



Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Πολυτεχνική Σχολή

Τμήμα Μηχανικών Σχεδίασης  
Προϊόντων και Συστημάτων

Σεπτέμβριος 2023

Διπλωματική εργασία προπτυχιακού προγράμματος σπουδών με τίτλο:  
**Δημιουργία ψηφιακών χαρακτήρων σε περιβάλλον επαυξημένης  
πραγματικότητας στον πολιτισμό**

**Φοιτήτρια:** Ηλιάνα Θεού Α.Μ. 5112017039

**Επιβλέπων:** Σπύρος Βοσινάκης

**1<sup>ο</sup> Μέλος:** Δαμιανός Γαβαλάς

**2<sup>ο</sup> Μέλος:** Μόδεστος Σταυράκης

Δηλώνω υπεύθυνα ότι η διπλωματική εργασία είναι εξ' ολοκλήρου δικό μου έργο και κανένα μέρος της δεν είναι αντιγραμμένο από έντυπες ή ηλεκτρονικές πηγές, μετάφραση από ξενόγλωσσες πηγές και αναπαραγωγή από εργασίες άλλων ερευνητών ή φοιτητών. Όπου έχω βασιστεί σε ιδέες ή κείμενα άλλων, έχω προσπαθήσει, όσο είναι δυνατόν, να το προσδιορίσω σαφώς μέσα από την χρήση αναφορών, ακολουθώντας την ακαδημαϊκή δεοντολογία.

**Θέμα:**

Μελέτη, σχεδίαση και παραγωγή κινουμένων ψηφιακών χαρακτήρων σε εφαρμογές φορητής επαυξημένης πραγματικότητας.

**Τίτλος:**

Δημιουργία ψηφιακών χαρακτήρων σε περιβάλλον επαυξημένης πραγματικότητας στον πολιτισμό.

**Περιγραφή:**

Στόχοι της διπλωματικής είναι η διερεύνηση κατάλληλων τεχνικών σχεδίασης, απεικόνισης και κίνησης ψηφιακών χαρακτήρων σε περιβάλλοντα φορητής επαυξημένης πραγματικότητας, με στόχο την ανάδειξη και προβολή στοιχείων άυλης πολιτιστικής κληρονομιάς και ιστορίας σε φυσικούς χώρους. Οι ψηφιακοί χαρακτήρες που θα μελετηθούν και δημιουργηθούν θα έχουν σκοπό την αξιοποίησή τους στην πλοήγηση επισκεπτών σε συγκεκριμένο χώρο πολιτιστικής αξίας και στην ανάδειξη του παρελθόντος του, μέσω κινουμένων διαδραστικών χαρακτήρων. Η πλοήγηση θα γίνεται μέσω εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας, η οποία θα κατευθύνει τους χρήστες μέσα στα πλαίσια των χώρων αυτών και θα τους επιτρέπει να παρατηρούν και αλληλεπιδρούν με τους ψηφιακούς χαρακτήρες. Οι χρήστες αποτελούν επισκέπτες του χώρου και ενδιαφέρονται να μάθουν περισσότερα γι' αυτόν. Στο πλαίσιο της διπλωματικής θα μελετηθούν διαφορετικές μέθοδοι δημιουργίας των χαρακτήρων με στόχο την καλύτερη απόδοση του περιεχομένου και των διαλόγων και την ανάδειξη της ιστορίας και κληρονομιάς του χώρου.

**Keywords:**

Digital Characters, Character Design, Augmented Reality Apps, Digital Heritage, Cultural Heritage, Heritage Tourism.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Θέμα: .....	3
Τίτλος: .....	3
Περιγραφή:.....	3
Keywords:.....	3
1. Εισαγωγή.....	6
2. Έρευνα.....	8
2.1. Εισαγωγή .....	8
2.2. Heritage Tourism.....	8
2.3. Ψηφιακοί Χαρακτήρες.....	9
2.3.1 Ορισμός Ψηφιακού Χαρακτήρα.....	9
2.3.2. Ψυχολογία Χαρακτήρα .....	10
2.3.3. Αντίληψη Χαρακτήρων .....	11
2.3.4. Ροή Δημιουργίας Ψηφιακών Χαρακτήρων .....	13
2.4. Animation .....	20
2.4.1 Ορισμός animation.....	20
2.4.2. Αρχές animation.....	20
2.4.3. Μέθοδοι απόδοσης της κίνησης .....	23
2.5. Augmented Reality (AR) .....	25
2.5.1. Ορισμός Augmented Reality.....	25
2.5.2. Τεχνικές Tracking σε AR Εφαρμογές.....	25
2.5.3. Διεπαφή στις AR Εφαρμογές.....	27
2.5.4. Προβολή Εικονικού Περιεχομένου .....	28
2.5.5. Χρήσεις AR .....	29
2.5.6. AR Εφαρμογές σε Πολιτιστικό Περιβάλλον.....	30
3. Μεθοδολογία.....	34
3.1. Εισαγωγή .....	34
3.2. Σχεδίαση Διαδραστικών Συστημάτων .....	34
3.2.1. Research and Inquiry.....	34
3.2.2. Conceptual Design.....	34
3.2.3. Technical Testing and Interactive Prototyping .....	35
3.2.4. Evaluation.....	35
3.3. Μελέτη Περίπτωσης .....	35
4. Σχεδίαση .....	37
4.1. Εισαγωγή .....	37

4.2. Research and Inquiry .....	37
4.2.1. Ψηφιακοί Χαρακτήρες σε Πολιτισμικό Περιβάλλον μέσω AR.....	37
4.2.2. Related Work .....	39
4.2.3. Συμπεράσματα .....	42
4.3. Σχεδίαση Χαρακτήρων .....	43
4.3.1. Σχεδιαστικές αποφάσεις .....	43
4.3.2. Χαρακτήρες.....	45
4.3.3. Workflow .....	46
4.4. Prototyping Χαρακτήρων για Εφαρμογή Μελέτης Περίπτωσης .....	51
5. Μελέτη με Χρήστες .....	62
5.1. Σκοπός.....	62
5.2. Prototyping Χαρακτήρων για Μελέτη με Χρήστες .....	62
5.3. Μέθοδος.....	69
5.4. Αποτελέσματα.....	69
5.5. Συμπεράσματα Μελέτης με Χρήστες .....	72
6. Συμπεράσματα .....	74
7. Βιβλιογραφία.....	75

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αυτή η διπλωματική εργασία μελετά την σχεδίαση ψηφιακών χαρακτήρων σε AR εφαρμογές, οι οποίες χρησιμοποιούνται σε πλαίσια πολιτισμικής κληρονομιάς. Τα τελευταία χρόνια, καθώς οι ανεπτυγμένες τεχνολογίες εντάσσονται όλο και περισσότερο στις ζωές των ανθρώπων, γίνεται όλο και πιο εύκολο για αυτούς να τις χρησιμοποιήσουν. Ταυτόχρονα, ενώ ο τουρισμός σε τόπους πολιτισμικής κληρονομιάς γίνεται πιο προσιτός για το ευρύ κοινό, δημιουργείται η ανάγκη για χρήση τέτοιων τεχνολογιών που έχουν τη δυνατότητα να λειτουργήσουν ως ξεναγοί ή περιηγητές και να προσφέρουν στον επισκέπτη μία πιο διαδραστική εμπειρία, από ότι αυτή της απλής ανάγνωσης των κειμένων που αφορούν τα εκθέματα. Παρατηρείται, έτσι, πως η χρήση ψηφιακών χαρακτήρων σε AR εφαρμογές που τοποθετούνται σε χώρους πολιτισμικής κληρονομιάς γίνεται όλο και πιο συχνή, καθώς δίνει την δυνατότητα, όχι μονάχα για μία οικονομική και χρονικά προσιτή λύση για τους επιμελητές των χώρων αυτών, αλλά και για μία διαδραστική εμπειρία, που αποτέλεσμα θα έχει την πιο αποτελεσματική αποστήθιση των πληροφοριών από τους επισκέπτες.

Παρόλο, όμως, που η χρήση ψηφιακών χαρακτήρων παρατηρείται τόσο συχνά σε τέτοια περιβάλλοντα, υπάρχει προφανή έλλειψη συμπερασμάτων που αφορούν την κατάλληλη σχεδιάσή τους. Πιο συγκεκριμένα, ενώ οι περισσότερες παρόμοιες εφαρμογές χρησιμοποιούν αληθοφανής χαρακτήρες, δεν υπάρχει εξήγηση για την προσέγγιση αυτή, καθώς και το πόσο αυτή επηρεάζει τα συναισθήματα των χρηστών όταν αυτοί τους αντικρίζουν και κατά προέκταση την ευκολία με την οποία μπορούν να τους παρακολουθήσουν. Ταυτόχρονα, το επίπεδο σύνδεσης που είναι απαραίτητο να έχουν οι χαρακτήρες με το χώρο, ώστε αυτοί να θεωρηθούν σχετικοί από τους επισκέπτες, δεν έχει διατυπωθεί, με αποτέλεσμα η κατάλληλη επιλογή αυτών να είναι ασαφής για τον σχεδιαστή ή δημιουργό της εφαρμογής.

Έτσι, λαμβάνοντας υπ' όψη τα παραπάνω, αυτή η διπλωματική εργασία έχει ως στόχο την παραγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την κατάλληλη σχεδίαση τρισδιάστατων χαρακτήρων που θα αξιοποιηθούν σε εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας σε χώρους πολιτισμικής κληρονομιάς. Τα συμπεράσματα αυτά αφορούν την σχεδίαση των χαρακτήρων ως προς το στυλ με το οποίο προσεγγίσθηκε η εμφάνισή τους, την σύνδεση που πρέπει να έχουν με τον χώρο για τον οποίο χρησιμοποιούνται, καθώς και το πόσο τα παραπάνω επηρεάζουν τα συναισθήματα του χρήστη και το επίπεδο προσοχής του.

Για την παραγωγή των συμπερασμάτων αυτών ακολούθησε έρευνα των σχετικών πεδίων ξεχωριστά, μελέτη παρόμοιων εφαρμογών και την προσέγγισή τους ως προς την δημιουργία χαρακτήρων, ενώ αξιοποιήθηκε και η ανάπτυξη Μελέτης Περίπτωσης. Για την Μελέτη Περίπτωσης, έγινε χρήση μίας εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας, που σκοπό είχε την περιήγηση των επισκεπτών στο Αρχοντικό "Κοής" στην Ερμούπολη της Σύρου. Έτσι, για την αποτελεσματικότερη παραγωγή συμπερασμάτων, αξιοποιήθηκαν οι χαρακτήρες που σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν για αυτή, οι οποίοι λειτούργησαν ως εργαλεία καθοδήγησης για τον επισκέπτη, μέσω εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας, κατά την οποία αυτός είχε την ευκαιρία να ακούσει διαλόγους μεταξύ των χαρακτήρων που αφορούν την ιστορία του Αρχοντικού και της Ερμούπολης. Τέλος, διεξάχθηκε μελέτη με χρήστες, κατά την οποία

τροποποιήθηκαν οι χαρακτήρες που αντιστοιχούσαν στην Μελέτη Περίπτωσης, με σκοπό να παραχθούν πιο στοχευμένα συμπεράσματα που σχετίζονται με τους στόχους αυτής της διπλωματικής εργασίας.

## 2. ΕΡΕΥΝΑ

### 2.1. Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο της έρευνας, αρχικά, αναλύονται οι ορισμοί του ψηφιακού χαρακτήρα, τι είναι δηλαδή ένας ψηφιακός χαρακτήρας, ενώ ερευνώνται σημερινές μέθοδοι και τεχνολογίες για την σχεδίαση αυτών, καθώς και η ροή που ακολουθείται παραδοσιακά για την ολοκληρωμένη δημιουργία τους μέσα στο 3D περιβάλλον. Έστερα, αναλύονται παρόμοια ερωτήματα για τον τομέα του animation και της επαυξημένης πραγματικότητας.

### 2.2. Heritage Tourism

Από την στιγμή που αυτή η διπλωματική εργασία μελετά την σχεδίαση ψηφιακών χαρακτήρων σε περιβάλλον επαυξημένης πραγματικότητας σε χώρους πολιτισμικής κληρονομιάς, απαραίτητο είναι να μελετηθεί η έννοια του heritage tourism, που αποτελεί σκέλος του πλαισίου αυτού και διευκολύνει όχι μονάχα την κατανόησή του, αλλά και αυτή του απευθυνόμενου κοινού.

Για αρχή, η έννοια της πολιτισμικής κληρονομιάς (cultural heritage) έχει πολλές ερμηνείες. Οι επικρατέστερες από αυτές λαμβάνουν υπ' όψη τους το ιστορικό παρελθόν ενός τόπου, μαζί με τα λοιπά κτίρια, κατασκευές, γεγονότα, παραδόσεις και πεποιθήσεις. Η πολιτισμική κληρονομιά, άρα, αποτελεί κυρίως ότι έχει δοθεί ή αφεθεί σε έναν τόπο από γεγονότα ή γενιές του παρελθόντος και αποτελεί, πλέον, τμήμα της ταυτότητας του τόπου αυτού (Ashworth G.J., 2000; Han D., et.al., 2013; Poria Y., et.al., 2003). Καθώς, λοιπόν, η πολιτισμική κληρονομιά αποτελεί μέρος της ταυτότητας ενός τόπου, συνειδητοποιούμε πως θεωρείται σημαντικό σκέλος, όχι μονάχα για το πως οι υπόλοιποι τον βλέπουν, αλλά ταυτόχρονα υπάρχει χώρος για αναφορά της στον τομέα της πολιτικής (Ashworth G.J., 2000). Ενώ έχουν ληφθεί υπ' όψη τα παραπάνω, συμπεραίνεται πως, σε αρκετές περιπτώσεις, ο ίδιος ο τόπος θεωρείται πολιτισμική κληρονομιά και όχι μονάχα οι πιο επισκέψιμες τοποθεσίες του (Han D., et.al., 2013). Όσον αφορά τον τουρισμό σε αυτά τα μέρη, σημαντικό είναι να αναφερθεί πως, παρόλο που μία τοποθεσία μπορεί να έχει σημαντική πολιτισμική αξία, αυτή από μόνη της δεν είναι αρκετή για να προσελκύσει επισκέπτες στον τόπο που βρίσκεται. Έτσι, συμπεραίνουμε πως ο τουρισμός στην πολιτισμική κληρονομιά (heritage tourism) βασίζεται κυρίως στο σύνολο τοποθεσιών με πολιτισμική αξία για την προσέλκυση των επισκεπτών (Ashworth G.J., 2000).

Έχοντας αναλύσει την έννοια των τόπων που αποτελούν πολιτισμική κληρονομιά, μπορούμε πλέον να επεκταθούμε στους επισκέπτες των χώρων αυτών. Η κύρια διαφορά μεταξύ των κατοίκων του τόπου και των επισκεπτών ή τουριστών είναι πως η πρώτη κατηγορία κατέχει εκτενέστερη γνώση για τον τόπο αναφοράς, καθώς και των παραδόσεών του, ενώ η δεύτερη κατηγορία φαίνεται να έχει περισσότερες προσδοκίες και απαιτήσεις από αυτόν. Επιπλέον, οι τουρίστες βιώνουν την πολιτισμική κληρονομιά ενός τόπου χωρίς να επισκέπτονται συγκεκριμένες τοποθεσίες, είτε το συνειδητοποιούν είτε όχι, με το να χρησιμοποιούν υπηρεσίες και να καταναλώνουν περιεχόμενο από τους τόπους αυτούς (Ashworth G.J., 2000). Ενώ, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ένας τόπος ο οποίος έχει πολλές τοποθεσίες πολιτισμικής κληρονομιάς είναι πιο



συχνά επισκεπτόμενος από κάποιον που προσφέρει μονάχα ένα αξιοθέατο, σημαντική είναι και η παρατήρηση των Poria Y. et.al. (2013). Μετά από έρευνα, λοιπόν, η οποία διεξάχθηκε στο αξιοθέατο πολιτισμικής κληρονομιάς Wailing Wall και ύστερα από πολλαπλές αλληλεπιδράσεις και συνεντεύξεις με επισκέπτες, βρέθηκε πως όταν ένας επισκέπτης είναι συναισθηματικά συνδεδεμένος με ένα αξιοθέατο, είναι πιο πιθανό να το επισκεφθεί ξανά στο μέλλον. Πιο συγκεκριμένα, αναλύοντας την συμπεριφορά τους, παρατηρήθηκε πως οι επισκέπτες με συναισθηματική σύνδεση ήταν πιο πιθανό να περάσουν παραπάνω χρόνο στο αξιοθέατο απ' ό,τι οι υπόλοιποι, ενώ ταυτόχρονα ένα σημαντικό ποσοστό αυτών θεωρούσε το αξιοθέατο μέρος της δικής τους πολιτισμικής κληρονομιάς. Ταυτόχρονα, μία άλλη κατηγορία επισκεπτών που παρουσιάζουν την θέληση να παραμείνουν παραπάνω στον χώρο του αξιοθέατου, ήταν αυτοί που αισθάνονταν θρησκευτική σύνδεση με αυτό. Ανεξάρτητα αυτής της έρευνας, όμως, έχει παρατηρηθεί πως όλοι οι επισκέπτες λαμβάνουν υπ' όψη τους κάποιους χρονικούς περιορισμούς, με αποτέλεσμα να παραμένουν στον χώρο του αξιοθέατου για πολύ μικρότερο χρονικό διάστημα από αυτό που θα τους επέτρεπε να βιώσουν πλήρως την διαχρονική και ιστορική πληροφορία που είχε να τους προσφέρει (Ashworth G.J., 2000).

