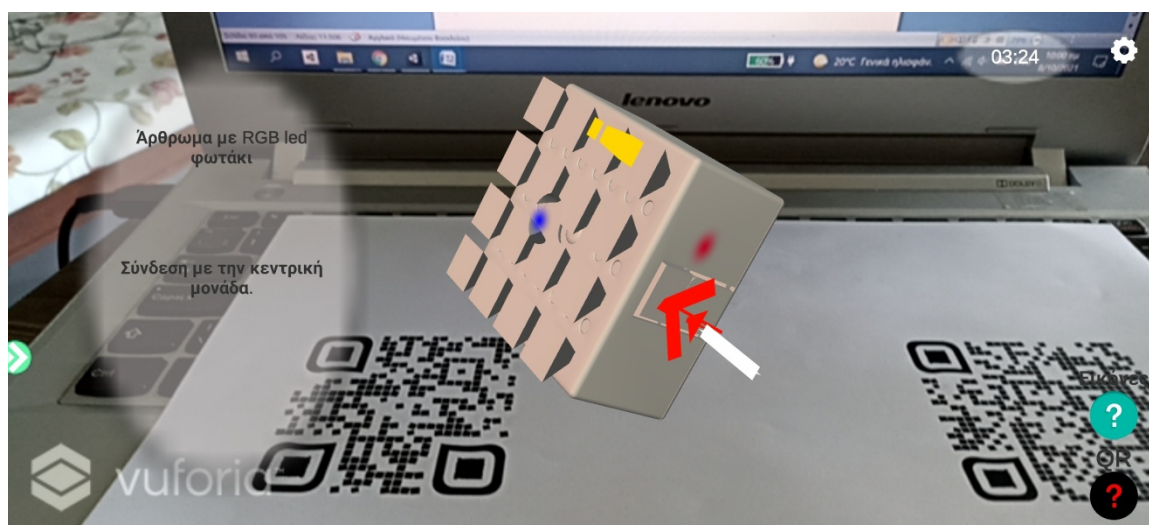
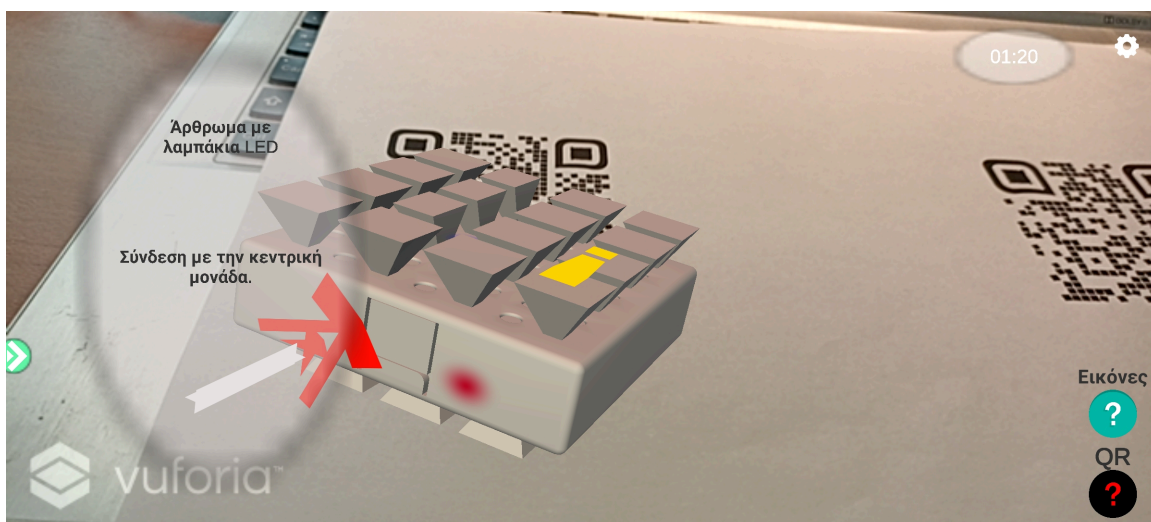


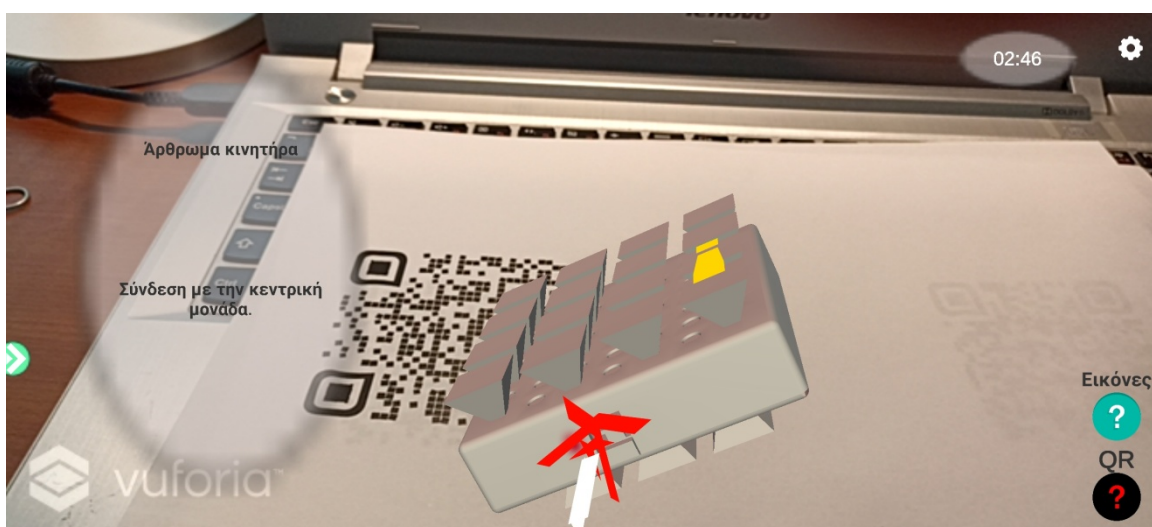
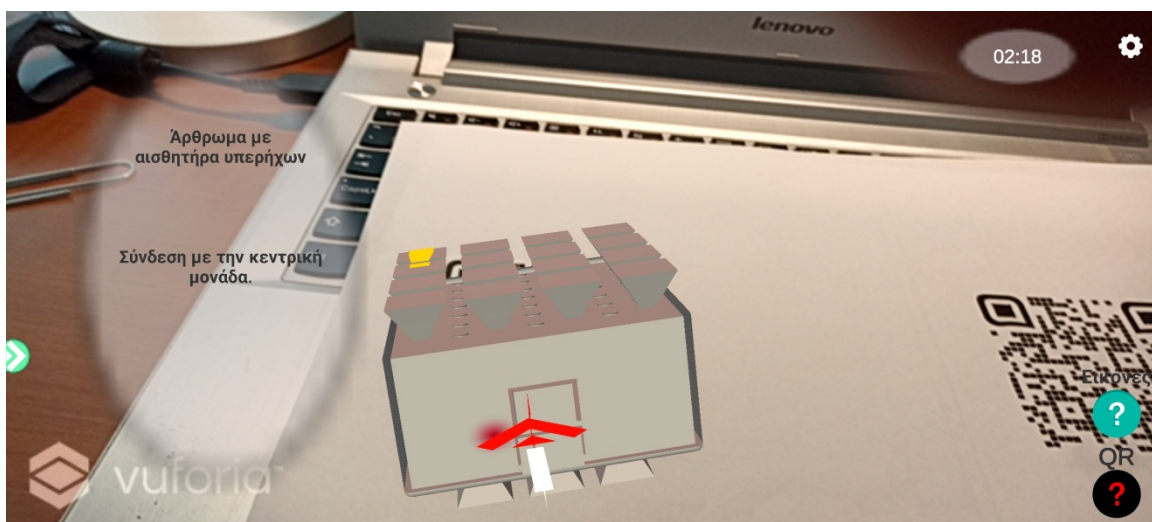


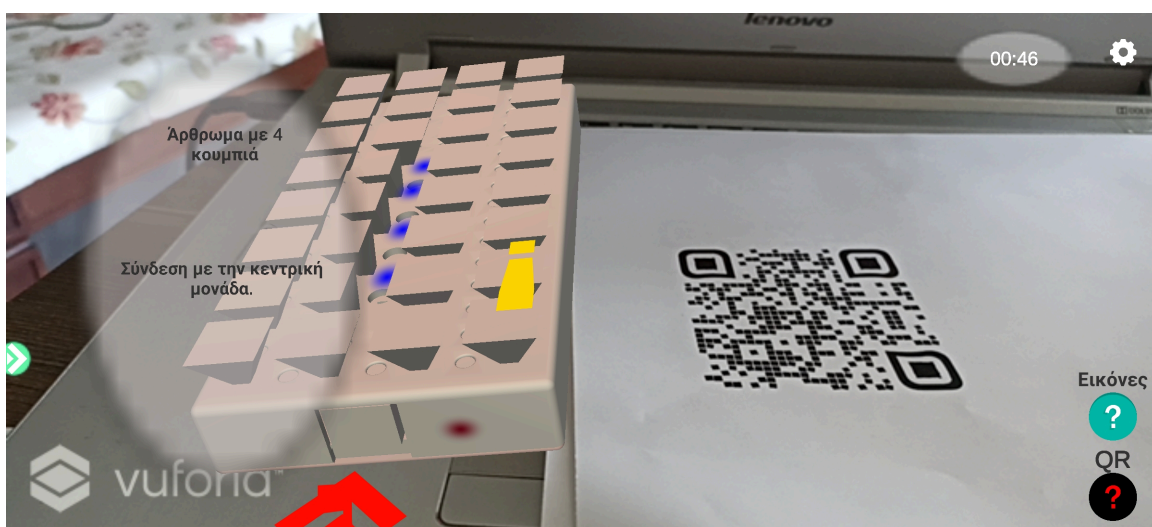
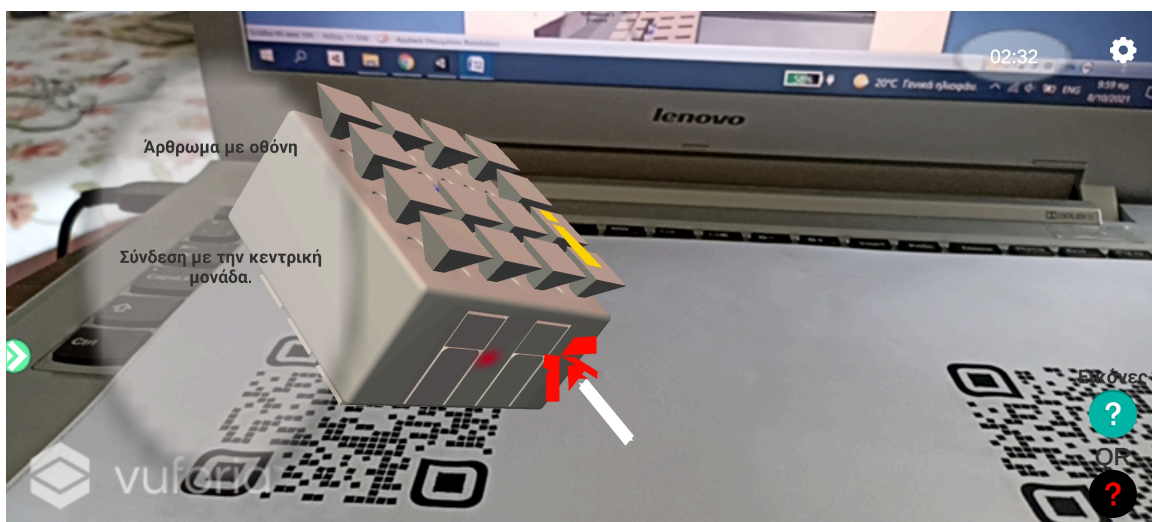
Εμφάνιση κουμπιών πληροφοριών