Μία έννοια που πάντα θα αναφέρεται όταν πρόκειται για χώρους πολιτισμικής κληρονομιάς είναι αυτή της συντήρησης, της οποίας η διαχείριση συζητιέται ακόμα στον τομέα αυτό. Παρόλο, λοιπόν, που για να είναι επισκέψιμοι οι χώροι πολιτισμικής κληρονομιάς, πρέπει να είναι ασφαλής και διατηρημένοι ώστε να μπορούν οι επισκέπτες να βιώσουν την πολιτισμική τους αξία, πολλοί ιστορικοί παρουσιάζουν ενστάσεις, υποστηρίζοντας πως οι χώροι αυτοί πρέπει να παραμείνουν στην κατάσταση την οποία βρέθηκαν (Ashworth G.J., 2000; Fyall A., Garrod B., 1998).

Τέλος, καθώς γίνεται όλο και πιο εύκολο για τους πολίτες να ταξιδεύουν, έτσι μεγαλώνει και ο πληθυσμός ο οποίος επισκέπτεται και τις τοποθεσίες πολιτισμικής κληρονομιάς (Ashworth G.J., 2000; Han D., et.al., 2013). Έτσι, έχει αναπτυχθεί η ανάγκη για γρήγορη, οικονομική και αποτελεσματική περιήγηση, λόγω της οποίας εντάχθηκε στους χώρους αυτούς η τεχνολογία (Han D., et.al., 2013).

## **2.3. Ψηφιακοί Χαρακτήρες**

### **2.3.1 Ορισμός Ψηφιακού Χαρακτήρα**

Ένας ψηφιακός χαρακτήρας είναι μία ηλεκτρονική οντότητα που έχει αναπτυχθεί με την χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή και της έχει δοθεί κίνηση από τους δημιουργούς. Οι ψηφιακοί χαρακτήρες συναντιούνται πολύ συχνά σε ταινίες, τηλεοπτικές εκπομπές, ηλεκτρονικά παιχνίδια και οποιουδήποτε είδους διαδραστικό μέσο (O'Neill R., 2015). Λόγω του πόσο συχνά και σε πόσες μορφές τους συναντάμε, συνειδητοποιούμε πως ένας ψηφιακός χαρακτήρας δεν είναι πάντα ρεαλιστικός ή ακόμα και ανθρωπόμορφος.

Από την στιγμή, λοιπόν, που η ανθρώπινη ή ρεαλιστική μορφή δεν είναι αυτή που ορίζει έναν ψηφιακό χαρακτήρα, είναι σημαντικό να εξετάσουμε την διαφορά μεταξύ του ψηφιακού χαρακτήρα και του ψηφιακού πλάσματος. Ένα ψηφιακό πλάσμα είναι μία οντότητα με ψηφιακές αρθρώσεις που της έχει δοθεί κίνηση μέσω του υπολογιστή. Δίνουμε έμφαση στη λέξη κίνηση, καθώς αυτή

είναι που διαφοροποιεί το ψηφιακό πλάσμα με ένα οποιοδήποτε ψηφιακό, “άψυχο” αντικείμενο στο χώρο (McLaughlin T., 2006). Κάτω από αυτόν τον ορισμό μπορεί να συμπεριληφθεί και ο ψηφιακός χαρακτήρας. Η διαφορά, λοιπόν, αποδεικνύεται πως είναι στην συμπεριφορά των δύο. Για παράδειγμα, ένα ψηφιακό τέρας χωρίς εκτεταμένη προσωπικότητα που επιτίθενται στους πρωταγωνιστές, ορίζεται ως ένα ψηφιακό πλάσμα, ενώ μία οντότητα με πιο εκτεταμένη προσωπικότητα και συναισθήματα με βάση τα οποία δρα, μπορεί να θεωρηθεί ψηφιακός χαρακτήρας (O’Neill R., 2015).

### 2.3.2. Ψυχολογία Χαρακτήρα

Όπως έγινε φανερό και από τον ορισμό, οι ψηφιακοί χαρακτήρες δεν αποτελούνται μονάχα από την εμφάνισή τους, αλλά και από την εκτεταμένη προσωπικότητά τους. Έτσι, χρήσιμο είναι να αναλυθεί ο τομέας της ψυχολογίας των χαρακτήρων, με σκοπό να βρεθεί πως τα συναισθήματα που εκφράζονται μέσω αυτής, συνδέονται με την προσωπικότητα.

Από την στιγμή που γεννιόμαστε, αρχίζουμε να αναπτύσσουμε αντιλήψεις για το πως φερόμαστε εμείς και οι γύρω μας, με βάση το τι νοιώθουμε ή τι βιώνουμε, ενώ με το που κάποιος ή κάτι δεν συμπεριφέρεται όπως περιμέναμε, το ορίζουμε ως αφύσικο (O’Neill R., 2015). Συμπεραίνουμε, λοιπόν, πως η επιτυχής απόδοση συναισθημάτων στον χαρακτήρα παίζει σημαντικό ρόλο στο πόσο πιστευτός γίνεται από τον ακροατή και το πως αυτός τον αντιλαμβάνεται (Gratch J., Marsella S., 2005).

Εδώ χρησιμεύει η μελέτη των συναισθημάτων και ο τρόπος με τον οποίο αποδίδονται μέσω του animation που, σύμφωνα με τους Gratch L. και Marsella S. (2005), μπορεί να διαχωριστεί σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη είναι η προσέγγιση των συναισθημάτων με γνώμονα την επικοινωνία. Σε αυτή την κατηγορία, ο χαρακτήρας αποδίδει συναισθήματα με βάση αυτό που θέλει να επικοινωνήσει πως βιώνει, όχι αυτά που μπορεί όντως να βιώνει με βάση την προσωπικότητά του. Αυτή η προσέγγιση χρησιμοποιείται συχνά σε μέσα που στόχο έχουν την επικοινωνία πληροφορίας, όπως μία εκπαιδευτική εφαρμογή, με σκοπό να κινητοποιήσουν το ενδιαφέρον των μαθητευόμενων μέσω των στοχευμένων συναισθημάτων του χαρακτήρα. Η δεύτερη κατηγορία είναι η προσέγγιση των συναισθημάτων με γνώμονα την προσομοίωση. Σε αυτή την κατηγορία ο χαρακτήρας αποδίδει τα “πραγματικά” συναισθήματα που βιώνει με βάση την προσωπικότητά του και τα γεγονότα που συμβαίνουν στο περιβάλλον γύρω του, όχι μόνο με βάση τις τωρινές καταστάσεις, αλλά και τις παρελθοντικές. Αυτή η κατηγορία συναντάται πολύ συχνά σε animations και ηλεκτρονικά παιχνίδια.

Από την στιγμή που, στην πρώτη κατηγορία, τα συναισθήματα που θέλουμε να αποδώσει ο χαρακτήρας είναι συγκεκριμένα και δεν επηρεάζονται απαραίτητα από εξωτερικούς παράγοντες, είναι εύκολο να ξεπεράσουμε την λεπτή γραμμή που σχηματίζεται ανάμεσα σε μία πειστική και μη πειστική οντότητα. Εδώ φαίνεται η σημασία των πιο διακριτικών εκφράσεων του προσώπου τις οποίες, για να πραγματοποιήσουμε μέσω υπολογιστή, βασίζουμε στις πραγματικές εκφράσεις που βιώνουμε οι ίδιοι. Παρατηρώντας τα πρόσωπά μας, λοιπόν, συνειδητοποιούμε πως ακόμα και η πιο μικρή έκφραση επηρεάζει μιν σε ολόκληρο το πρόσωπο. Με την γνώση αυτή, μπορούμε να παρατηρήσουμε σημαντική διαφορά σε έναν ψηφιακό χαρακτήρα, του οποίου το χαμόγελο

μετακινεί μονάχα μυς που βρίσκονται γύρω από το στόμα, σε σχέση με ένα που μετακινεί μυς μέχρι και στην περιοχή των ματιών (O'Neill R., 2015).

Ο τομέας της ψυχολογίας του χαρακτήρα, όμως, δεν έχει νόημα χωρίς να αναλύσουμε το πως οι ακροατές τον αντιλαμβάνονται.

### 2.3.3. Αντίληψη Χαρακτήρων

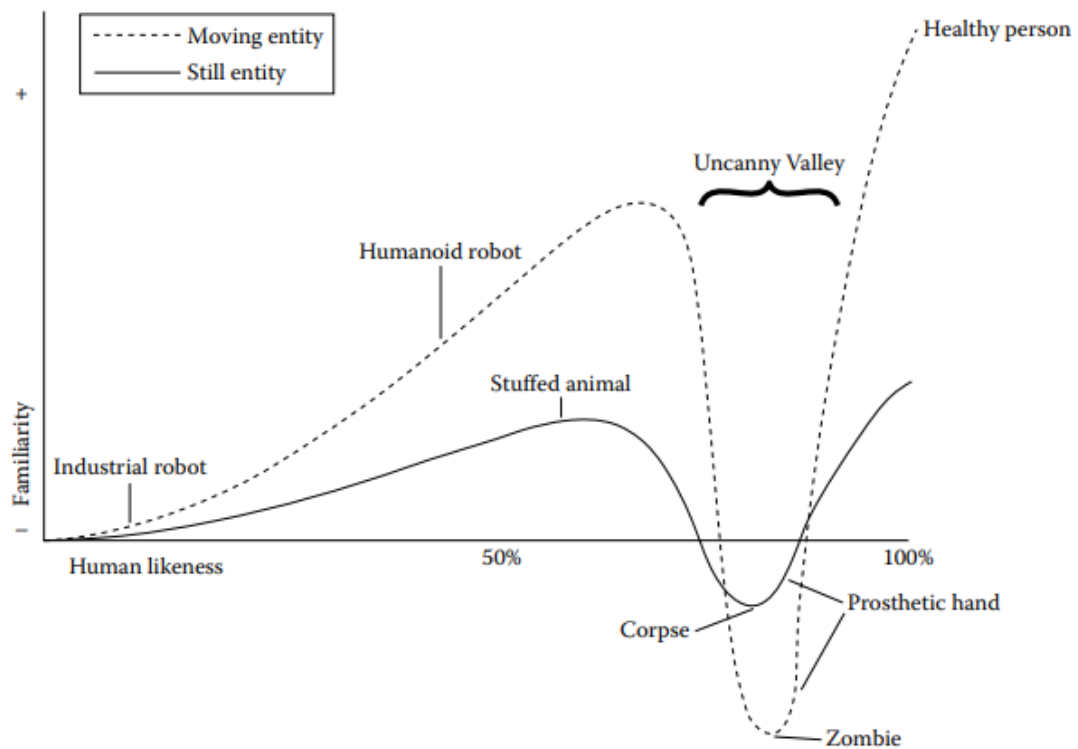
Καθώς ένας από τους σκοπούς αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η παραγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τα συναισθήματα που βιώνει ο χρήστης όταν αντικρίζει τους ψηφιακούς χαρακτήρες, απαραίτητη κρίνεται η μελέτη της αντίληψής τους, μιας και αυτή είναι αλληλένδετη με τα παραγόμενα συναισθήματα.

Σύμφωνα, λοιπόν, με τον O'Neill R. (2015) το πως αντιλαμβάνονται οι θεατές τον χαρακτήρα βασίζεται στην αντίδραση και τα συναισθήματά τους όταν τον αντικρίζουν, καθώς και όταν παρακολουθούν τις πράξεις του στην αντίστοιχη εφαρμογή. Από την στιγμή, όμως, που στην σημερινή εποχή παρατηρούνται πολλά διαφορετικά στυλ σχεδίασης χαρακτήρων, από στυλ που παραπέμπουν εντελώς σε καρτούν, μέχρι ρεαλιστικά, χρήσιμο είναι να μελετήσουμε πως αυτά τα στυλ επηρεάζουν διαφορετικά την αντίληψη των χαρακτήρων από τους χρήστες.

Σύμφωνα με έρευνες (O'Neill R., 2015; Zell E. et.al., 2015), όσο περισσότερο το στυλ του χαρακτήρα παραπέμπει σε καρτούν, τόσο πιο εύκολα αποδεκτό γίνεται από το ευρύ κοινό. Λόγω απλών χαρακτηριστικών προσώπου, γίνεται πολύ πιο εύκολη η απόδοση υπερβολικών εκφράσεων και κινησιολογίας σώματος, με αποτέλεσμα την πιο αποδοτική εκτέλεση από τον χαρακτήρα (O'Neill R., 2015).

Σε αυτό το σημείο είναι χρήσιμο να μιλήσουμε για τον ορισμό του “Uncanny Valley” ο οποίος, σύμφωνα με τον Masahiro Mori (1970) που τον έθεσε για πρώτη φορά, περιγράφει ένα μοτίβο αντίδρασης των θεατών στους ψηφιακούς χαρακτήρες. Παρατηρούμε, λοιπόν, πως όταν ένας χαρακτήρας απέχει ελάχιστα από το να φαίνεται εντελώς ρεαλιστικός, προκαλείται μία αντίδραση αποκρουστικότητας από τους θεατές (Bouwer W., Human F., 2017). Αντίθετα, όταν ένας χαρακτήρας προσεγγίζεται με στυλ που επιτυγχάνει τον ρεαλισμό ή, στο άλλο άκρο, προσεγγίζεται από ένα στυλ καρτούν συνειδητοποιούμε πως οι χρήστες νοιώθουν πολύ πιο άνετα κατά την αλληλεπίδρασή τους με τον χαρακτήρα.

Σύμφωνα με το παρακάτω διάγραμμα, συνειδητοποιούμε πως όταν το ποσοστό ρεαλισμού βρίσκεται περίπου στο 75%, οι θεατές αντιλαμβάνονται τον χαρακτήρα περισσότερο σαν ζόμπι ή μία νεκρή οντότητα που της έχει δωθεί κίνηση, πράγμα το οποίο προκαλεί την αντίδραση της αποκρουστικότητας (O'Neill R., 2015).



Εικόνα 2.8. Το διάγραμμα του Uncanny Valley | O' Neill R. | 2015

Συμπεραίνουμε, λοιπόν, πως όσο πιο ρεαλιστικός θέλουμε να φαίνεται ο χαρακτήρας, τόσο πιο προσεκτικά πρέπει να τον σχεδιάσουμε, καθώς οι θεατές βλέποντας την παραμικρή λανθασμένη λεπτομέρεια θα νοιώθουν το συναίσθημα της αποκρουστικότητας (Bouwer W., Human F., 2017; Zell E. et.al., 2015).

Υπάρχουν, όμως, κάποιες μέθοδοι οι οποίες μπορούν να διευκολύνουν την διαδικασία δημιουργίας ρεαλιστικών χαρακτήρων για τον σχεδιαστή. Σύμφωνα με έρευνες και πειράματα (Bouwer W., Human F., 2017; O'Neill R., 2015; Zell E. et.al., 2015) που έχουν διεξαχθεί, προέκυψαν συμπεράσματα τα οποία αφορούν όχι μόνο την σχεδίαση, αλλά και την κινησιολογία που αποδίδεται στους χαρακτήρες. Όσον αφορά την σχεδίαση των χαρακτήρων, ο κύριος παράγοντας για την επίτευξη του ρεαλισμού είναι ο συνδυασμός του σωστού σχήματος και της υφής των διαφορετικών μελών του σώματος (Zell E. et.al., 2015). Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στην υφή του δέρματος, δηλαδή στις λεπτομέρειές του οι οποίες αποτελούν κυρίως τους πόρους, τις ρυτίδες, αλλά και την ημιδιαφάνειά του. Είναι απαραίτητο, επίσης, να δοθεί μεγάλη προσοχή στην υαλώδη υφή των ματιών αλλά και στην κίνησή τους, καθώς εάν δεν αποδοθεί μία ρεαλιστική κίνηση, ο χαρακτήρας μπορεί να ληφθεί ως μία άψυχη οντότητα από τους θεατές (O'Neill R., 2015). Όσον αφορά την κινησιολογία, παρατηρήθηκε πως οι κινήσεις που έχουν αποδοθεί μονάχα μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή φαίνονται συχνά πιο ρομποτικές, με αποτέλεσμα να φαίνονται αφύσικες και άρα αποκρουστικές, ενώ όταν η κίνηση δίνεται μέσω συστημάτων motion capture και lip-sync το αποτέλεσμα είναι πολύ πιο ευχάριστο, καθώς φαίνεται πιο φυσικό (Bouwer W., Human F., 2017; O'Neill R., 2015).

Τέλος, για την αποτελεσματική μελέτη του Uncanny Valley, είναι σημαντικό να λάβουμε υπ' όψη μας πως δεν είναι κατάλληλο οι χαρακτήρες που χρησιμοποιούνται στις αξιολογήσεις να βιώνουν θυμό ή άλλα έντονα αρνητικά

συναισθήματα, διότι οι θεατές επηρεάζονται από αυτά και δεν μπορούν να αποδώσουν μία αντικειμενική άποψη για το πως τους κάνουν οι χαρακτήρες να νοιώθουν (Zell E. et.al., 2015).

#### 2.3.4. Ροή Δημιουργίας Ψηφιακών Χαρακτήρων

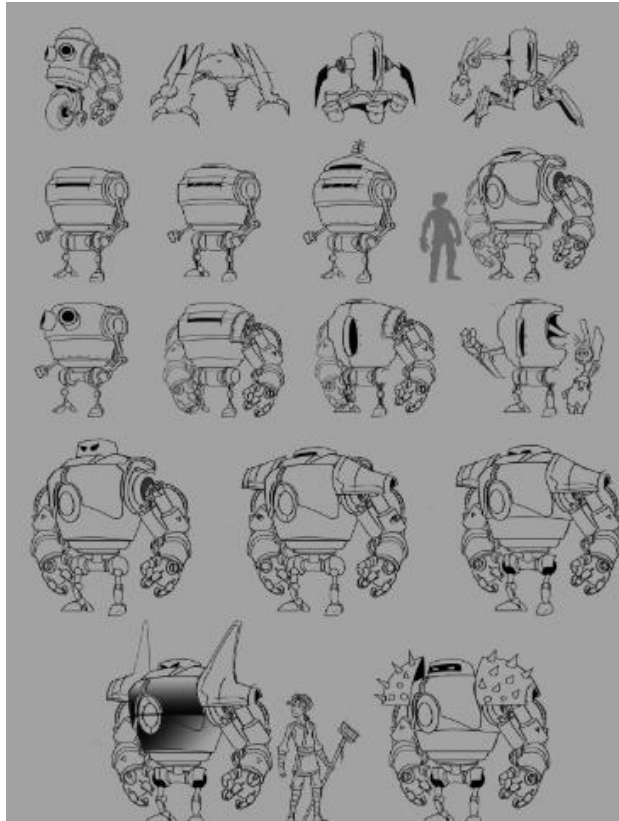
Καθώς για την δημιουργία ενός ψηφιακού χαρακτήρα πρέπει να ληφθούν υπ' όψη τα παραπάνω, είναι πλέον δυνατό να μελετηθεί η ροή της δημιουργικής διαδικασίας, με σκοπό να βρεθούν οι κατάλληλες βάσεις που θα χρησιμεύσουν στην δημιουργία των χαρακτήρων που μελετάει αυτή η διπλωματική εργασία.