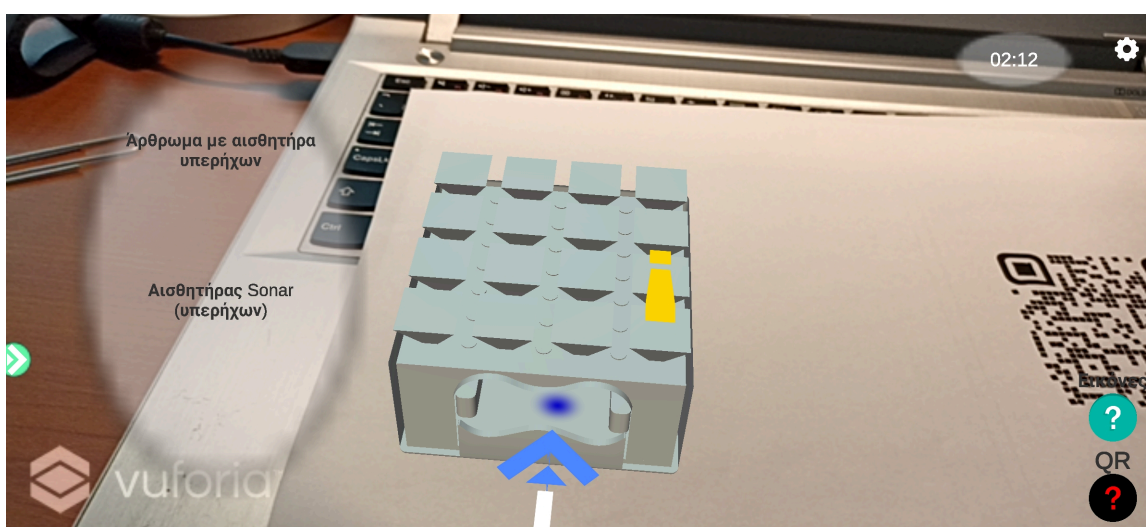
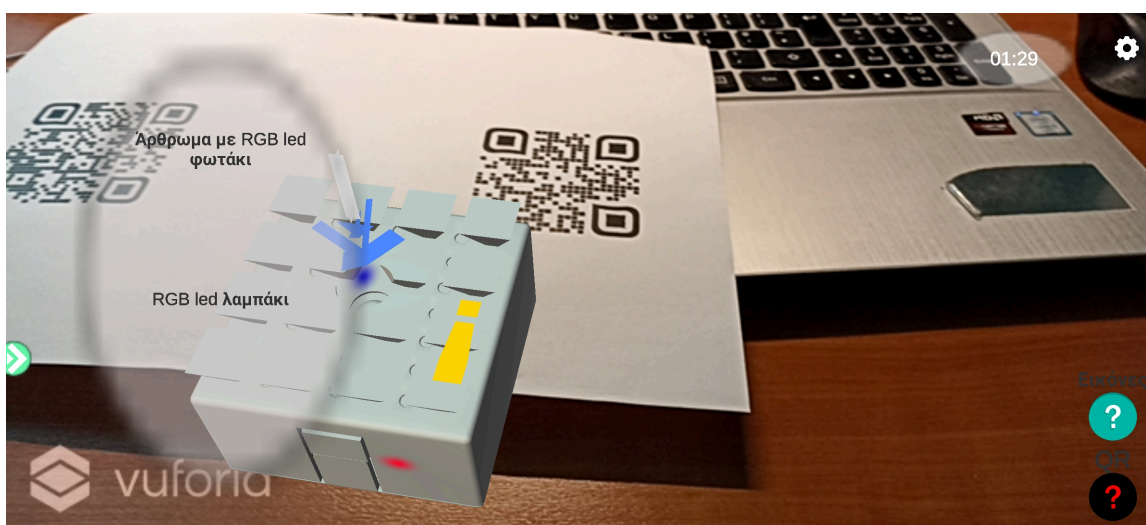
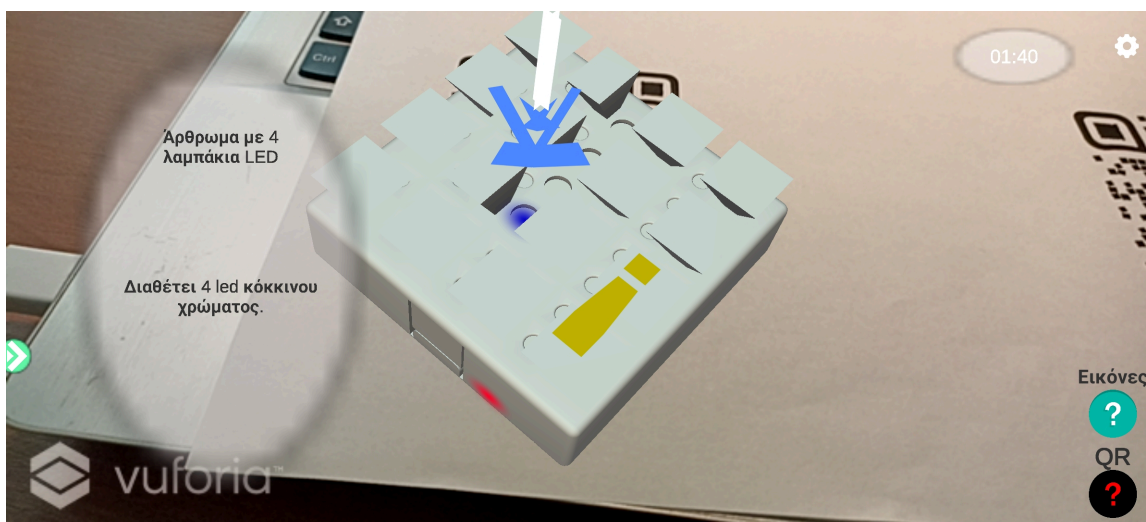


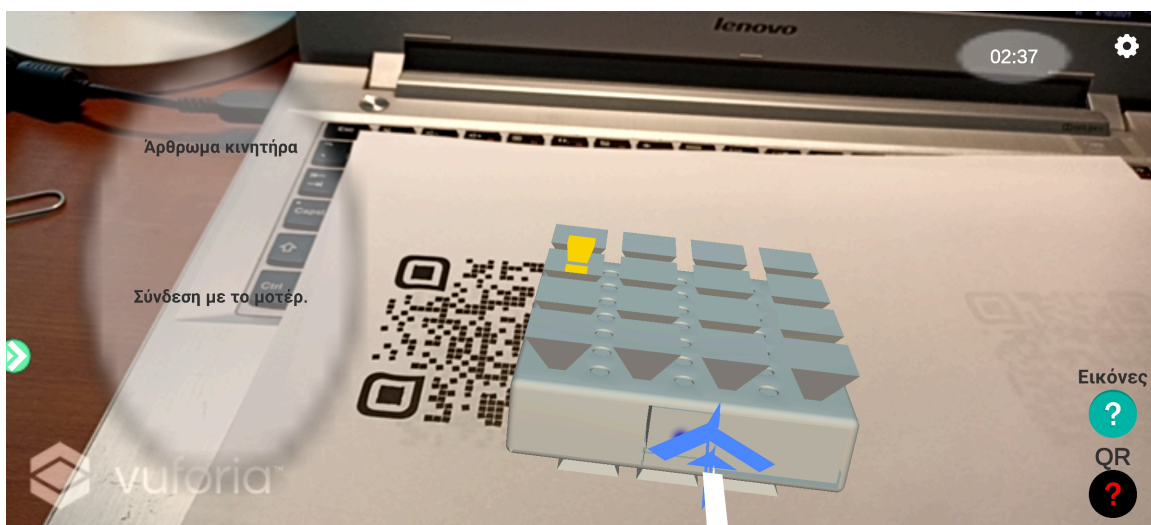


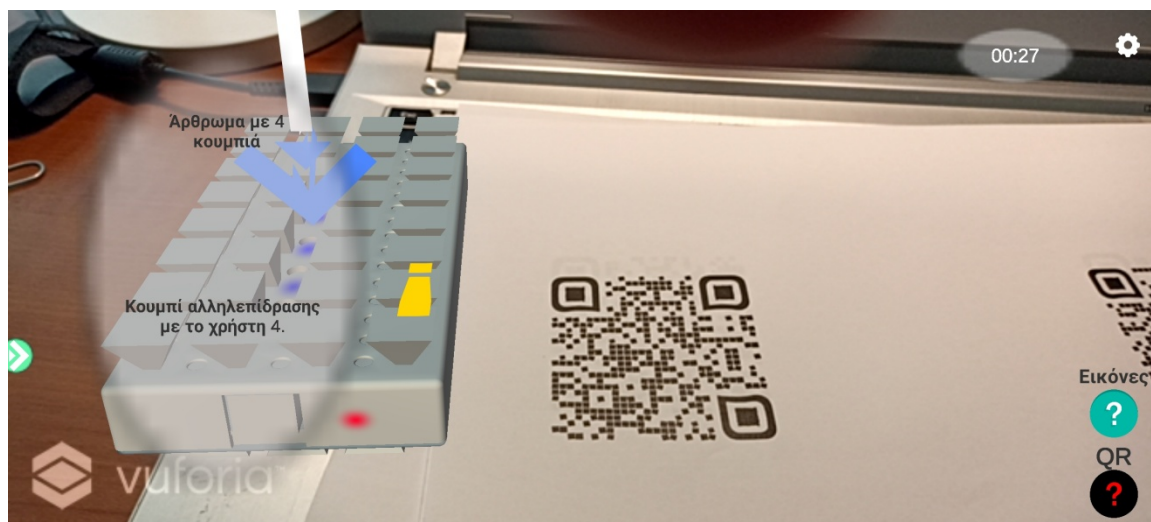
Κόκκινο κουμπί



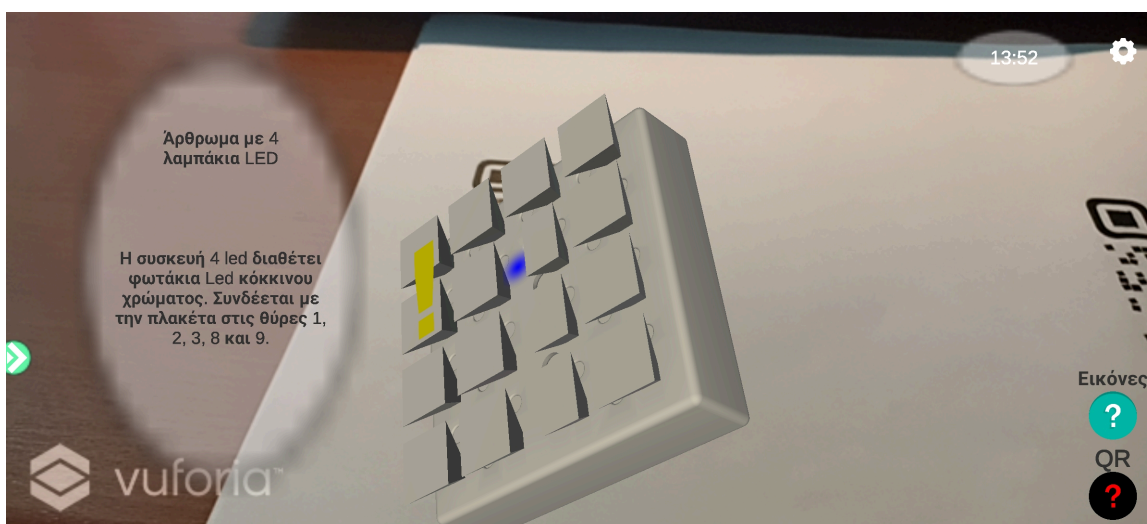