Είτε, λοιπόν, η δημιουργία του χαρακτήρα αναλαμβάνεται από ένα άτομο, είτε από μία ομάδα σχεδιαστών, οι πρώτες ερωτήσεις που θέτονται, σύμφωνα με τον Rob O'Neill (2015) είναι θεωρητικής φύσεως. Αυτές οι ερωτήσεις είναι:

1. Ποιό είναι το γενικότερο στυλ και είδος του έργου στο οποίο θα εισαχθεί ο χαρακτήρας;
2. Αυτός ο χαρακτήρας πρέπει να είναι ρεαλιστικός; Το σώμα του αντιδράει ρεαλιστικά σε εξωτερικές επιρροές;
3. Ποιά είναι τα κύρια στοιχεία του έργου που πρέπει να ισχύουν για όλους τους χαρακτήρες;

##### 2.3.4.1 Ιδεασμός

Αφού απαντηθούν τα θεωρητικά ερωτήματα, αρχίζει το στάδιο του ιδεασμού για τον χαρακτήρα. Σε αυτό το στάδιο ο σχεδιαστής παράγει πολλά σκίτσα, τα οποία βαθμιαία εξελίσσονται (Arora R. et.al., 2017), ενώ αργότερα επιλέγονται τα πιο κατάλληλα ή συνδυασμός αυτών, με βάση το ποια επιτυγχάνουν πιο αποτελεσματικά τον σκοπό τους (Gonçalves M, Cash P., 2021) (π.χ. εάν θέλουμε ένας χαρακτήρας να φαίνεται τρομακτικός). Τέλος, παράγεται το τελικό σχέδιο (final concept) για τον χαρακτήρα. Είναι σημαντικό, προτού ξεκινήσει το στάδιο του ιδεασμού, ο σχεδιαστής να κάνει έρευνα και να μαζέψει έμπνευση και αναφορές από ήδη υπάρχουσες δημιουργίες. Από την στιγμή που η αναφορά σε άλλα έργα έχει αποδειχθεί πως βοηθάει σημαντικά τον σχεδιαστή να δημιουργήσει έναν πιο πειστικό και πιστευτό χαρακτήρα, ακόμα κι αν αυτός δεν είναι ανθρωπόμορφος, συμπεραίνουμε πως η διαδικασία αυτή είναι από τα πιο σημαντικά βήματα στον τομέα του ιδεασμού (Kovanen S. et.al., 2011).



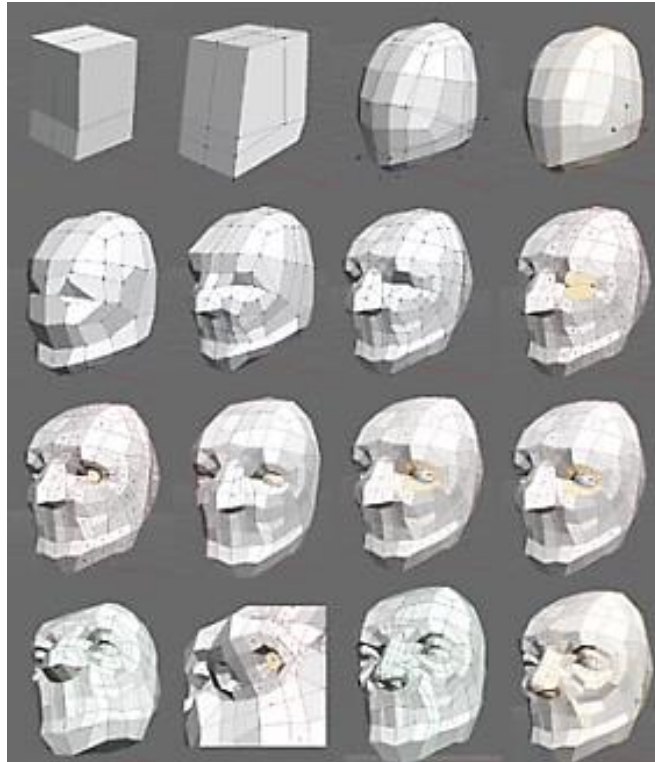
Εικόνα 2.1. Παράδειγμα ιδεασμού μέχρι το στάδιο του concept art | Digipen Institute of Technology Singapore | Amanda Seah | 2012

#### 2.3.4.2. Μοντελοποίηση

Στο επόμενο στάδιο, στο οποίο ξεκινάει η 3D μοντελοποίηση του χαρακτήρα, το τελικό σχέδιο (concept art) που παράχθηκε μεταφέρεται στον 3D κόσμο.

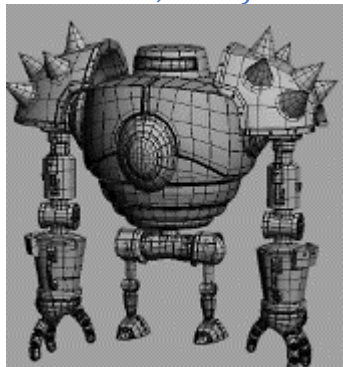
Για να εξηγήσουμε την διαδικασία της 3D μοντελοποίησης, πρέπει πρώτα να ορίσουμε την σημασία και χρήση της. Η 3D μοντελοποίηση είναι η διαδικασία κατά την οποία ο χειριστής ενός 3D προγράμματος αναπτύσσει, μέσω μαθηματικών αναπαραστάσεων, κάποιες τρισδιάστατες επιφάνειες στον τρισδιάστατο χώρο, με τις οποίες σταδιακά σχηματίζει την επιθυμητή γεωμετρία (Kunkhet A. et. al., 2019).

Το πρώτο βήμα για το στάδιο της μοντελοποίησης είναι μία τεχνική που ονομάζεται box modeling. Στο box modeling το τρισδιάστατο αντικείμενο ξεκινάει από ένα πολύ βασικό σχήμα, όπως ένας κύβος ή μία σφαίρα, μέσω του οποίου ο σχεδιαστής σχηματίζει μία πολύ βασική, πρώιμη μορφή της τελικής γεωμετρίας, δηλαδή τις βασικές διαστάσεις και αναλογίες της (Foster S., Halbstein D., 2014).



Εικόνα 2.2. Παράδειγμα εξέλιξης box modeling | Daniel Clark | 2014

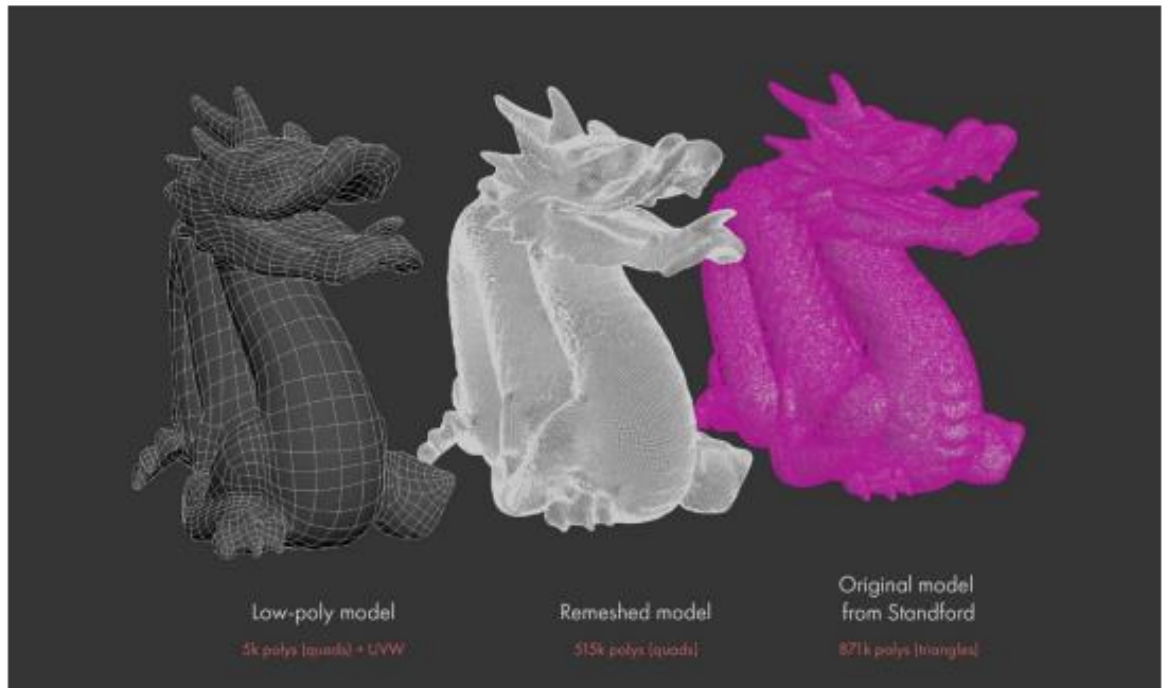
Καθώς ο χειριστής αναπαράγει όλο και περισσότερη γεωμετρία, αυτή γίνεται εξίσου λεπτομερείς, μέχρι που παράγεται το επιθυμητό αποτέλεσμα (Foster S., Halbstein D., 2014).



Εικόνα 2.3. Παράδειγμα 3D μοντέλου εμπνευσμένο από ιδεασμό | Digipen Institute of Technology Singapore | Amanda Seah | 2012

#### 2.3.4.3. Retopology

Κατά την διαδικασία του retopology ο σχεδιαστής αναπτύσσει ένα αντίγραφο του μοντέλου που έχει δημιουργήσει και μειώνει τον αριθμό των επιφανειών που το σχηματίζουν, διατηρώντας, όμως, το γενικότερο σχήμα του (Kuusela V., 2022).



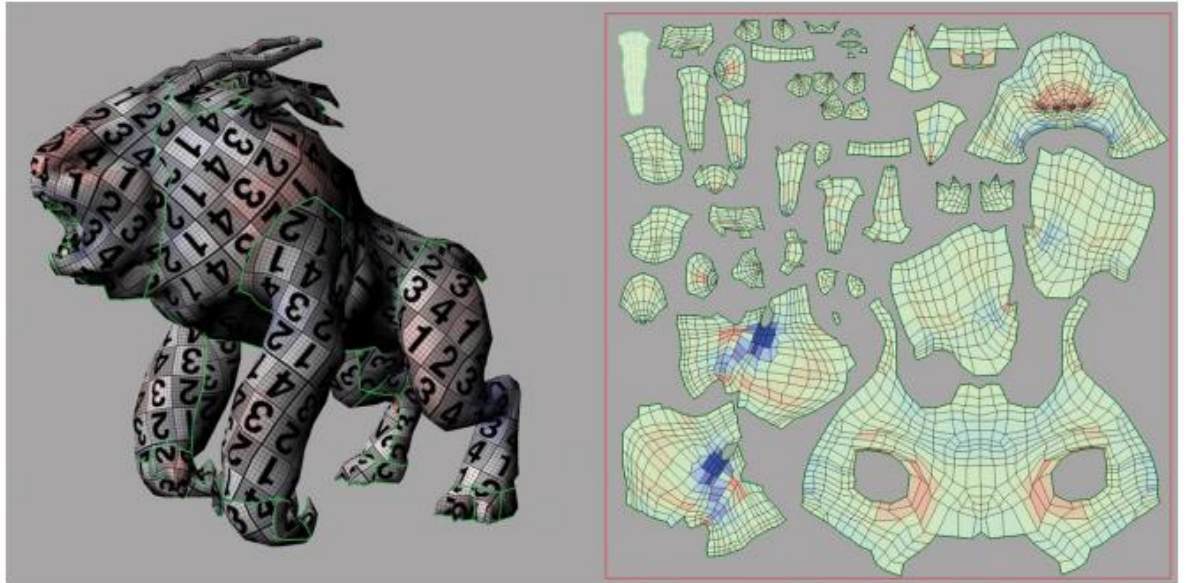
Εικόνα 2.4. Παράδειγμα Retopology | Avduevsky | 2020

Η διαδικασία του retopology δίνει κάποια επιπλέον χρήση στο 3D μοντέλο που έχει δημιουργηθεί, καθώς πλέον δεν είναι κατάλληλο μονάχα για animation, αλλά και για ηλεκτρονικά παιχνίδια ή μηχανές που αναπαριστούν γεωμετρία σε πραγματικό χρόνο, όπως εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας. Εάν παραληφθεί η διαδικασία του retopology θα συνειδητοποιήσουμε πως το μοντέλο θα έχει υπερβολικά πολλή πληροφορία για να υποστηριχθεί από οτιδήποτε άλλο πέρα από προγράμματα δημιουργίας animation (Kuusela V., 2022).

#### 2.3.4.4. Texturing

Για να μπορέσει ο σχεδιαστής να αποδώσει την ιδιότητα της υφής σε ένα μοντέλο, πρέπει πρώτα να δημιουργήσει αυτό που λέγεται UV map. Ένα UV map είναι στην ουσία μία 2D αναπαράσταση της επιφάνειας του 3D μοντέλου (Kuusela V., 2022).

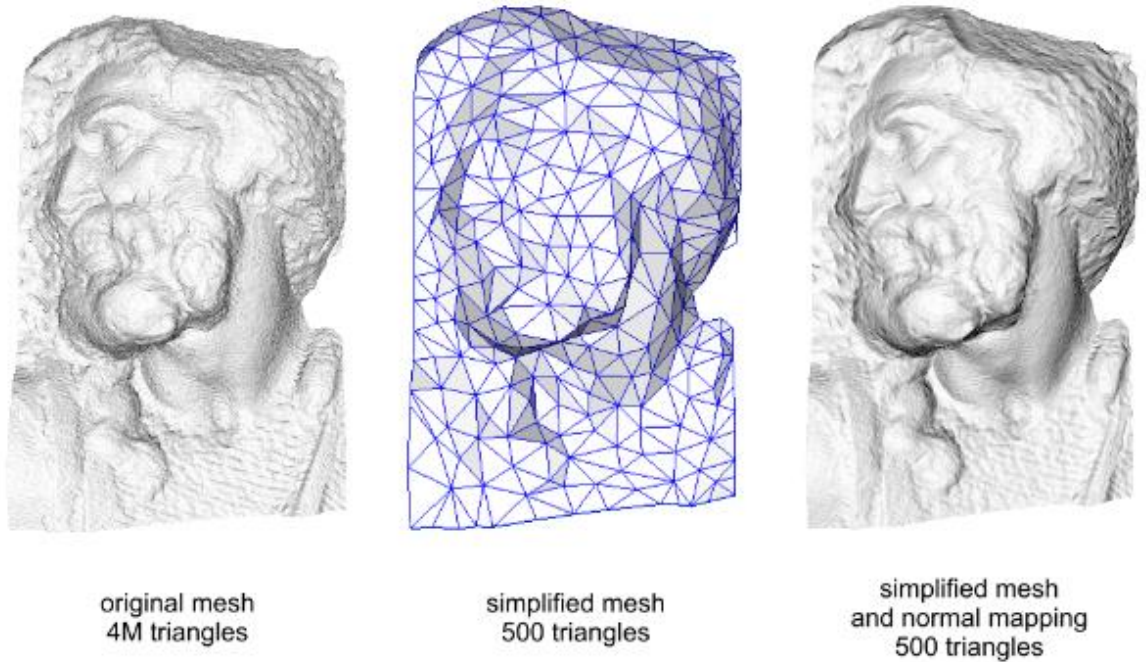




Εικόνα 2.5. Παράδειγμα UV Map | Kovanen | 2015

Όταν τελειώσει η διαδικασία του UV mapping μπορεί ο σχεδιαστής να προχωρήσει στην απόδοση υφής στο μοντέλο. Σε αυτό το σημείο, ο σχεδιαστής πρέπει να συλλογιστεί ποια θα πρέπει να είναι η γενικότερη αισθητική του χαρακτήρα που σχεδιάζει. Εάν ο χαρακτήρας θα τοποθετηθεί σε κάποιο καρτούν, η απόδοση υφής μέσω ζωγραφικής είναι αρκετή. Ο σχεδιαστής, λοιπόν, σε αυτό το στάδιο έχει δύο επιλογές. Είτε να σχεδιάσει πάνω στο UV map μέσω κάποιου 2D προγράμματος (π.χ. Photoshop) είτε να σχεδιάσει απ' ευθείας πάνω στο μοντέλο, μέσω του 3D προγράμματος στο οποίο το δημιούργησε (Kuusela V., 2022).

Εάν ο σχεδιαστής, όμως, επιθυμεί να αποδώσει ένα πιο ρεαλιστικό στυλ, χωρίς να αυξήσει ξανά τον αριθμό των επιφανειών που αποτελούν την γεωμετρία, πρέπει να ακολουθήσει μία διαδικασία που λέγεται baking. Κατά την διαδικασία αυτή, η λεπτομέρεια που υπάρχει στο αρχικό μοντέλο μεταφέρεται στο UV map του δεύτερου, απλοποιημένου μοντέλου (Kuusela V., 2022; O'Neill R., 2015), δίνοντας έτσι την εντύπωση μίας λεπτομερούς γεωμετρίας, η οποία στην πραγματικότητα είναι πολύ εύκολα επεξεργάσιμη από τον υπολογιστή.