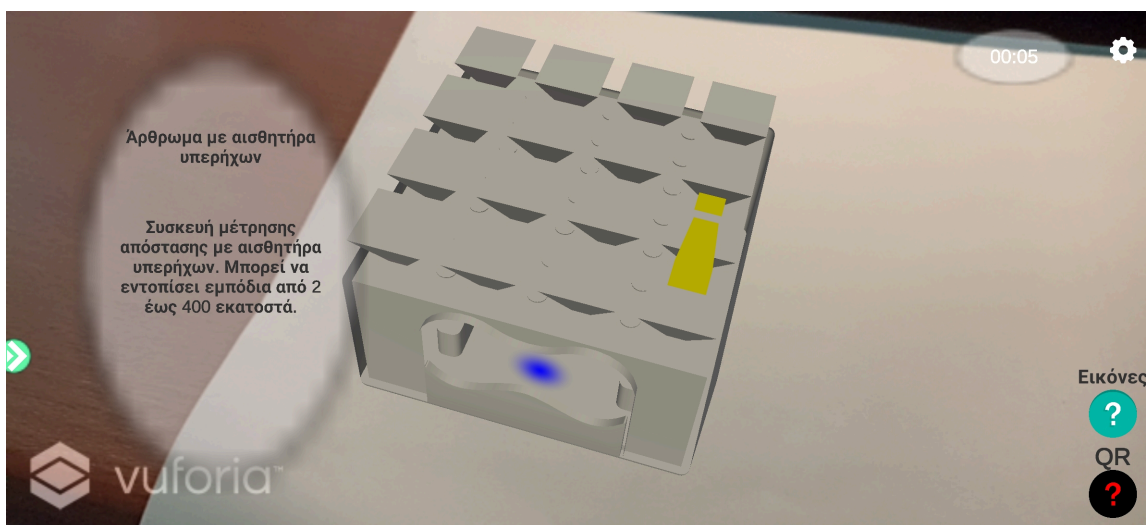
Μπλε κουμπί

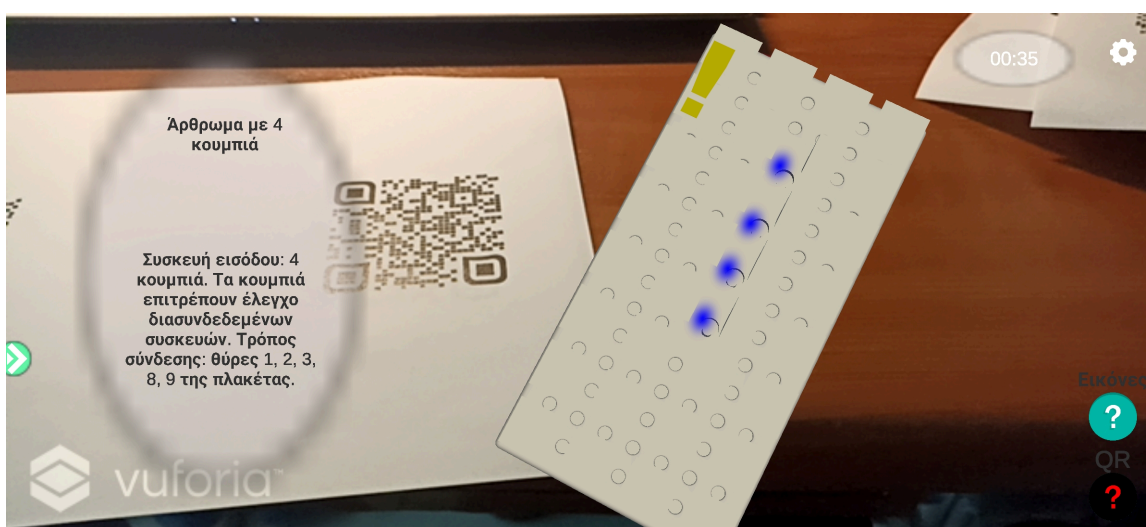
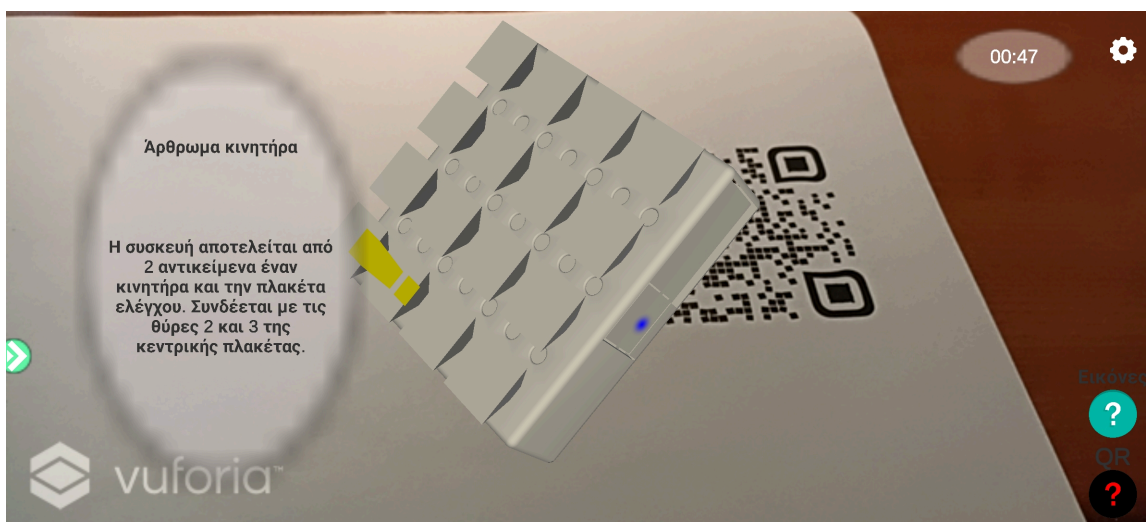




Κίτρινο κουμπί



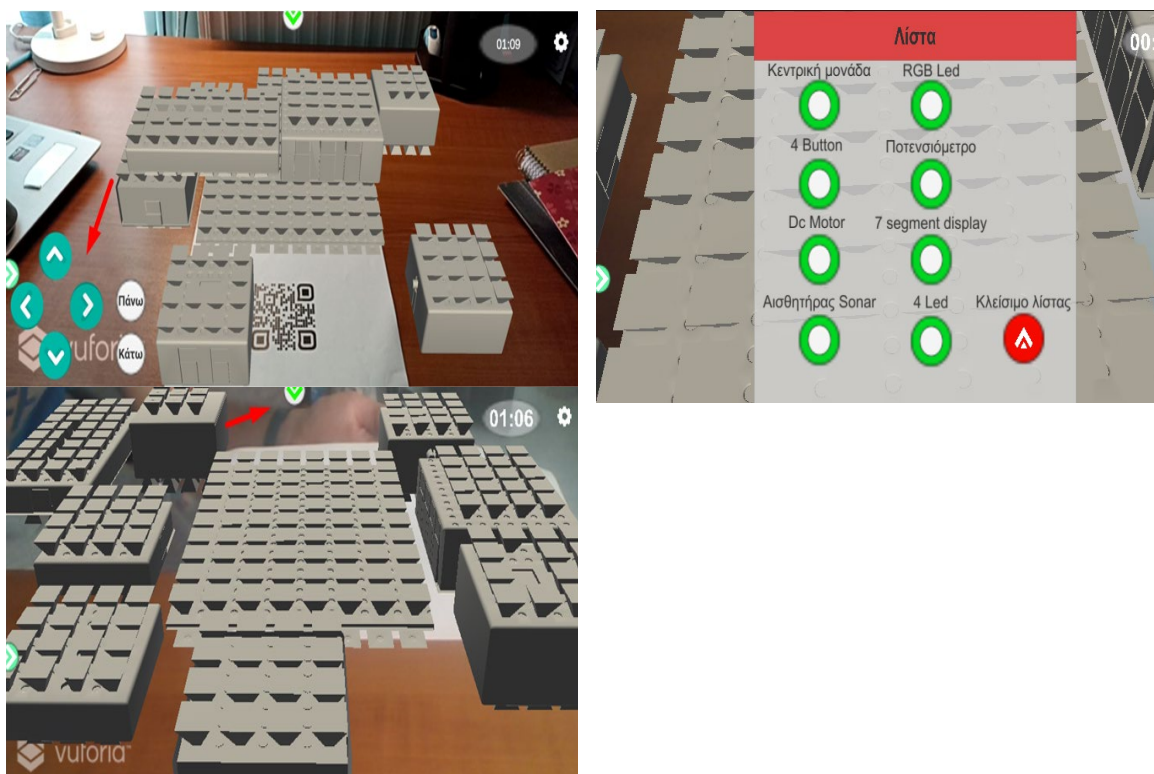






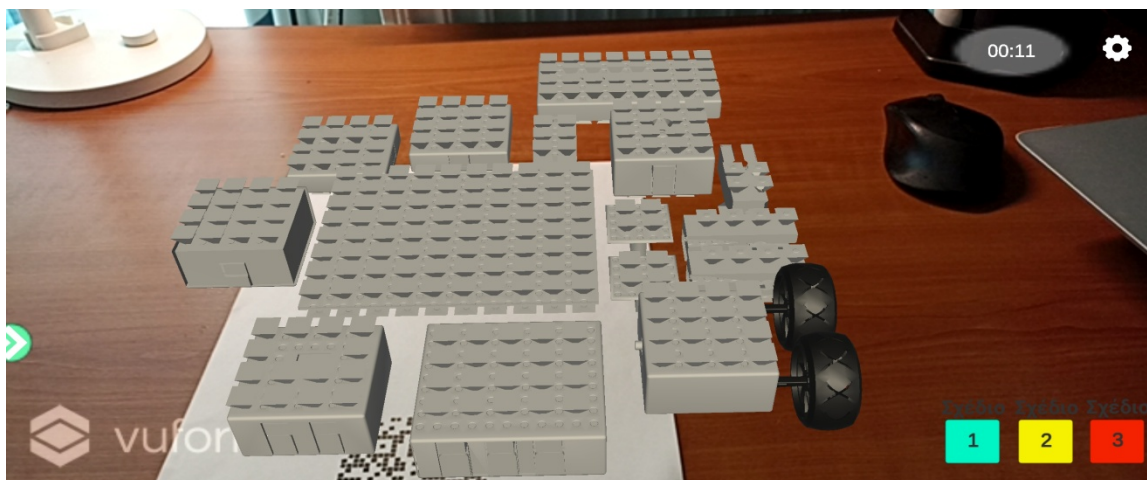
Σκηνή 2: Ελεύθερη συναρμολόγηση των συσκευών

Αφορά τη συναρμολόγηση των αντικειμένων και χειρισμό τους από το χρήστη. Ο χρήστης επιλέγει από τη λίστα αρχικά το αντικείμενο που θέλει να μετακινήσει.



Σκηνή 3: Οδηγίες σχεδιασμού ρομποτικών κατασκευών

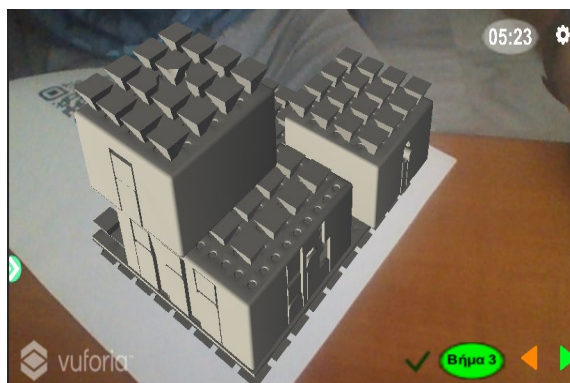