Εικόνα 2.6. Παράδειγμα Texture Baking | Paolo Cignoni | 2006

#### 2.3.4.5. Rigging

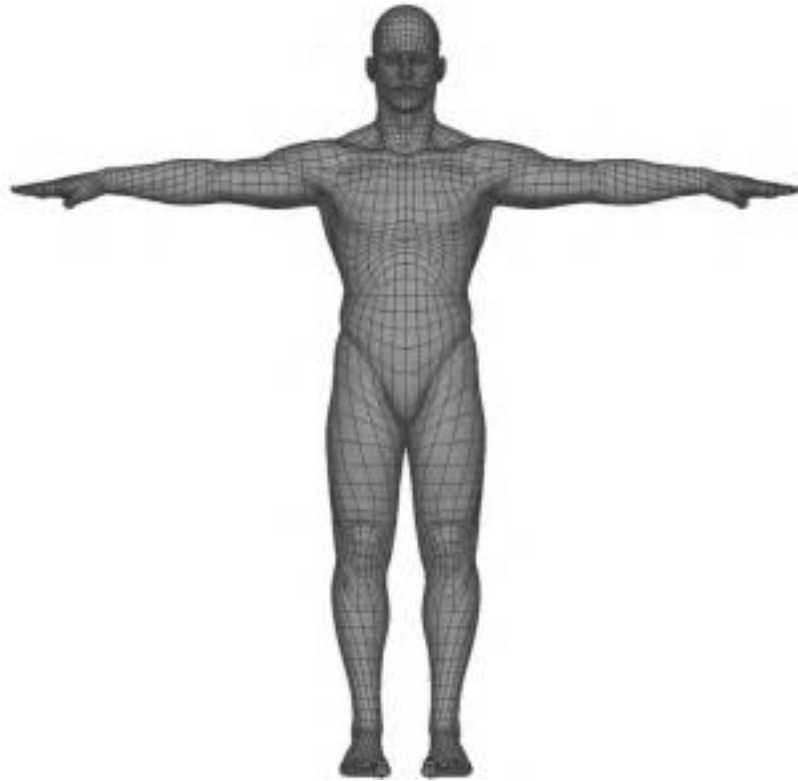
Κατά την διαδικασία του rigging ο σχεδιαστής βάζει τα “κόκαλα” του χαρακτήρα, τοποθετεί δηλαδή έναν ψηφιακό, μη ρεαλιστικό σκελετό, χάρη στον οποίο μπορεί να ελέγξει το σώμα του. Οι περιοχές στην οποία ενώνονται δύο “κόκαλα” ονομάζεται άρθρωση (Kovanen S., 2015).

Το rig, λοιπόν, χωρίζει σε ομάδες τα μέρη της γεωμετρίας που μπορεί να επηρεάσει κάθε “κόκαλο”, με σκοπό ο χειριστής να μπορεί να τα μετακινήσει ή περιστρέψει ξεχωριστά, ενώ στα “κόκαλα” αυτά παρατηρούμε πως αναπτύσσεται και μία νοητή σειρά ιεραρχίας (Kunkhet A. et. al., 2019). Για παράδειγμα, εάν ο χειριστής μετακινήσει το “κόκαλο” που αντιστοιχεί στον κορμό του χαρακτήρα, θα παρατηρήσουμε πως μετακινούνται και αυτά που αντιστοιχούν στους ώμους ή στην λεκάνη του, ενώ εάν μετακινήσουμε μονάχα τους ώμους, ο κορμός δεν κουνιέται. Έτσι, συμπεραίνουμε πως ο κορμός βρίσκεται υψηλότερα στην σειρά της ιεραρχίας.

Για να μπορέσει ο χρήστης να ελέγξει το ποσοστό παραμόρφωσης που έχει κάθε “κόκαλο” στην ομάδα γεωμετρίας που μπορεί να επηρεάσει, χρησιμοποιείται μία τεχνική που ονομάζεται weighing. Κατά την διάρκεια αυτής της διαδικασίας, ο χρήστης τοποθετεί στα σημεία επιρροής κάποιες μεταβλητές, οι οποίες ορίζουν το ποσοστό της παραμόρφωσης που θα δέχονται τα σημεία (Kunkhet A. et. al., 2019). Τα περισσότερα 3D προγράμματα έχουν το δικό τους σύστημα χειρισμού για το weighing.

Το τελευταίο βήμα αυτής της διαδικασίας, πριν το μοντέλο δοθεί στον αρμόδιο που θα του δώσει κίνηση και “ζωή” (animator), ο χαρακτήρας χρήσιμο είναι να τοποθετηθεί σε μία στάση που λέγεται “T-pose” κατά την οποία το μοντέλο έχει απλωμένα τα χέρια του από την δεξιά και αριστερή μεριά αντίστοιχα. Έχει αποδειχθεί χρήσιμο για τους animators

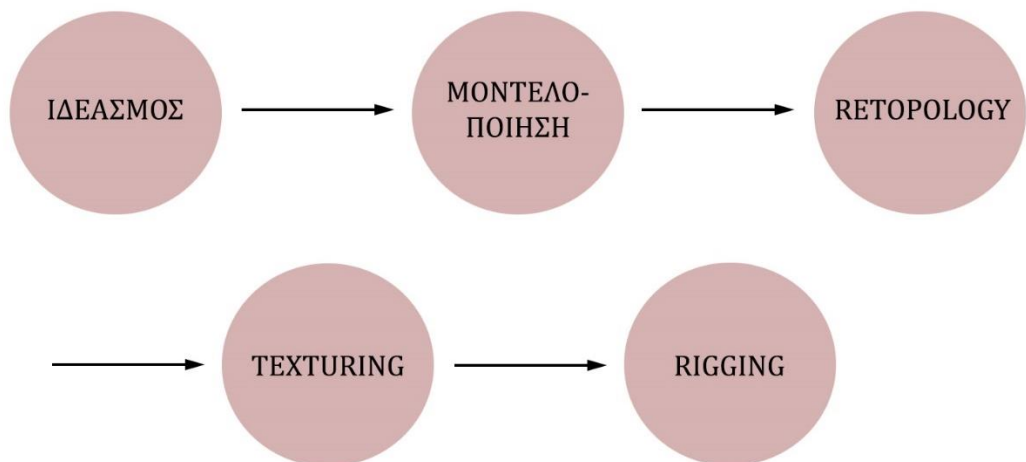
να τοποθετούνται τα χέρια σε μία ενδιάμεση θέση από αυτές που είναι ικανά να πραγματοποιήσουν (O'Neill R., 2015).



Εικόνα 2.7. T-pose | Model by Lee Wolland

Αφού έχει τελειώσει και αυτό το στάδιο, μπορούμε να πούμε πως η διαδικασία της μοντελοποίησης έχει τελειώσει. Προτού προχωρήσουμε στο στάδιο του animation, σημαντικό είναι να μιλήσουμε για κάποιες θεωρητικές πτυχές του χαρακτήρα, όπως η ψυχολογία του ή το πως τον αντιλαμβάνονται οι ακροατές.

Τέλος, με σκοπό να γίνει πιο εύκολα κατανοητή η παραπάνω διαδικασία, δημιουργήθηκε ένα διάγραμμα στο οποίο αυτή επεξηγείται πολύ απλά.



Εικόνα 2.8. Διάγραμμα Ροής Δημιουργίας Χαρακτήρων

## **2.4. Animation**

Με σκοπό να βρεθεί η κατάλληλη μέθοδος απόδοσης κίνησης για τους χαρακτήρες που θα σχεδιαστούν για αυτή τη διπλωματική εργασία, ακολούθησε μελέτη πολλαπλών αρχών που χρησιμοποιούνται από τους animators, καθώς και διάφορες μέθοδοι που αξιοποιούνται σύμφωνα με την περίπτωση για την οποία αυτοί αναπτύσσονται.

### **2.4.1 Ορισμός animation**

Η λέξη animation προέρχεται από την λατινική λέξη “animare” που σημαίνει “δίνω ζωή” (Wells P., 1998). Στο πλαίσιο για το οποίο μιλάμε, λοιπόν, μπορούμε να ορίσουμε το animation ως την απόδοση κίνησης σε ζωγραφισμένα ή ψηφιακά αντικείμενα (Mayer R., Moreno R., 2002), ενώ όταν αυτό αποδίδεται και σε ψηφιακούς χαρακτήρες προσομοιώνεται η απόδοση ζωής σε αυτούς (O’Neill R., 2015).

Υπάρχουν, όμως, πολλοί τρόποι να αποδοθεί αυτή η κίνηση και φαίνεται να χρησιμοποιούνται πολλές διαφορετικές μέθοδοι, οι οποίες αλλάζουν αναλόγως την περίπτωση για την οποία παράγεται το animation.

### **2.4.2. Αρχές animation**

Για τους σκοπούς αυτής της διπλωματικής και του περιεχομένου που απαιτείται να καλυφθεί, θα αναλυθούν λεπτομερώς οι αρχές που ακολουθούν οι animators προτού προχωρήσουν στο στάδιο της παραγωγής, το οποίο θα ερευνηθεί αργότερα.

Ο λόγος για τον οποίο ερευνώνται οι ακόλουθες αρχές, είναι η συλλογή πληροφοριών σχετικά με τις ιδιότητες που πρέπει να επιτρέπει η σχεδίαση των χαρακτήρων, με αποτέλεσμα αυτές να μπορούν να εφαρμοστούν.

Οι αρχές που αναλύονται σε αυτό το στάδιο έχουν την βάση τους στο 2D animation που αναπτύχθηκε από τα Walt Disney Studios μετά το 1920, καθώς φαίνεται πως, όχι μόνο ακολουθούνται ακόμα και σήμερα, αλλά έχουν αποτελέσει βάση και για το 3D animation (Lasseter J., 1987). Όπως ανέπτυξαν οι O’Neill R. (2015) και Lasseter J. (1987) οι αρχές αυτές αποτελούν:

#### **2.4.2.1 Squash and Stretch**

Αυτή η αρχή βασίζεται στην ιδέα πως όταν σε ένα ψηφιακό αντικείμενο ασκείται δύναμη, αυτό αντιδράει και παραμορφώνεται σύμφωνα με αυτή, χωρίς όμως να αλλάζει ο όγκος του. Δηλαδή, εάν οι διαστάσεις ενός αντικειμένου φαίνονται να μεγαλώνουν σε κάποιο άξονα λόγω κάποιας δύναμης, πρέπει οι διαστάσεις να μικραίνουν σε έναν άλλον, έτσι ώστε να διατηρηθεί ο όγκος αυτός (Lasseter J., 1987; O’Neill R., 2015).

Είναι σημαντικό, επίσης, να αναφέρουμε πως ανάλογα το υλικό από το οποίο θέλουμε να δείξουμε πως είναι φτιαγμένο το ψηφιακό αντικείμενο, πρέπει να αλλάζει και η ποσότητα του squash and stretch. Εάν, για παράδειγμα, ένα αντικείμενο είναι από μαλακό υλικό, τότε θα δείξουμε πιο έντονα την παραμόρφωση που λαμβάνει από την δύναμη που του ασκείται, ενώ εάν είναι από κάποιο σκληρό υλικό, η παραμόρφωση που θα λαμβάνει θα είναι πιο διακριτική (Lasseter J., 1987).

#### 2.4.2.2. Timing

Το timing είναι η ταχύτητα με την οποία πραγματοποιείται μία δράση. Η ταχύτητα αυτή πρέπει να αποφασισθεί πολύ προσεκτικά από τον animator καθώς, εάν είναι πολύ γρήγορη οι θεατές δεν θα προλάβουν να την επεξεργαστούν, ενώ εάν είναι πολύ αργή, η προσοχή τους θα αποσπασθεί. Πρέπει, λοιπόν, με βάση την φύση της δράσης να υπολογισθεί η ταχύτητα με την οποία θα πραγματοποιηθεί (Lasseter J., 1987).

Τεχνικά μιλώντας, το timing είναι η απόσταση μεταξύ των καρέ του animation, η οποία θέτει τον ρυθμό με τον οποίο αυτά εξελίσσονται. Αυτή η αρχή, όπως και οι υπόλοιπες, έχει μετατραπεί ανάλογα και στον τομέα των 3D προγραμμάτων, όπου τα καρέ ονομάζονται keyframes (O'Neill R., 2015).

#### 2.4.2.3 Anticipation

Το anticipation είναι η προετοιμασία του θεατή για την δράση που πρόκειται να γίνει, ενώ ταυτόχρονα λειτουργεί ως εργαλείο για να τραβήξει την προσοχή του στην κατάλληλη τοποθεσία, προτού η δράση λάβει μέρος (Lasseter J., 1987).

#### 2.4.2.4. Staging

Το staging είναι η παρουσίαση μίας ιδέας με σκοπό αυτή να είναι όσο το δυνατόν πιο ξεκάθαρη στους θεατές (Lasseter J., 1987). Είναι η πιο βασική αρχή που ακολουθείται από όλες τις παραγωγές που παρουσιάζουν περιεχόμενο στην οθόνη, ανεξάρτητα από το εάν αυτή είναι animation ή όχι (O'Neill R., 2015).

Για να πραγματοποιηθεί επιτυχώς αυτή η αρχή, το περιεχόμενο πρέπει να είναι σκηνοθετημένο έτσι ώστε το κοινό να ξέρει ακριβώς που πρέπει να κοιτάξει για να λάβει την πληροφορία που χρειάζεται (Lasseter J., 1987).

#### 2.4.2.5. Follow through and overlapping action

Το follow through και το overlapping action είναι δύο αρχές συμπληρωματικές μεταξύ τους (O'Neill R., 2015). Το follow through περιγράφει την λήξη μίας δράσης. Επειδή, όμως, όλες οι δράσεις έχουν μία συνέχεια (π.χ. εάν κάποιος πετάξει μία μπάλα, το χέρι του συνεχίζει την κίνηση ακόμα κι αν η δράση έχει τελειώσει) (Lasseter J., 1987), απαιτείται μία δεύτερη κίνηση, η οποία αποτελεί συνέχεια και παίρνει μέρος προτού η πρώτη τελειώσει (O'Neill R., 2015).

#### 2.4.2.6. Straight ahead action and pose-to-pose action

Οι δύο αυτές αρχές αποτελούν βασικό κομμάτι της παραγωγής για τους animators. Το straight ahead action περιγράφει την διαδικασία κατά την οποία ο animator σχεδιάζει το κάθε καρέ από την αρχή και το εξελίσσει, έχοντας πάντα στο μυαλό του το τελικό αποτέλεσμα που θέλει να επιτύχει. Η διαδικασία του pose-to-pose περιγράφει την σχεδίαση των καρέ που παρουσιάζουν τις πιο βασικές ή υπερβολικές πόζες αρχικά, ενώ τα ενδιάμεσα καρέ σχεδιάζονται αργότερα (O'Neill R., 2015).

Όσον αφορά το 3D animation, ισχύουν οι ίδιες αρχές για τα καρτέ (keyframes), μόνο που όταν πρόκειται για pose-to-pose animation ο σχεδιαστής πρέπει να είναι πιο προσεκτικός στην τοποθέτησή τους, καθώς στον υπολογιστή οι ενδιάμεσες πόζες μπορεί να αποδειχθούν απρόβλεπτες (Lasseter J., 1987).

#### 2.4.2.7. Slow in and out

Αυτή η αρχή αναφέρεται στο διάστημα μεταξύ των βασικών ή υπερβολικών καρτέ (Lasseter J., 1987; O'Neill R., 2015).

Στην περίπτωση του 3D animation, το διάστημα αυτό συνήθως καθορίζεται από κάποια νοητή καμπύλη (spline) η οποία τοποθετείται ανάμεσα στα καρτέ και χρησιμεύει στο να τα ελέγχει ανάλογα το μήκος, την κλίση και την κατεύθυνσή της (Lasseter J., 1987).

#### 2.4.2.8. Arcs

Τα arcs είναι μία νοητή πορεία στην οποία πραγματοποιείται η δράση των καρτέ (Lasseter J., 1987; O'Neill R., 2015).

Όσον αφορά τις περισσότερες περιπτώσεις του 3D animation, η πορεία αυτή καθορίζεται από την ίδια καμπύλη που πραγματοποιεί το slow in and out (Lasseter J., 1987).

#### 2.4.2.9. Exaggeration

Το exaggeration βασίζεται στην ιδέα πως, για να γίνει μία δράση πιο ξεκάθαρη προς το κοινό, οι κινήσεις που αποτελούν τα καρτέ γίνονται σκόπιμα πιο υπερβολικές (O'Neill R., 2015).

Παρ' όλα αυτά, είναι σημαντικό να σημειωθεί πως αυτή η αρχή πρέπει να χρησιμοποιείται με προσοχή. Πρέπει, λοιπόν, τα καρτέ στα οποία θα εφαρμοσθεί το exaggeration να έχουν επιλεγεί με βάση το που είναι θεμιτό να τοποθετηθεί η προσοχή του θεατή, με αποτέλεσμα να κατανοήσει με ευκολία το περιεχόμενο. Αντίθετα, εάν σε όλα τα καρτέ εφαρμοσθεί αυτή η αρχή, το τελικό αποτέλεσμα θα φαίνεται εντελώς αφύσικο και ο θεατής δεν θα συνειδητοποιήσει που πρέπει να αποδώσει την προσοχή του (Lasseter J., 1987).

#### 2.4.2.10. Secondary action

Το secondary action είναι η δράση που ακολουθεί μίας άλλης και προκαλείται λόγω αυτής. Είναι σημαντικό αυτή η δράση να διατηρηθεί λιγότερο σημαντική και υπερβολική από την κύρια, αυτή δηλαδή από την οποία προκλήθηκε, έτσι ώστε η προσοχή του χρήστη να είναι πιο στοχευμένη και να κατανοήσει επιτυχώς το αποτέλεσμα (Lasseter J., 1987; O'Neill R., 2015).