Αφορά την υλοποίηση 3 κατασκευών σε βήματα. Ο χρήστης επιλέγει 1 από τα 3 προτεινόμενα σχέδια και παρακολουθεί την υλοποίηση των κατασκευών μέσα από κουμπιά (πράσινο: επόμενη συναρμολόγηση, πορτοκαλί: αναίρεση συναρμολόγησης).



Σχέδιο 1

Τα βήματα συναρμολόγησης όπως παρουσιάζονται στο χρήστη



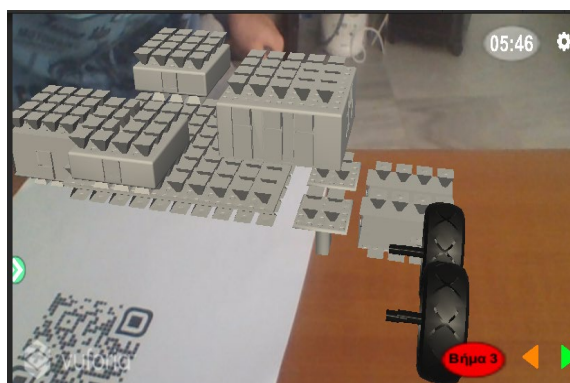
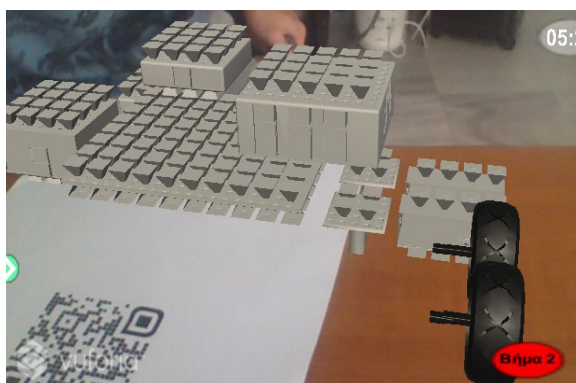
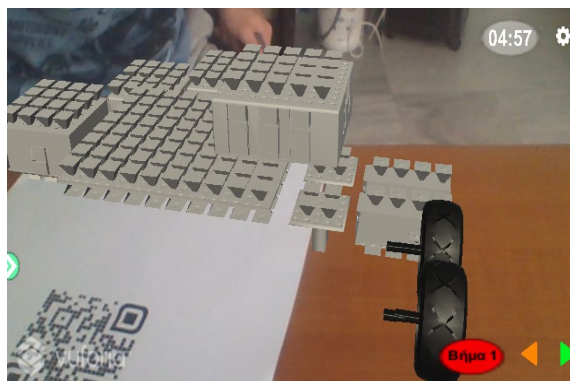
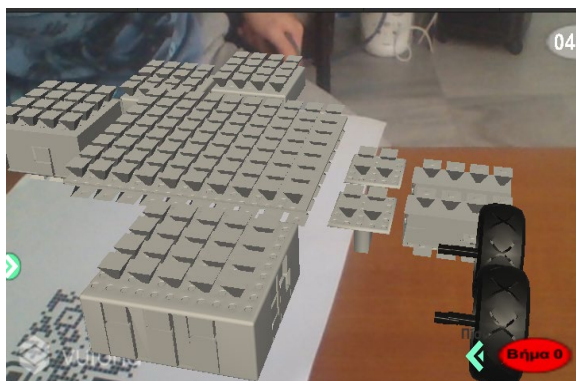