#### 2.4.2.11. Appeal

Η αρχή του appeal περιγράφει την διαδικασία της δημιουργίας οποιασδήποτε δράσης, χαρακτήρα ή περιβάλλοντος που το κοινό απολαμβάνει να βλέπει. Σημαντικό είναι να σημειωθεί πως απολαυστικό για το κοινό δεν σημαίνει απαραίτητα όμορφο ή χαριτωμένο (Lasseter J., 1987; O'Neill R., 2015).

Έχοντας μελετήσει τις παραπάνω αρχές, συνειδητοποιούμε πως κάποιες από αυτές αποδεικνύονται ιδιαίτερα χρήσιμες σε περιπτώσεις όπου ο χρήστης έρχεται σε κοντινή επαφή με τον χαρακτήρα, όπως είναι και η περίπτωση που μελετάει αυτή η διπλωματική εργασία. Σημαντικότερη από τις αρχές, κρίνεται αυτή του *staging*, καθώς οι χαρακτήρες λειτουργούν ως επεξηγηματικό εργαλείο και είναι αναγκαίο για την πληροφορία να παρουσιαστεί με τον πιο αποτελεσματικό και κατανοητό τρόπο. Επιπλέον, η αρχή του *timing* κρίνεται σημαντική, λόγω των ορίων που θέτει για το κατάλληλο χρονικό πλαίσιο των δράσεων που ασκεί ο χαρακτήρας, καθώς το πλαίσιο αυτό έχει άμεση επιρροή στο επίπεδο προσοχής του χρήστη. Συνοδεύοντας την αρχή του *timing*, η αρχή του *anticipation* κρίνεται το ίδιο σημαντική, από την στιγμή που συμβάλλει στην πλοήγηση της προσοχής του χρήστη μέσα στο χώρο. Μιλώντας, όμως, για τον έλεγχο του χρονικού πλαισίου των δράσεων και καθώς όλες τους έχουν μία συνέχεια, συμπεραίνουμε πως απαραίτητο είναι να συμπεριληφθεί η αρχή του *follow through and overlapping action*, με σκοπό οι δράσεις να δίνουν την ψευδαίσθηση πως είναι φυσικές. Τέλος, σημαντικό είναι να ασκηθεί η αρχή του *appeal*, με σκοπό ο χρήστης να βιώνει ευχάριστα συναισθήματα όταν αντικρίζει τον χαρακτήρα. Φυσικά, αναλόγως την περίπτωση, πιθανό είναι να χρησιμοποιηθούν περισσότερες από αυτές τις αρχές, λόγω επιθυμίας επίτευξης επιπλέον στόχων.

#### 2.4.3. Μέθοδοι απόδοσης της κίνησης

Έχοντας μιλήσει για τις βασικότερες αρχές που ακολουθούνται στα *animations*, μπορούμε πλέον να περιορίσουμε το πλαίσιο και να αναλύσουμε τις μεθόδους με τις οποίες αποδίδεται η κίνηση στο 3D περιβάλλον, με σκοπό να βρεθεί η κατάλληλη για την περίπτωση την οποία μελετάει αυτή η διπλωματική εργασία.

##### 2.4.3.1. Keyframe animation

Κατά την διαδικασία του *keyframing*, όπως περιγράφει και το όνομά του, ο *animator* τοποθετεί χειροκίνητα το 3D μοντέλο στις πόζες που αντιστοιχούν στα βασικά καρέ, ενώ όλες οι ενδιάμεσες αποδίδονται αργότερα από τον υπολογιστή (Hodgins J., et.al., 2001; Igarashi T, et.al., 2006).

Σε αυτό το σημείο είναι χρήσιμο να αναλύσουμε δύο εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη των ενδιάμεσων καρέ, τα οποία αποτελούν υποκατηγορίες του ορισμού των *kinematics*. Η λέξη *kinematics* χρησιμοποιείται στον τομέα της 3D παραγωγής και περιγράφει την κίνηση ενός σώματος, μελών του σώματος ή άρθρωση του *rig*, ενώ η κίνηση αυτή συμπεριλαμβάνει τις περιστροφές ή μετακινήσεις τους (Aristidou A. et.al., 2017). Η πρώτη υποκατηγορία, η οποία είναι και αυτή που χρησιμοποιείται πιο συχνά, ονομάζεται *inverse kinematics*. Για να λειτουργήσει αυτό το εργαλείο, ο υπολογιστής θέτει μία σειρά θεωρητικής ιεραρχίας στα “κόκαλα” του *rig* του μοντέλου, με μία αρχή (*root*) και ένα τέλος. Η αρχή και το τέλος τοποθετούνται από τον ίδιο τον *animator*, ενώ τα ενδιάμεσα τοποθετούνται μέσω της ιεραρχίας από το πρόγραμμα, με αποτέλεσμα το σύστημα του *inverse kinematics* να υπολογίσει τις υπόλοιπες θέσεις (Hodgins J., et.al., 2001;

O'Neill R., 2015). Αντίθετα, σε ένα σύστημα που λειτουργεί με forward kinematics που αποτελούν την δεύτερη κατηγορία, η θέση του τελικού μέλους του rig τοποθετείται από το πρόγραμμα με βάση τις θέσεις όλων των υπολοίπων μελών, επηρεασμένο πάντα από την σειρά θεωρητικής ιεραρχίας που έχει θέσει (O'Neill R., 2015).

#### 2.4.3.2 Procedural animation

Κατά την διαδικασία του procedural animation ο υπολογιστής εκτελεί αλγορίθμους που του επιτρέπουν να παράγει κίνηση. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται συχνά για την προσομοίωση ψηφιακών αντικειμένων που συμπεριφέρονται παρόμοια, όπως τα μαλλιά ενός χαρακτήρα ή ένα πλήθος ανθρώπων που περπατάνε προς μία κατεύθυνση, ενώ αυτό επιτυγχάνεται μέσω των νόμων της φυσικής και περιορισμούς που λαμβάνει υπ' όψη του το σύστημα (Hodgins J., et.al., 2001; O'Neill R., 2015).

Οι προσομοιώσεις που παράγονται με αυτή την μέθοδο μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη είναι τα παθητικά συστήματα, τα οποία προσομοιώνουν μοντέλα που δεν έχουν εσωτερική πηγή ενέργειας και αντιδράνε μονάχα σε εξωτερικές δυνάμεις. Τα μαλλιά ή τα ρούχα, για παράδειγμα, περιλαμβάνονται στην κατηγορία των παθητικών συστημάτων. Η δεύτερη κατηγορία είναι τα ενεργητικά συστήματα, τα οποία έχουν βούληση και εσωτερική πηγή ενέργειας και μπορούν να δράσουν μέσω αυτών, όπως είναι ένα πλήθος ανθρώπων (Hodgins J., et.al., 2001).

Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως, παρόλο που η χρήση του procedural animation χωρίς keyframing δεν επαρκεί για την παραγωγή μίας εκτεταμένης κινησιολογίας για έναν ψηφιακό χαρακτήρα (O'Neill R., 2015), αυτή η μέθοδος έχει ένα σημαντικό πλεονέκτημα. Μπορεί, σε περιβάλλον ηλεκτρονικού παιχνιδιού και μέσω των φυσικών νόμων στους οποίους υπακούει, να παραγάγει ακριβής αντιδράσεις στις πράξεις του χρήστη, ενώ με την μέθοδο του keyframing αυτό είναι εφικτό μονάχα σε περιπτώσεις που ο animator έχει ήδη προβλέψει τις πράξεις αυτές και έχει δημιουργήσει αντίστοιχες αντιδράσεις χειροκίνητα (Hodgins J., et.al., 2001).

#### 2.4.3.3 Motion Capture

Κατά την διαδικασία του motion capture η κινησιολογία ενός ηθοποιού συλλέγεται και μεταφέρεται στο πρόγραμμα στο οποίο πραγματοποιείται το animation για τον χαρακτήρα (Hodgins J., et.al., 2001; O'Neill R., 2015). Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση αισθητήρων οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στον ηθοποιό ή στον χώρο και καταγράφουν την τροχιά των κινήσεων που αναπαράγει.

Υπάρχουν, όμως, πολλοί διαφορετικοί τύποι αισθητήρων και πολλαπλές μέθοδοι με τις οποίες η κινησιολογία του ηθοποιού καταγράφεται. Οι δύο κύριες και πιο συχνά χρησιμοποιούμενες μέθοδοι είναι αυτές το marker-based motion capture και markerless motion capture (O'Neill R., 2015; Sharma S., et.al., 2019).

Για να πραγματοποιηθεί το marker-based motion capture τοποθετούνται αισθητήρες στο σώμα ή πρόσωπο του ηθοποιού, ενώ ο



αριθμός των αισθητήρων αποφασίζεται από το πόσο αναλυτικά επιθυμούν οι animators να καταγραφεί η κινησιολογία του (O'Neill R., 2015). Λόγω των αισθητήρων, όμως, η κινησιολογία του ηθοποιού είναι περιορισμένη με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατό να καταγραφούν υπερβολικά περίπλοκες κινήσεις με αυτή τη μέθοδο. Ένα δεύτερο πρόβλημα που προκύπτει είναι πως κάποιοι αισθητήρες που είναι τοποθετημένοι στο δέρμα ή τα ρούχα των ηθοποιών μετακινούνται κατά την εκτέλεση της κινησιολογίας, με αποτέλεσμα να υπάρχουν λάθη στην πληροφορία που έχει συλλεχθεί. Σε οποιαδήποτε από τις δύο περιπτώσεις, αφού η πληροφορία της κινησιολογίας έχει εισαχθεί στο πρόγραμμα που πραγματοποιείται το animation, ο animator πρέπει μέσω keyframing να διορθώσει ή συμπληρώσει την κινησιολογία (Hodgins J., et.al., 2001; O'Neill R., 2015).

Στην περίπτωση του markerless motion capture δεν χρησιμοποιούνται αισθητήρες, αλλά κάμερες τοποθετημένες στον χώρο. Ο ηθοποιός, λοιπόν, εκτελεί την κινησιολογία ή εκφράσεις προσώπου που του έχουν ζητηθεί μπροστά στις κάμερες, ενώ μέσω αλγορίθμων το βίντεο το οποίο συλλέχθηκε μετατρέπεται σε δεδομένα τα οποία μπορούν να εισαχθούν στο πρόγραμμα που χειρίζεται ο animator (Sharma S., et.al., 2019).

Εφόσον μελετήθηκαν οι παραπάνω μέθοδοι, γίνεται κατανοητό πως, από την στιγμή που το motion capture αποτελεί αποτύπωση φυσικής κινησιολογίας σε ψηφιακή μορφή, περιορίζεται η απόδοση αφύσικων κινήσεων που προκαλούν αρνητικά συναισθήματα στον χρήστη. Έτσι, κρίνεται κατάλληλη μέθοδος προς χρήση για εφαρμογές στις οποίες ο χρήστης βιώνει στενή αλληλεπίδραση με τον ψηφιακό χαρακτήρα. Ταυτόχρονα, σημαντικό είναι να σημειωθεί πως το keyframing εισάγεται ανεξάρτητα της χρήσης λοιπών μεθόδων, καθώς αποτελεί κατάλληλο εργαλείο για διορθώσεις ή συμπληρώσεις κινήσεων (O'Neill R., 2015).

## **2.5. Augmented Reality (AR)**

### **2.5.1. Ορισμός Augmented Reality**

Η επαυξημένη πραγματικότητα ή αλλιώς augmented reality (AR) είναι μία πρόσφατα ανεπτυγμένη τεχνολογία η οποία αναπαράγει, σε πραγματικό χρόνο, ψηφιακές πληροφορίες που τοποθετούνται σε μία εικονική έκδοση του πραγματικού κόσμου, με σκοπό να ενισχυθεί η εμπειρία του χρήστη (Berryman D., 2012). Είναι σημαντικό να γίνει μία διάκριση μεταξύ επαυξημένης πραγματικότητας και εικονικής πραγματικότητας (VR), καθώς αποτελούν δύο διαφορετικές τεχνολογίες. Ενώ η επαυξημένη πραγματικότητα ενισχύει την εμπειρία του χρήστη με το να προσθέσει πληροφορία στο ήδη υπάρχων περιβάλλον, η εικονική πραγματικότητα τοποθετεί τον χρήστη σε έναν εντελώς ψηφιακό κόσμο (Berryman D., 2012; Rampolla J., Kipper G., 2013).

### **2.5.2. Τεχνικές Tracking σε AR Εφαρμογές**

Για να τοποθετηθούν οι εικονικές πληροφορίες σε μία AR εφαρμογή, πρέπει το σύστημα το οποίο χρησιμοποιείται για την αναπαραγωγή τους να εντοπίζει την τοποθεσία του χρήστη σε σχέση με το ψηφιακό αντικείμενο, καθώς και την

οπτική γωνία από την οποία τα κοιτάει. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται tracking και πλέον έχουν αναπτυχθεί ποικίλες μέθοδοι, οι οποίες χρησιμοποιούνται αναλόγως τους στόχους και τον εξοπλισμό που είναι διαθέσιμος (Rabbi I., Ullah S., 2013).

#### 2.5.2.1. Sensor-Based Tracking

Η διαδικασία του sensor-based tracking χρησιμοποιεί οπτικούς, ακουστικούς, μαγνητικούς ή αδρανειακοί (inertial) αισθητήρες για να εντοπίσει τις απαραίτητες σημάσεις που έχουν τοποθετηθεί στο περιβάλλον (Feng Z., et.al., 2008).

Οι οπτικοί αισθητήρες αποτελούν μία προσβάσιμη κατηγορία, καθώς το μόνο που χρειάζεται για να επιτευχθεί η διαδικασία είναι μία ή δύο κάμερες. Παρόλο, όμως, που τα οπτικά συστήματα έχουν την δυνατότητα να παραγάγουν ακριβή και γρήγορα αποτελέσματα, έχει παρατηρηθεί ένα σημαντικό μειονέκτημα. Αυτοί οι αισθητήρες, λοιπόν, είναι υπερευαίσθητοι στο φως και στις αλλαγές που δημιουργούνται στον φωτισμό μέσα στον προκαθορισμένο χώρο, με αποτέλεσμα να παράγονται απρόβλεπτα αποτελέσματα (Gupta S., et.al., 2019; Rabbi I., Ullah S., 2013).

Οι ακουστικοί αισθητήρες τοποθετούνται στον προκαθορισμένο χώρο και συνδυάζονται με υπερηχητικούς πομπούς οι οποίοι τοποθετούνται στο σώμα του χρήστη, ενώ για να εντοπισθεί η τοποθεσία και ο προσανατολισμός του υπολογίζεται ο χρόνος που κάνει ο ήχος να φτάσει στους αισθητήρες (Gupta S., et.al., 2019; Rabbi I., Ullah S., 2013). Έχοντας υπ' όψη πως ο ήχος ταξιδεύει πιο αργά από το φως, αυτή η τεχνική είναι πιο αργή και η ταχύτητα μπορεί να επηρεαστεί από την θερμοκρασία και υγρασία του περιβάλλοντος (Rabbi I., Ullah S., 2013).

Οι μαγνητικοί αισθητήρες χρησιμοποιούν πηνία που έχουν τοποθετηθεί σε μία πηγή, στην οποία είναι συνδεδεμένοι μέσω καλωδίων, με αποτέλεσμα να παράγεται ένα μαγνητικό πεδίο. Καθώς οι αισθητήρες είναι τοποθετημένοι στο σώμα του χρήστη, η τοποθεσία και ο προσανατολισμός του υπολογίζονται από τον χρόνο που απαιτείται για να φτάσει το σήμα από τον αισθητήρα στην πηγή. Αυτά τα συστήματα είναι υπερευαίσθητα σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία που μπορεί να βρίσκονται στον χώρο και είναι πολύ επιρρεπή σε λάθη (Gupta S., et.al., 2019; Rabbi I., Ullah S., 2013).

Οι αδρανειακοί αισθητήρες θέτουν έναν άξονα, μια περιστροφή ή μία τοποθεσία η οποία θα μετριέται καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας. Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας ένα μηχανικό γυροσκόπιο ή ένα επιταχυνσιόμετρο. Το γυροσκόπιο δίνει την δυνατότητα στο σύστημα να υπολογίσει την πλευρά από την οποία ο χρήστης κοιτάει τον στόχο, ενώ χάρη στο επιταχυνσιόμετρο υπολογίζεται η γραμμική επιτάχυνση ενός αντικειμένου (Gupta S., et.al., 2019; Rabbi I., Ullah S., 2013).

#### 2.5.2.2. Vision-Based Tracking

Σύμφωνα με τους Gupta S. et.al. (2019) και Rabbi I. και Ullah S. (2013) υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες στις οποίες μπορούν να χωριστούν τα vision-based tracking systems.

Η πρώτη ονομάζεται Marker-Based Systems. Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν συσκευές που σκοπό έχουν να εντοπίζονται από την εφαρμογή και ονομάζονται markers. Οι markers, λοιπόν, τοποθετούνται στην προκαθορισμένη σκηνή και λόγω κάποιων ιδιοτήτων είναι εύκολα αναγνωρίσιμοι από το σύστημα. Για να υπολογισθεί επιτυχώς η οπτική γωνία από την οποία ο χρήστης βιώνει τη σκηνή, χρησιμοποιούνται 2D markers που αποτελούνται κυρίως από γωνίες και καθαρές πλευρές, οι οποίοι αναπαράγονται σε πραγματικό χρόνο.

Η δεύτερη κατηγορία είναι τα Marker-less Systems. Αυτά τα συστήματα, αντί για εικονικά χαρακτηριστικά, εντοπίζουν πραγματικά χαρακτηριστικά στον υπαρκτό κόσμο. Κατά τη διαδικασία αυτή, το πρώτο βήμα που πραγματοποιείται από το σύστημα είναι η αρχική θέση και περιστροφή της κάμερας που χρησιμοποιείται, ενώ το σύστημα συνεχώς ενημερώνεται από τις νέες θέσεις και περιστροφές. Αυτό το σύστημα λαμβάνει, επίσης, υπ' όψη του τις γωνίες και υψές που αναγνωρίζει, με σκοπό τον πιο αποτελεσματικό υπολογισμό του 3D περιβάλλοντος.

#### 2.5.2.3. Hybrid Tracking

Όπως είδαμε παραπάνω, κάθε τεχνική tracking έχει τους δικούς της περιορισμούς. Έτσι, αναπτύχθηκε η μέθοδος του hybrid tracking, δηλαδή του συνδυασμού πολλών μεθόδων tracking, με σκοπό την παραγωγή του βέλτιστου δυνατού αποτελέσματος (Feng Z., et.al., 2008; Rabbi I., Ullah S., 2013).

#### 2.5.3. Διεπαφή στις AR Εφαρμογές

Με σκοπό να βρεθεί η κατάλληλη μορφή διεπαφής, πως αυτή επηρεάζει την αλληλεπίδραση του χαρακτήρα με τον χρήστη, καθώς και η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη στον τομέα της πολιτισμικής κληρονομιάς, μελετήθηκαν και αναλύθηκαν οι κατηγορίες τους.

Η πρώτη κατηγορία διεπαφής ονομάζεται Tangible AR Interfaces και χρησιμοποιεί αντικείμενα στον πραγματικό κόσμο, με τα οποία οι χρήστες μπορούν να αλληλεπιδράσουν (π.χ. να μετακινήσουν), για να επηρεάσουν στοιχεία στον ψηφιακό κόσμο (Carmigniani J., et.al., 2011; Feng Z., et.al., 2008). Για να επιτευχθεί αυτή η διαδικασία οι προγραμματιστές της εφαρμογής αντιστοιχούν τα εικονικά στοιχεία στα ήδη προκαθορισμένα πραγματικά (Billinghurst M., et.al., 2002). Λόγω της οπτικής αλληλεπίδρασης με τα αντικείμενα, αυτή η μέθοδος εξαντλεί τους γλωσσικούς περιορισμούς μεταξύ των χρηστών και κατά προέκταση κρίνεται κατάλληλη για εφαρμογές στις οποίες απαιτείται η συνεργασία (Billinghurst M., et.al., 2002; Carmigniani J., et.al., 2011).

Η δεύτερη κατηγορία ονομάζεται Collaborative AR Interfaces και αναπτύχθηκε λόγω της εύκολης πρόσβασης πολλαπλών χρηστών στις εφαρμογές, η οποία δημιούργησε την ανάγκη για κοινά περιβάλλοντα μεταξύ τους (Feng Z., et.al., 2008). Αυτή η κατηγορία, λοιπόν, αποτελείται από ένα κοινό, εικονικό περιβάλλον στο οποίο έχουν πρόσβαση πολλαπλοί χρήστες. Στην περίπτωση που οι χρήστες βρίσκονται στον ίδιο χώρο, η χρήση του AR αποσκοπεί στην ενίσχυση της εικονικής εμπειρίας μέσω της συνεργασίας των χρηστών, ενώ στην

περίπτωση που οι χρήστες βρίσκονται σε διαφορετικούς χώρους, χρησιμοποιείται κυρίως για να ενισχύσει την εμπειρία μίας τηλεδιάσκεψης (Carmigniani J., et.al., 2011; Feng Z., et.al., 2008).

Η τρίτη κατηγορία αποτελεί τα Multimodal AR Interfaces, τα οποία συνδυάζουν πληροφορία που εισάγεται από πραγματικά αντικείμενα με διαφορετικούς τρόπους έκφρασης από τον χρήστη (όπως ομιλία, χειρονομίες κλπ.). Αυτά τα συστήματα, λοιπόν, είναι ικανά να αναγνωρίσουν χειρονομίες, γλώσσες ή εκφράσεις προσώπου, ενώ είναι το πιο πρόσφατα ανεπτυγμένο είδος διεπαφής (Carmigniani J., et.al., 2011; Muhammad S., et.al., 2018).

Η τέταρτη και τελευταία κατηγορία ονομάζεται Hybrid AR Interfaces και αποτελεί έναν συνδυασμό από τρόπους διεπαφής, με σκοπό η κάθε μία να αποτελέσει συμπλήρωμα της άλλης. Δίνουν την δυνατότητα για αλληλεπίδραση μέσω πολλών διαφορετικών συσκευών, αλλά και αυθόρμητη συνεργασία (Carmigniani J., et.al., 2011; Feng Z., et.al., 2008).

#### 2.5.4. Προβολή Εικονικού Περιεχομένου

Σύμφωνα με τους Carmigniani J., et. al. (2011) και Feng Z., et.al. (2008) οι τρόποι με τους οποίους μπορεί, στην σημερινή εποχή, να προβληθεί εικονικό περιεχόμενο από AR εφαρμογές, είναι τρεις.

Η πρώτη κατηγορία ονομάζεται Head Mounted Displays, στην οποία περίπτωση τοποθετείται μία ελαφριά, ψηφιακή συσκευή στο κεφάλι του χρήστη, καλύπτοντας τα μάτια του. Έτσι, ο χρήστης βιώνει τον πραγματικό κόσμο, όπως θα τον βίωνε υπό καθημερινές συνθήκες, ενώ η ψηφιακή πληροφορία προστίθεται από την συσκευή. Σε αυτό το σημείο, χρήσιμο είναι να αναλυθούν οι δύο διαφορετικές μέθοδοι με τις οποίες επιτυγχάνεται η διαδικασία αυτή. Η πρώτη αποτελεί τα οπτικά συστήματα, στα οποία η εικόνα του πραγματικού κόσμου περνάει απευθείας μέσα από την οθόνη που βρίσκεται μπροστά στα μάτια του χρήστη, μέσω διάφορων τεχνολογιών. Αργότερα, προστίθενται και η εικονική πληροφορία. Η δεύτερη μέθοδος χρησιμοποιεί κάμερες, των οποίων η εικόνα φτάνει στα μάτια του χρήστη με την ψηφιακή πληροφορία ήδη τοποθετημένη. Παρόλο που αυτά τα συστήματα είναι πιο τεχνολογικά απαιτητικά, προσφέρουν το σημαντικό πλεονέκτημα διόρθωσης της τελικής εικόνας, ενώ τα οπτικά συστήματα παράγουν ένα πιο φυσικό και αυθόρμητο αποτέλεσμα.

Η δεύτερη κατηγορία ονομάζεται Projection-Based Displays. Σε αυτή τη κατηγορία η ψηφιακή πληροφορία προβάλλεται πάνω σε πραγματικά αντικείμενα, συνήθως με την χρήση προτζέκτορα. Σημαντικό πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου αποτελεί η ιδιότητα παρακολούθησης του περιεχομένου από πολλαπλούς χρήστες, καθώς δεν απαιτείται από αυτούς να τοποθετήσουν συσκευές στο σώμα τους.

Η τρίτη κατηγορία αποτελεί τα Handheld Displays, στην οποία οι χρήστες κρατάνε στα χέρια τους την συσκευή που εμφανίζει την εικονική πληροφορία. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η συσκευή αυτή θα είναι ένα κινητό, PDA, ή tablet, ενώ κάθε μία από αυτές έχει τα δικά του πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Το κινητό, παρόλο που αποτελεί την πιο προσβάσιμη περίπτωση, έχει οθόνη της οποίας το μέγεθος δεν μπορεί να υποστηρίξει επαρκώς τις εικονικές πληροφορίες που προβάλλονται, ενώ το PDA δεν αποτελεί πλέον προσβάσιμη επιλογή. Τα tablets, παρόλο που έχουν πιο μεγάλες

οθόνες, δεν αποτελούν την πιο οικονομική επιλογή και υπάρχει η πιθανότητα κόπωσης για τον χρήστη, ο οποίος απαιτείται να το κρατάει για αρκετή ώρα.

### 2.5.5. Χρήσεις AR

Έχοντας, πλέον, αναλύσει τις μεθόδους ανάπτυξης και παρουσίασης του εικονικού περιεχομένου, χρήσιμο είναι να αναλυθούν και οι περιπτώσεις στις οποίες μπορεί να το συναντήσουμε. Έχουν παρατηρηθεί, λοιπόν, τέσσερις βασικοί τομείς στους οποίους χρησιμοποιούνται συχνότερα οι AR εφαρμογές, ενώ ταυτόχρονα η ανάπτυξη που ακολουθεί χρησιμεύει στο να γίνει αντιληπτό πόσο συχνά αυτές συναντώνται στην περίπτωση την οποία μελετάμε:

#### 2.5.5.1. Τομέας Ιατρικής

Στις περισσότερες περιπτώσεις του ιατρικού τομέα, η AR εφαρμογή χρησιμοποιείται για να παρέχει επιπλέον βοήθεια κατά την διάρκεια ενός χειρουργείου. Αυτό κυρίως επιτυγχάνεται με την αναπαραγωγή εικόνων που αναπαριστούν τα μη εμφανή, εσωτερικά μέρη του σώματος ενός ασθενή (Carmigniani J., et.al., 2011; Mekni M., Lemieux A., 2014). Οι εφαρμογές αυτές, παρόλο που έχουν αποτελέσει βοηθητικό εργαλείο για τους χειρουργούς, έχουν δύο μειονεκτήματα. Το πρώτο είναι πως απαιτείται επιπλέον εκπαίδευση στους ειδικούς, καθώς πρέπει να κατανοήσουν, όχι μόνο το περιεχόμενο που προβάλλει η εφαρμογή, αλλά και πως να την χρησιμοποιήσουν και αξιοποιήσουν σωστά (Carmigniani J., et.al., 2011). Το δεύτερο μειονέκτημα που προκύπτει είναι πως, για να προβληθεί με ακρίβεια το περιεχόμενο σε κάθε στάδιο του χειρουργείου, πρέπει η εικονική αναπαράσταση να ενημερώνεται και προβάλλεται σε πραγματικό χρόνο, γεγονός το οποίο κάνει τις εφαρμογές τεχνολογικά απαιτητικές και κατά προέκταση πιο ακριβές (Mekni M., Lemieux A., 2014).

#### 2.5.5.2. Τομέας Marketing και Διαφήμισης

Οι περισσότερες εφαρμογές AR σε αυτό τον τομέα χρησιμοποιούνται για να διαφημισθούν προϊόντα στο διαδίκτυο (Carmigniani J., et.al., 2011; Mekni M., Lemieux A., 2014). Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα που προσφέρουν είναι πως δεν απαιτείται η δημιουργία πρωτοτύπου για την ανάδειξη του προϊόντος στον χρήστη. Με αυτό τον τρόπο, η διαφήμιση του προϊόντος γίνεται πιο οικονομική για τους κατασκευαστές, καθώς λαμβάνουν κριτική για αυτό χωρίς να το κατασκευάσουν και διορθώσουν, μέχρι να παραχθεί το τελικό αποτέλεσμα (Carmigniani J., et.al., 2011).

#### 2.5.5.3. Ψυχαγωγία

Στον τομέα της ψυχαγωγίας, οι εφαρμογές AR χρησιμοποιούνται κυρίως στα ψηφιακά παιχνίδια και έχει παρατηρηθεί πως προσθέτουν ενθουσιασμό και εμπλέκουν περισσότερες ανθρώπινες αισθήσεις (Carmigniani J., et.al., 2011; Mekni M., Lemieux A., 2014). Ταυτόχρονα, καθώς οι εφαρμογές αυτές είναι τεχνολογικά απαιτητικές, δεν είναι δυνατό, προς το παρόν, να είναι προσβάσιμες στο ευρύ κοινό, καθώς

μπορούν μονάχα να εισαχθούν σε συγκεκριμένες πλατφόρμες παιχνιδιών (Carmigniani J., et.al., 2011).

#### 2.5.5.4. Εκπαίδευση

Σε αυτό τον τομέα, το AR κρίνεται ιδιαίτερα χρήσιμο, καθώς αναπαριστά πληροφορίες οι οποίες καθιστούν το υλικό πιο εύκολα κατανοητό από τον χρήστη (Mekni M., Lemieux A., 2014). Μπορεί, επίσης, να παρατηρηθεί σε δύο κύριες κατηγορίες. Η πρώτη είναι οι εφαρμογές στα κινητά των χρηστών που σκοπό έχουν να εκπαιδεύσουν τον χρήστη για συγκεκριμένα πεδία. Η δεύτερη αποτελεί πολιτισμικές εφαρμογές, οι οποίες σκοπό έχουν να καθοδηγήσουν και ενημερώσουν τον χρήστη για αξιοθέατα ή εκθέματα σε μουσεία. Πολλές φορές, οι δύο αυτές κατηγορίες μπορούν να συνδυαστούν, ενώ ταυτόχρονα παρατηρείται ένα μειονέκτημα. Αυτές οι εφαρμογές, λοιπόν, αναγνωρίζουν τα εκθέματα που είναι ήδη καταχωρημένα στο σύστημα και αφορούν το συγκεκριμένο μουσείο ή έκθεση για την οποία αναπτύχθηκαν. Αποτέλεσμα αποτελεί η ανικανότητα των εφαρμογών αυτών να αναγνωρίσουν εκθέματα ως αντικείμενα και κατά πρόεκταση είναι αδύνατο να αναπαράγουν ψηφιακό περιεχόμενο για μη καταχωρημένα εκθέματα που πιθανώς να βρίσκονται σε άλλα μουσεία. Έτσι, καταλαβαίνουμε πως πρέπει να αναπτυχθεί διαφορετική εφαρμογή για κάθε εκθεσιακό χώρο (Carmigniani J., et.al., 2011).

#### 2.5.6. AR Εφαρμογές σε Πολιτιστικό Περιβάλλον

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι AR εφαρμογές χρησιμοποιούνται όλο και συχνότερα για την πιο αποτελεσματική επικοινωνία πληροφοριών που αφορούν χώρους πολιτισμικής κληρονομιάς. Επιπλέον, όπως έγινε προφανές από την έρευνα του πεδίου του τουρισμού σε τέτοιους χώρους, όσο πιο εύκολο γίνεται στο ευρύ κοινό να ταξιδέψει, τόσο περισσότερο αυξάνεται η χρήση τους (Ashworth G.J., 2000; Han D., et.al., 2013). Ταυτόχρονα, καθώς ο ανταγωνισμός μεταξύ των χώρων αυτών μεγαλώνει, οι επιμελητές τους ψάχνουν για διαφορετικούς, καινοτόμους τρόπους να επικοινωνήσουν την απαιτούμενη πληροφορία ή εικόνα στον χρήστη. Λόγω των παραπάνω, η τεχνολογία έχει αρχίσει να εντάσσεται στους μουσειακούς ή πολιτιστικούς χώρους, με σκοπό να προσφέρει στον επισκέπτη μία ιδιαίτερη εμπειρία, από την οποία θα μπορέσει να προσκομίσει περισσότερα (Han D., et.al., 2013; Marto A., et.al., 2019; Pedersen I. et.al., 2017). Για την επίτευξη των στόχων αυτών, οι μουσειακοί/πολιτιστικοί χώροι προβάλλουν εικόνες, κατασκευάζουν μακέτες ή/και χρησιμοποιούν πολυμέσα, με σκοπό να εντάξουν επιτυχώς περισσότερες από μία αισθήσεις του χρήστη, το οποίο θα έχει ως αποτέλεσμα την πιο επιτυχημένη συγκράτηση της πληροφορίας. Πρέπει, όμως, οι εφαρμογές που εντάσσονται στους χώρους αυτούς να ακολουθούν κάποιες βασικές αρχές ανθρωποκεντρικής σχεδίασης, έτσι ώστε οι χρήστες να τις χειρίζονται εύκολα και άρα να μπορούν να αφοσιωθούν στο περιεχόμενο που τους προσφέρεται (Marto A., et.al., 2019).

Έτσι, σε πολλούς χώρους στους οποίους υπάρχει η επιθυμία να ενταχθεί η τεχνολογία, χρησιμοποιούνται εφαρμογές AR, λόγω των ευκαιριών που προσφέρουν. Οι εφαρμογές αυτές, οι οποίες αναπαράγουν ψηφιακή

πληροφορία σε πραγματικό χρόνο, είναι κατάλληλες για να εντάξουν περισσότερες από μία αισθήσεις, καθώς δίνουν στους επισκέπτες την δυνατότητα να δουν, ακούσουν ή/και “αγγίξουν” το προβαλλόμενο περιεχόμενο. Το γεγονός πως εμπλέκονται περισσότερες από μία αισθήσεις, κάνει τον χρήστη της εφαρμογής να συμμετάσχει και εμπλακεί πιο έντονα με το περιεχόμενο, με αποτέλεσμα να συγκρατεί περισσότερες από τις πληροφορίες που του παρουσιάζονται (Han D., et.al., 2013; Hincapié M., 2021; Pedersen I. et.al., 2017). Οι εφαρμογές αυτές, επίσης, χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο μέσω φορητών συσκευών, ενώ έχουν παρατηρηθεί δύο λόγοι για τους οποίους συμβαίνει αυτό το φαινόμενο. Ο πρώτος είναι πως, με την καθημερινή χρήση των φορητών συσκευών, ο ευρύς πληθυσμός γίνεται όλο και πιο εξοικειωμένος με αυτές, με αποτέλεσμα να μπορεί να τις χρησιμοποιήσει με άνεση και ευκολία. Ο δεύτερος λόγος είναι πως η χρήση των συσκευών αυτών καθιστά μία οικονομική, αλλά αποτελεσματική λύση για την εκπόνηση της απαιτούμενης εμπειρίας για τον χρήστη. Έτσι, βλέπουμε πως αρχίζουμε να συναντάμε όλο και περισσότερες εφαρμογές οι οποίες χρησιμοποιούν tablets ή αξιοποιούν τις κινητές συσκευές των ίδιων των χρηστών για την προβολή του περιεχομένου (Martó A., et.al., 2019; Pedersen I. et.al., 2017).