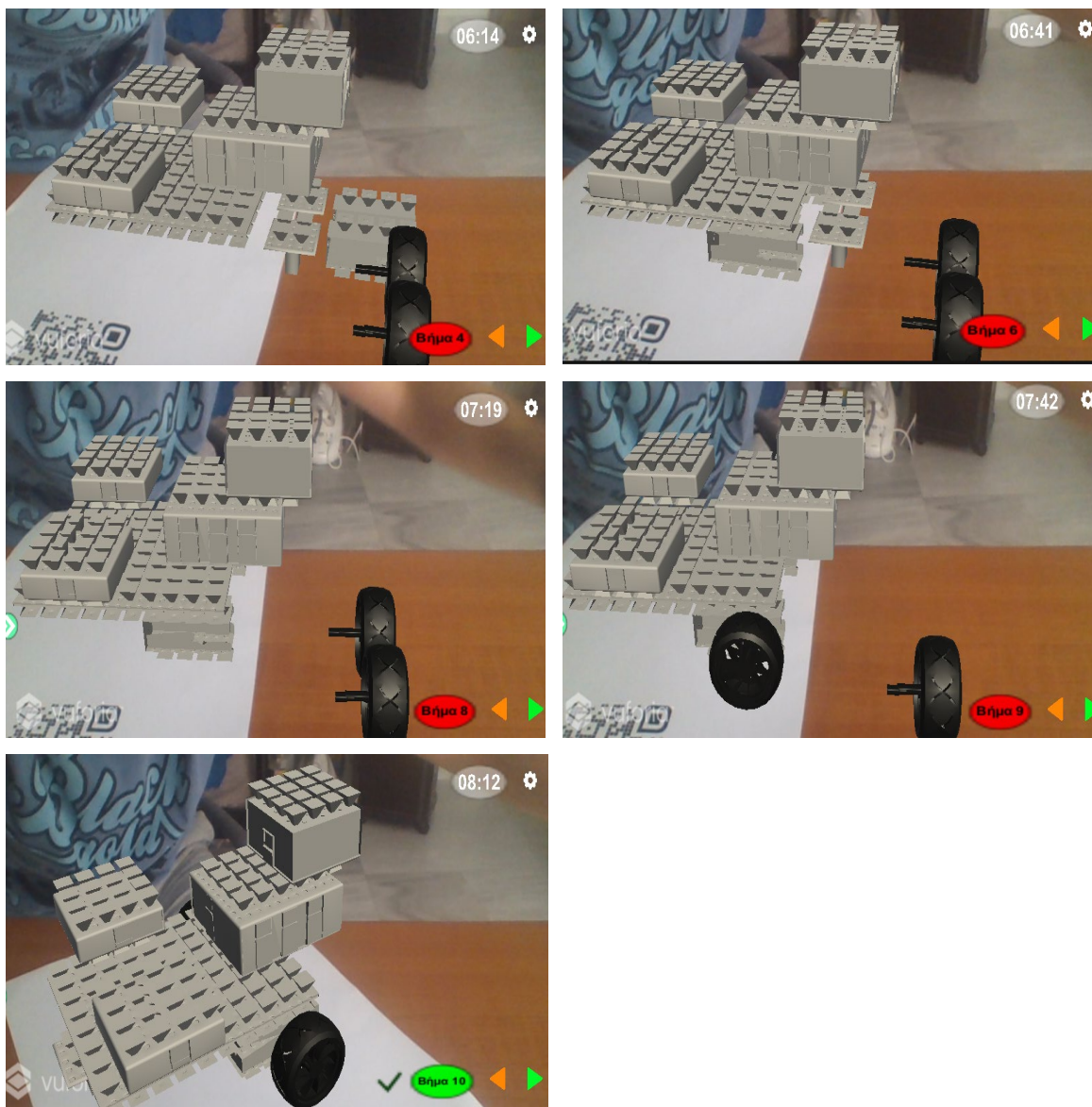
Σχέδιο 2





Σχέδιο 3





Ρυθμίσεις