Με σκοπό να βρεθούν προβλήματα, λύσεις και συμπεράσματα που προέκυψαν από προηγούμενες εφαρμογές που εφαρμόστηκαν σε παρόμοιο πλαίσιο, απαραίτητο είναι να μελετήσουμε κάποιες από αυτές. Ξεκινώντας από ένα project μεγάλης κλίμακας, το “DinofelisAR” είναι μία εφαρμογή AR που αναπτύχθηκε για να αναπαραστήσει ένα μέρος του Forum της Ιταλίας, το οποίο αποτελεί την αρχαία αγορά της Ρώμης, ενώ είναι συμβατό με android συσκευές, καθώς ένα κινητό με τέτοιο λογισμικό δόθηκε στους χρήστες που ήταν πρόθυμοι να συμμετάσχουν. Η εφαρμογή χρησιμοποιούσε μία εικόνα τοποθετημένη στον χώρο, όχι μονάχα ως σήμανση για την εμφάνιση του ψηφιακού περιεχομένου, αλλά και ως σήμανση για τον προσανατολισμό και κλίση από την οποία πρέπει να το προβάλλει. Ταυτόχρονα, μία τεχνολογία που ονομάζεται Extended Tracking χρησιμοποιήθηκε με σκοπό να προβάλλεται η ψηφιακή αναπαράσταση του Forum, ακόμα και αν η εικόνα που σηματοδοτεί την εμφάνισή του βγει εκτός του πεδίου της κάμερας. Επιπλέον, σημαντικό είναι να σημειωθεί πως η χρήση της εικόνας στον χώρο λειτούργησε ως σήμανση, όχι μόνο για την εφαρμογή, αλλά και για τους επισκέπτες, καθώς χρησίμευε στο να τους ενημερώνει για την ύπαρξή της. Ύστερα από την συμμετοχή των χρηστών για την αξιολόγηση της εφαρμογής, τους δόθηκαν ερωτηματολόγια, καθώς οι δημιουργοί της εφαρμογής είχαν σκοπό να προσκομίσουν πιο στοχευμένα συμπεράσματα. Τα ερωτηματολόγια αυτά συμπεριέλαβαν ερωτήσεις όπως το πόσο εύκολο ήταν για τους χρήστες να χρησιμοποιήσουν την εφαρμογή, την ικανοποίησή τους, αλλά και τι τους έκανε να θέλουν να λάβουν μέρος στο πείραμα. Όσον αφορά την τελευταία ερώτηση, οι περισσότεροι συμμετέχοντες δήλωσαν πως ενδιαφέρονταν να βιώσουν αρχαιολογικά μνημεία μέσω μίας εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας, ενώ ταυτόχρονα η πλειονότητα των χρηστών παραδέχτηκε πως, λόγω του φωτός του ήλιου, ήταν δύσκολο να χειριστούν την εφαρμογή (Martó A., et.al., 2019).

Μία ακόμη εφαρμογή παρόμοιας φύσεως, η οποία ονομάζεται “Vítica”, αναπτύχθηκε με σκοπό να αναπαραστήσει το Cisneros Market Square, μία κεντρική πλατεία στο Medellin της Κολομβίας. Η πλατεία αυτή παίζει σημαντικό ρόλο για την πολιτιστική κληρονομιά της πόλης, καθώς εκεί έλαβαν μέρος

καθοριστικά γεγονότα τα οποία επηρέασαν ολόκληρη την ιστορία της. Σε αντίθεση με την προηγούμενη εφαρμογή η οποία αναφέρθηκε, το “Vítica” δεν χρησιμοποίησε εικόνες ως σημάσεις για την αναγνώριση της τοποθεσίας του χρήστη, καθώς οι δημιουργοί πίστευαν πως, από την στιγμή που η εμπειρία παίρνει μέρος σε εξωτερικό χώρο με πολύπλοκο φωτισμό, θα ήταν πολύ δύσκολο για το σύστημα να βρει συγκεκριμένα σημάδια, πάνω στα οποία θα μπορούσε να βασιστεί για να εμφανίσει την πληροφορία. Έτσι, συνδυάστηκε η χρήση GPS και μία τεχνολογία αναγνώρισης επιφανειών, με σκοπό να αναγνωρίζεται πιο στοχευμένα η κατάλληλη εμφάνιση του περιεχόμενου. Για να ερευνηθεί η αποδοτικότητα της εφαρμογής, οι συντονιστές της αξιολόγησης χώρισαν τους χρήστες σε δύο ομάδες. Η πρώτη ομάδα έλαβε ξενάγηση του χώρου από έναν ειδικευόμενο περιηγητή με τον παραδοσιακό τρόπο. Η δεύτερη ομάδα, ενώ λάμβανε την ξενάγηση από τον περιηγητή, είχε ταυτόχρονα την ευκαιρία να χρησιμοποιήσει την εφαρμογή η οποία αναπαριστούσε το ψηφιακό περιεχόμενο. Μετά την ολοκλήρωση αυτής της εμπειρίας, οι διοργανωτές της αξιολόγησης έλεγξαν την ποσότητα γνώσεων που είχε συκρατήσει η κάθε ομάδα και βρέθηκε πως η δεύτερη, αυτή δηλαδή η οποία έλαβε την παραδοσιακή ξενάγηση, αλλά και την αναπαράσταση του περιεχομένου από την εφαρμογή, είχε συκρατήσει πολλές περισσότερες πληροφορίες από την πρώτη ομάδα (Hincapié M., 2021).

Από την στιγμή που, μέχρι στιγμής, έχουν αναφερθεί μονάχα εφαρμογές οι οποίες αναπτύχθηκαν για μνημεία εξωτερικού χώρου, κρίνεται απαραίτητο να μελετηθούν αντίστοιχες, οι οποίες πλαισιώνονται σε εσωτερικούς χώρους πολιτισμικής κληρονομιάς, με σκοπό να βρεθούν τυχών διαφορές στα αποτελέσματα ή στην διαδικασία ανάπτυξής τους. Αρχικά, λοιπόν, μελετήθηκε η εφαρμογή “TombSeer”, η οποία δημιουργήθηκε για ένα αντίγραφο του τάφου Tomb of Kitines στο μουσείο ROM (Royal Ontario Museum) στον Καναδά. Το αντίγραφο αυτό είναι στην πραγματικότητα μία αναπαράσταση φυσικού μεγέθους, την οποία μπορεί κάποιος να επισκεφθεί και βιώσει. Όπως είναι φυσικό, όμως, αυτή η αναπαράσταση είναι ελλιπής από σημαντικά αντικείμενα και ευρήματα, τα οποία υπάρχουν στον πραγματικό τάφο στην Αίγυπτο. Έτσι, δημιουργήθηκε η εφαρμογή “TombSeer”, η οποία επιτρέπει στους επισκέπτες του αντιγράφου να εξετάσουν ή ακόμα και να “αγγίξουν” τα ευρήματα που λείπουν από τον χώρο. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση headset, δηλαδή μικρής οθόνης η οποία τοποθετείται στο κεφάλι των χρηστών, με σκοπό να “βυθιστούν” πιο αποτελεσματικά στην εμπειρία της επίσκεψης στον τάφο. Αυτή η εφαρμογή, λοιπόν, είχε σκοπό να δώσει την ευκαιρία στους χρήστες να βιώσουν μία πιο ολοκληρωμένη εμπειρία, μέσω του συνδυασμού πραγματικού και ψηφιακού κόσμου. Λόγω του κλειστού χώρου που αποτελεί τον τάφο, οι συνθήκες φωτισμού ήταν πιο ελεγχόμενες και άρα η αναπαράσταση της ψηφιακής εικόνας μέσω του headset επιτεύχθηκε με ευκολία. Ύστερα από συνεντεύξεις με τους συμμετέχοντες, όμως, οι δημιουργοί της εφαρμογής παρατήρησαν κάποια προβλήματα που προέκυψαν κατά την διεξαγωγή του πειράματος. Το σημαντικότερο από αυτά τα προβλήματα ήταν η ελλιπής επικοινωνία από την εφαρμογή, όσον αφορά τις κατάλληλες χειρονομίες που έπρεπε να πραγματοποιήσουν οι χρήστες με σκοπό να σηματοδοτήσουν την αλληλεπίδρασή τους με τα ευρήματα. Ένα ακόμα σημαντικό πρόβλημα που προέκυψε, το οποίο επηρέασε άμεσα την εμπύθιση του επισκέπτη στο χώρο, ήταν το γεγονός πως το ψηφιακό περιβάλλον δεν άλλαζε ομαλά. Δηλαδή, τα



ψηφιακά αντικείμενα που υπήρχαν στο οπτικό πεδίο του χρήστη, εμφανίζονταν και εξαφανίζονταν ξαφνικά, μόλις ο χρήστης πλησίαζε ή αντίστοιχα απομάκρυνε το βλέμμα του από αυτά. Έτσι, οι δημιουργοί της εφαρμογής πραγματοποίησαν κάποιες αλλαγές στις επόμενες εκδόσεις της. Η πρώτη είναι η προσθήκη της επιλογής “Help”, χάρη στην οποία οι χρήστες μπορούν να κατανοήσουν πλήρως τις χειρονομίες ή άλλα μέρη της εφαρμογής, ενώ η δεύτερη είναι η πιο σταδιακή εμφάνιση και εξαφάνιση των αντικειμένων του χώρου (Pedersen I. et.al., 2017).

## **3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

### **3.1. Εισαγωγή**

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας ονομάζεται Σχεδίαση Διαδραστικών Συστημάτων και τέθηκε από τους Koutsabasis P. κ.α. (2018) σε πλαίσιο μάθησης της σχεδιαστικής διαδικασίας.

### **3.2. Σχεδίαση Διαδραστικών Συστημάτων**

Σύμφωνα με τους Koutsabasis P. κ.α. (2018), η Σχεδίαση Διαδραστικών Συστημάτων αποτελείται από πέντε στάδια, τέσσερα από τα οποία αξιοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της διπλωματικής εργασίας. Πιο συγκεκριμένα, τα στάδια αποτελούν:

#### **3.2.1. Research and Inquiry**

Αυτό το στάδιο περιλαμβάνει την έρευνα του πεδίου ενδιαφέροντος μέσω ερευνητικών άρθρων, συνεντεύξεων και παρατηρήσεων, με σκοπό να προσδιοριστεί πιο αποτελεσματικά ο προβληματικός χώρος. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, για το πλαίσιο αυτής της διπλωματικής εργασίας και αφού πραγματοποιήθηκε η γενικότερη μελέτη των πεδίων, ερευνήθηκαν ξεχωριστά οι τομείς της χρήσης AR εφαρμογών σε πολιτιστικά περιβάλλοντα, η έννοια του τουρισμού σε τόπους πολιτισμικής κληρονομιάς, καθώς και η εισαγωγή χαρακτήρων σε αυτά. Πιο αναλυτικά, μελετήθηκαν οι περιπτώσεις στις οποίες χρησιμοποιούνται αυτές οι εφαρμογές στο σχετικό πλαίσιο, οι λόγοι για τους οποίους παρατηρείται αυτό, καθώς και το κοινό στο οποίο απευθύνονται. Μελετήθηκαν, επίσης, περιορισμοί και σχετικές εφαρμογές, με σκοπό να κατανοηθεί καλύτερα η περίπτωση που αφορά την εργασία αυτή.

#### **3.2.2. Conceptual Design**

Σε αυτό το στάδιο οι σχεδιαστές παίρνουν σημαντικές αποφάσεις και παράγουν πολλές διαφορετικές λύσεις, αφού έχουν κατανοήσει τον προβληματικό χώρο. Έτσι, στη περίπτωση αυτής της διπλωματικής εργασίας, συλλέχθηκαν δεδομένα που αφορούσαν την εμφάνιση των χαρακτήρων που είχαν ήδη επιλεχθεί για την εφαρμογή της Μελέτης Περίπτωσης, με σκοπό να αποτελέσουν αναφορά, αλλά και έμπνευση προς την σχεδιάσή τους. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν αποτέλεσαν κυρίως φωτογραφίες ή πορτραίτα των σχετικών χαρακτήρων, ενώ για μερικούς από αυτούς αξιοποιήθηκαν απεικονίσεις τους στον χώρο για τον οποίο σχεδιάζονται. Αργότερα, μέσω των πληροφοριών που είχαν ήδη συλλεχθεί, άρχισε η σχεδίαση των χαρακτήρων μέχρι και την παραγωγή του τελικού σχεδίου.

### 3.2.3. Technical Testing and Interactive Prototyping

Σε αυτό το στάδιο παράγεται ένα πρωτότυπο του προϊόντος, το οποίο βασίζεται στο τελικό αποτέλεσμα του Conceptual Design. Για τους σκοπούς της διπλωματικής εργασίας και για την παραγωγή των χαρακτήρων που αυτή μελετάει, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Blender, ενώ ο έλεγχος της λειτουργικότητας των χαρακτήρων πραγματοποιήθηκε αφού τους δόθηκε κίνηση, έτσι ώστε να εντοπιστούν τυχών λάθη ή παραμορφώσεις.

### 3.2.4. Evaluation

Στο στάδιο της αξιολόγησης χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι, με σκοπό να εντοπισθούν οι απαραίτητες διορθώσεις ή/και προβλήματα των πρωτοτύπων. Στην περίπτωση της διπλωματικής εργασίας, οι ψηφιακοί χαρακτήρες που παράχθηκαν στο προηγούμενο στάδιο τροποποιήθηκαν, έτσι ώστε να αντιπροσωπεύουν διαφορετικά στυλ σχεδίασης και αργότερα αξιολογήθηκαν από χρήστες, οι οποίοι είχαν την δυνατότητα να τους βιώσουν μέσω μίας εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας. Στόχος της αξιολόγησης, ήταν η παραγωγή στοχευμένων συμπερασμάτων όσον αφορά τα συναισθήματα που προκλήθηκαν στους χρήστες όταν αλληλεπιδρούσαν με τους χαρακτήρες, οι πληροφορίες που μπορούσαν να ανακαλέσουν από τους διαλόγους που άκουσαν, πόσο αναγνωρίστηκε η σύνδεσή τους με το χώρο κ.α., δεδομένα τα οποία σχετίζονται με την επίτευξη των στόχων αυτής της διπλωματικής εργασίας.

## **3.3. Μελέτη Περίπτωσης**

Η Μελέτη Περίπτωσης αποτελεί ερευνητική μέθοδο κατά την οποία μελετώνται άτομα, κοινωνικές ομάδες ή τομείς, με σκοπό να παραχθεί ένα γενικό συμπέρασμα το οποίο μπορεί να εκπροσωπήσει την πλειοψηφία των περιπτώσεων αυτών. Ο λόγος που επιλέχθηκε αυτή η ερευνητική μέθοδος για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας είναι διότι, αποδεδειγμένα, επιτρέπει στον ερευνητή να παραγάγει στοχευμένα ερωτήματα και να κερδίσει πιο λεπτομερή κατανόηση του προβλήματος. Επιπλέον, μέσω αυτής της μεθόδου, παράγονται αποδείξεις ή αντενδείξεις των υποθέσεων που αφορούν το πεδίο που ερευνάται, οι οποίες συνήθως κρίνονται ως πολύ πιο χρήσιμες από την απλή έρευνα (Heale R., Twycross A., 2018).

Για το πεδίο που ερευνά αυτή η διπλωματική εργασία, δηλαδή την σχεδίαση ψηφιακών χαρακτήρων σε περιβάλλον επαυξημένης πραγματικότητας στον πολιτισμό, ως μελέτη περίπτωσης χρησιμοποιήθηκε το Αρχοντικό “Κοής”, στην Ερμούπολη της Σύρου. Πιο συγκεκριμένα, ο εσωτερικός χώρος του Αρχοντικού, ο οποίος έχει πολιτιστική αξία για την ιστορία του νησιού, αποτέλεσε βάση για την σχεδίαση σχετικών χαρακτήρων και εξερεύνησης της κατάλληλης σχεδιάσής τους. Μάλιστα, στον συγκεκριμένο χώρο υπήρχε ήδη η ανάγκη για δημιουργία ψηφιακών χαρακτήρων και την εισαγωγή μίας εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας. Έτσι, οι χαρακτήρες αυτοί, παρόλο που αργότερα τροποποιήθηκαν για να ευνοήσουν τους σκοπούς της αξιολόγησης με χρήστες,

αποτέλεσαν και εργαλείο έρευνας για την κατάλληλη σχεδίαση που σχετίζεται με την απόδοση κίνησης σε αυτούς. Τέλος, καθώς αυτοί οι χαρακτήρες είχαν διαφορετικές συνδέσεις με το χώρο μεταξύ τους, αποτέλεσαν κατάλληλο αντικείμενο προς έρευνα του σχετικού ερωτήματος της διπλωματικής.

## 4. ΣΧΕΔΙΑΣΗ

### 4.1. Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο μελετήθηκε πιο λεπτομερειακά η σχεδίαση ψηφιακών χαρακτήρων σε εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας σε πολιτιστικό περιβάλλον, έρευνα στην οποία συνέβαλλαν οι ήδη συλλεγμένες πληροφορίες, καθώς και η εξέταση παρόμοιων εφαρμογών. Αργότερα, έχοντας αποκτήσει συγκεκριμένα συμπεράσματα μέσω έρευνας που αναφέρθηκε προηγουμένως, αναλύεται η διαδικασία της υλοποίησης, μαζί με ότι συμπεριλαμβάνεται σε αυτή, καθώς και της αξιολόγησης, με σκοπό να παραχθούν τα συμπεράσματα αυτής της εργασίας.

### 4.2. Research and Inquiry

#### 4.2.1. Ψηφιακοί Χαρακτήρες σε Πολιτισμικό Περιβάλλον μέσω AR

Σε συνδυασμό με την γενικότερη έρευνα της εισαγωγής AR εφαρμογών στον τομέα του πολιτισμού, κρίνεται απαραίτητο να μελετηθεί πιο λεπτομερειακά το πλαίσιο αυτό, ώστε να αποκτηθεί περεταίρω κατανόηση σχετικά με την περίπτωση την οποία μελετάει αυτή η διπλωματική εργασία.

Όπως έγινε αντιληπτό από την προηγούμενη ενότητα, λοιπόν, η χρήση AR εφαρμογών γίνεται όλο και συχνότερη μέσα σε χώρους πολιτισμικής κληρονομιάς. Παρατηρείται, όμως, πως οι ψηφιακές αναπαραστάσεις κτιρίων ή αντικειμένων δεν είναι επαρκή, ώστε να αξιοποιηθούν εντελώς οι δυνατότητες των εφαρμογών αυτών. Έτσι, όλο και περισσότεροι δημιουργοί άρχισαν να εντάσσουν ψηφιακούς χαρακτήρες στις εφαρμογές τους, με σκοπό να αντιπροσωπεύσουν άλλη μία πλευρά της πολιτισμικής κληρονομιάς και κουλτούρας, η οποία αποτελεί τους κατοίκους του τόπου και τον τρόπο ζωής τους (Karuzaki E., et.al., 2021; Machidon O.M., et.al., 2018; Sylaiou S., Fidas C., 2022; Vosinakis S., et.al., 2018). Κρίνεται σημαντικό, άρα, οι χαρακτήρες αυτοί να μπορούν να αποδώσουν στοιχεία που εκπροσωπούν τον πολιτισμό και κουλτούρα για την οποία σχεδιάστηκαν, μέσω του ντυσίματος, της συμπεριφοράς, της κινησιολογίας, του λόγου και του τρόπου ζωής που φαίνεται να έχουν, με αποτέλεσμα να παρέχεται στους επισκέπτες μία πιο ολοκληρωμένη και ρεαλιστική εμπειρία σχετικά με την πολιτιστική κληρονομιά του τόπου που βρίσκονται (Karuzaki E., et.al., 2021; Machidon O.M., et.al., 2018; Vosinakis S., et.al., 2018). Έτσι συμπεραίνουμε πως, από την στιγμή που οι ψηφιακοί χαρακτήρες είναι αποτελεσματικοί στο να κινούν το ενδιαφέρον του χρήστη, μπορούν να λειτουργήσουν όχι μονάχα ως μορφή απόδοσης της κουλτούρας, αλλά και ως εκπαιδευτικό εργαλείο. Πιο συγκεκριμένα, οι χρήστες κατανοούν ευκολότερα την πρακτική ή θρησκευτική χρήση αντικειμένων όταν ένας ψηφιακός χαρακτήρας αλληλεπιδράει με αυτά, ενώ ταυτόχρονα κατανοούν καλύτερα τον τρόπο ζωής τους, όταν βλέπουν μία αναπαράστασή του μέσω των χαρακτήρων, παρά διαβάζοντας γι αυτό (Karuzaki E., et.al., 2021; Machidon O.M., et.al., 2018; Vosinakis S., et.al., 2018).

Λαμβάνοντας υπ' όψη τις δυνατότητες αυτές, και με βάση τους Machidon O.M., et.al. (2018) και Vosinakis S., et.al. (2018) έχουν αναπτυχθεί διαφορετικές

μέθοδοι με τις οποίες οι ψηφιακοί χαρακτήρες λειτουργούν ως εργαλείο απόδοσης της κουλτούρας. Η πρώτη που μελετήθηκε, χρησιμοποιεί τους ψηφιακούς χαρακτήρες ως εργαλεία για να επαυξήσει τον ρεαλισμό της εφαρμογής, με το να αποδίδει τις συμπεριφορές του πληθυσμού ο οποίος αντιστοιχεί στην σχετική εποχή και τόπο του αξιοθέατου. Η συγκεκριμένη κατηγορία χαρακτήρων δρα με βάση ένα ήδη ανατεθειμένο σενάριο, το οποίο ακολουθούν ανεξάρτητα από τις ενέργειες του χρήστη και όπως αναφέρθηκε παραπάνω, συνήθως χρησιμεύει στο να αποδώσει την κοινή εμφάνιση και συμπεριφορά των κατοίκων ή στο να δώσει βασική καθοδήγηση για τα σημαντικά στοιχεία του χώρου. Μία δεύτερη κατηγορία που μελετήθηκε είναι αυτή που χρησιμοποιεί τους ψηφιακούς χαρακτήρες ως ξεναγούς. Η συγκεκριμένη περίπτωση απαιτεί πιο περίπλοκη ανάπτυξη της εφαρμογής, διότι ο χαρακτήρας επικοινωνεί άμεσα με τους χρήστες και άρα πρέπει να δωθεί περισσότερη προσοχή στον τομέα της σχεδίασης, ώστε να είναι κοινωνικά αποδεκτός από αυτούς. Μία επιπλέον κατηγορία περιλαμβάνει την έννοια του “intelligent agent”. Στην περίπτωση αυτή, η εφαρμογή αναπτύσσεται με τέτοιο τρόπο, ώστε οι χαρακτήρες να έχουν την ικανότητα να αντιδράσουν, είτε λεκτικά είτε σωματικά, στις ενέργειες του χρήστη, ενώ αυτή η διαδικασία γίνεται εφικτή δίνοντάς τους την δυνατότητα να λαμβάνουν ερεθίσματα από το περιβάλλον και να επεξεργάζονται τις αλλαγές που γίνονται σε αυτό. Έτσι, με βάση την γνώση του περιβάλλοντος, αλλά και της ιεράρχησης που είναι ικανοί να ακολουθήσουν, μπορούν να δρομολογήσουν τις επόμενες δράσεις τους. Από την στιγμή, όμως, που οι χαρακτήρες πρέπει να συμπεριφέρονται σαν πραγματικοί άνθρωποι, όχι μόνο λεκτικά αλλά και σωματικά, η ανάπτυξη της εφαρμογής γίνεται δυσκολότερη, καθώς πρέπει η κινησιολογία, οι εκφράσεις του προσώπου και όλες οι λοιπές αντιδράσεις να είναι αρκετά πειστικές ώστε ο χρήστης να λαμβάνει την εντύπωση πως αλληλεπιδράει με ένα άτομο της εποχής στην οποία αντιστοιχεί. Από την στιγμή, όμως, που σε πολλές περιπτώσεις οι χαρακτήρες χρησιμεύουν στο να αποδίδουν συμπεριφορές και συνήθειες του τόπου και χρόνου, παρατηρείται η χρήση αυτών σε μεγάλο αριθμό, αλλά σε μία μονάχα εφαρμογή. Έτσι, αναπτύχθηκε η έννοια του “virtual crowds”. Τα “virtual crowds” αποτελούν μία πληθώρα χαρακτήρων, οι οποίοι μετακινούνται στον ψηφιακό κόσμο, ασκούν την φαινομενική καθημερινότητά τους και δεν αλληλεπιδρούν με τον χρήστη. Φυσικά, η συγκεκριμένη περίπτωση θέτει κάποιους περιορισμούς στις εφαρμογές. Ο πρώτος είναι πως, λόγω του πλήθους ψηφιακών στοιχείων, τα οποία απεικονίζονται και αναπαράγονται σε πραγματικό χρόνο στην οθόνη, η εφαρμογή καθίσταται απαιτητική για τις περισσότερες φορητές συσκευές που χρησιμοποιούνται σε τέτοιους χώρους. Ένα ακόμα πρόβλημα που προκύπτει είναι πως οι πολλαπλοί χαρακτήρες που μετακινούνται στον χώρο, συγκρούονται μεταξύ τους. Για την περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται συχνά η τεχνητή νοημοσύνη (AI), η οποία αναπτύσσει αλγορίθμους που μετακινούν τους χαρακτήρες έτσι ώστε να αποφευχθούν οι συγκρούσεις αυτές.

Ανεξάρτητα από την περίπτωση για την οποία αναπτύσσονται οι χαρακτήρες, η ενσωμάτωσή τους στο περιβάλλον όπου βρίσκονται είναι κρίσιμη, όχι μονάχα γιατί αποδίδουν στοιχεία της πολιτισμικής τους κληρονομιάς, αλλά και για να είναι πιο εύκολα αποδεκτοί από τους χρήστες, με σκοπό αυτοί να ενθαρρύνονται να ανακαλύψουν περισσότερα για την τοποθεσία που επισκέπτονται. Η ενσωμάτωση αυτή επιτυγχάνεται με δύο τρόπους. Ο πρώτος είναι η στοχευμένη

σχεδίαση, η οποία περιλαμβάνει τα ρούχα, τα μαλλιά και λοιπά χαρακτηριστικά που είναι σχετικά με τον τόπο, χρόνο και κοινωνική τάξη στην οποία βρίσκονται οι χαρακτήρες. Ο δεύτερος είναι η απόδοση κατάλληλης κινησιολογίας, εκφράσεων προσώπου και τρόπου ομιλίας, τα οποία επίσης αντιστοιχούν σε τόπους, χρόνους και κοινωνικές τάξεις, ενώ ταυτόχρονα χρησιμεύουν στο να τους αντιλαμβάνονται οι χρήστες ως ζωντανές οντότητες και όχι ως ψηφιακά αντικείμενα. Έχοντας αναλύσει τα παραπάνω, χρήσιμο είναι να αναφερθεί πως, στις περιπτώσεις που ο χαρακτήρας επικοινωνεί άμεσα με τον χρήστη, η ροή της διαδικασίας μπορεί να διαχωριστεί σε δύο σκέλη. Η πρώτη είναι η επεξεργασία των δεδομένων που εισάγονται από τον χρήστη, η οποία επιτυγχάνεται είτε με γραπτό μήνυμα από αυτόν, είτε μέσω ομιλίας. Στην δεύτερη περίπτωση, η φράση περνάει από σύστημα αναγνώρισης ομιλίας και μετατρέπεται σε κείμενο, το οποίο μπορεί η εφαρμογή να αναγνωρίσει. Το δεύτερο σκέλος αποτελεί την αναπαραγωγή απάντησης από τον χαρακτήρα προς τον χρήστη, η οποία δημιουργείται από το σύστημα με βάση προκαθορισμένων αλγορίθμων και λέξεων-κλειδιών που εντοπίστηκαν. Τέλος, η διαδικασία αναγνώρισης της ομιλίας, γίνεται δυσκολότερη στα συνωστισμένα μέρη λόγω του θορύβου και άρα αποτελεί εργαλείο το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιορισμένα πλαίσια (Machidon O.M., et.al., 2018).

#### 4.2.2. Related Work

Με σκοπό να παραχθούν πιο στοχευμένα συμπεράσματα σχετικά με την περίπτωση που μελετάει αυτή η διπλωματική εργασία, δηλαδή την σχεδίαση ψηφιακών χαρακτήρων σε περιβάλλον επαυξημένης πραγματικότητας σε πολιτιστικό πλαίσιο, αναλύθηκαν παρόμοιες εφαρμογές, με σκοπό να βρεθούν κοινά χαρακτηριστικά, να αναδυθούν καινούρια ερωτήματα και να λυθούν προβλήματα που ίσως προκύψουν.

##### 4.2.2.1. Virtual Hagia Sophia

Ο ναός της Αγίας Σοφίας στη Κωνσταντινούπολη, ο οποίος κινδυνεύει λόγω της περίπλοκης ιστορίας που έχει βιώσει, αλλά και των περιορισμένων δράσεων διατήρησής της, αποτελεί ένα αξιοθέατο το οποίο παρουσιάζει στοιχεία πολιτισμικής κληρονομιάς πολλαπλών θρησκειών και κουλτουρών και επισκέπτεται από τουρίστες ολόκληρου του κόσμου. Εξ αιτίας των χαρακτηριστικών αυτών, ο ναός παρέχει το κατάλληλο περιεχόμενο για την χρήση εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας. Έτσι, οι Foni A., et.al. (n.d.), χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα 3D Studio MAX, ανέπτυξαν μία εφαρμογή η οποία αναπαριστά το εσωτερικό του ναού, καθώς και ψηφιακούς χαρακτήρες, οι οποίοι μετακινούνται στο χώρο. Οι δημιουργοί της εφαρμογής έκριναν απαραίτητη την εισαγωγή των ψηφιακών χαρακτήρων, διότι συμπέραναν πως έτσι η εμπειρία θα γίνονταν πολύ πιο ρεαλιστική για τους χρήστες, ενώ ταυτόχρονα η πολιτιστική κληρονομιά του τόπου θα παρουσιάζονταν πιο ολοκληρωμένα. Σχεδιάστηκαν, λοιπόν, τα βασικά μοντέλα των χαρακτήρων, ενώ δόθηκε ιδιαίτερη βάση την στοχευμένη απόδοση του ντυσίματός τους. Πιο συγκεκριμένα, καθώς το ντύσιμο των πολιτών αποτελούσε χαρακτηριστικό στοιχείο της κουλτούρας τους, οι δημιουργοί της εφαρμογής έδωσαν ιδιαίτερη προσοχή στην επιτυχημένη

απεικόνιση των υφασμάτων που φορούσαν, καθώς και στην κατάλληλη απόδοση κινησιολογίας. Για να αναδειχθούν κατάλληλα οι υφές του δέρματος, αλλά και των ενδυμάτων, χρησιμοποιήθηκαν texture maps και η επεξεργασία υλικών, ενώ αυτές οι μέθοδοι χρησίμευσαν στο να παραμείνει απλή η γεωμετρία των ψηφιακών αντικειμένων, με σκοπό να είναι δυνατό να απεικονιστούν σε πραγματικό χρόνο από την συσκευή. Τέλος, οι δημιουργοί τονίζουν πως, σε περιπτώσεις όπου η τοποθεσία πολιτιστικής κληρονομιάς απαιτεί περίπλοκες ψηφιακές αναπαραστάσεις, η διαδικασία ανάπτυξης της δυσκολεύει, καθώς πρέπει να απεικονισθούν περισσότερες λεπτομέρειες, χωρίς να αυξηθεί η γεωμετρία που πρέπει να επεξεργαστεί το σύστημα, ενώ το ίδιο ισχύει και για τους ψηφιακούς χαρακτήρες.



Εικόνα 4.1. Ψηφιακή αναπαράσταση της Αγίας Σοφίας και χαρακτήρων σε εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας | Foni A., et.al. (n.d.)

#### 4.2.2.2. Θερμοπωλείο της Πομπηίας

Τα θερμοπωλεία, κατά την αρχαιότητα, ήταν καταστήματα ταχείας εστίασης και οι Paragiannakis G. και Magnetat-Thalman N. (2007) αξιοποίησαν ένα από αυτά που βρέθηκαν στην Πομπηία, για να δημιουργήσουν μία εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας, η οποία αναπαριστούσε την ύπαρξη των πολιτών μέσα σε τέτοιους χώρους. Μέσω φορητής συσκευής, λοιπόν, οι χρήστες μπορούσαν να βιώσουν και κατανοήσουν την ζωή των ανθρώπων που χρησιμοποιούσαν το θερμοπωλείο, καθώς και πως ένα τέτοιο κατάστημα λειτουργούσε στην αρχαιότητα. Οι δημιουργοί της εφαρμογής τόνισαν πως αυτό ήταν ιδιαίτερα σημαντικό, διότι στις περισσότερες περιπτώσεις όπου οι επισκέπτες βρίσκονται σε αρχαία ερείπια, δυσκολεύονται να φανταστούν την έντονη ζωή των κατοίκων της εποχής, καθώς και να κατανοήσουν τις συνήθειες και καθημερινότητά τους. Ένα από τα θέματα που προέκυψαν κατά την διάρκεια της αξιολόγησης της εφαρμογής, είναι η έλλειψη επαρκούς φωτός στον εσωτερικό χώρο του ερείπιου, με αποτέλεσμα οι ψηφιακοί χαρακτήρες να επηρεάζονται ή να φαίνονται αταίριαστοι σε σχέση με το υπόλοιπο περιβάλλον. Καθώς το πείραμά τους διεξάχθηκε το 2007, σημαντικό είναι να αναφερθεί πως οι δημιουργοί θεωρούσαν την ύπαρξη ελαφρύτερων φορητών συσκευών κρίσιμη για την πιο αποτελεσματική αλληλεπίδραση, καθώς οι χρήστες δεν θα εξαντλούνταν κρατώντας βαρύτερες συσκευές, πρόβλημα το οποίο έχει, πλέον, λυθεί.



Αναφέρουν, επίσης, πως η ύπαρξη ψηφιακών χαρακτήρων οι οποίοι θα μπορούν να αναγνωρίσουν τις δράσεις του χρήστη και τις αλλαγές του περιβάλλοντος, θα συμπλήρωνε αποτελεσματικά την εμπειρία του επισκέπτη. Έτσι, συνειδητοποιούμε πως η χρησιμότητα των “intelligent agents” γίνεται αντιληπτή από παλαιότερα.



Εικόνα 4.2. Ψηφιακός χαρακτήρας στο πραγματικό περιβάλλον του θερμοπωλείου | Papagiannakis G. και Magnetat-Thalman N. (2007)

#### 4.2.2.3. Εργοστάσιο μαστίχας Χίου

Καθώς η μαστίχα αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία πολιτιστικής κληρονομιάς του νησιού της Χίου, οι Karuzaki E., et.al. (2021) ανέπτυξαν μία εφαρμογή για να ενημερώσουν τους επισκέπτες σχετικά με την παραγωγή της. Πιο συγκεκριμένα, αναπτύχθηκαν ψηφιακοί χαρακτήρες, οι οποίοι αναπαριστούν εργάτες του χώρου και βρίσκονται διασκορπισμένοι μέσα σε ένα παλιό, εγκαταλειμμένο εργοστάσιο μαστίχας που μετατράπηκε σε μουσείο, ενώ για την απεικόνιση των ψηφιακών δεδομένων στον χρήστη χρησιμοποιήθηκε ένα tablet. Οι ψηφιακοί χαρακτήρες, λοιπόν, στέκονταν μπροστά από ψηφιακές αναπαραστάσεις των μηχανών που υπήρχαν στο εργοστάσιο και εξιστορούσαν την καθημερινότητά τους, την δουλειά τους, αλλά και το πως λειτουργούσαν οι μηχανές αυτές, ενώ όλες οι πληροφορίες βασίστηκαν σε μαρτυρίες εργατών. Έτσι, οι χρήστες της εφαρμογής είχαν την δυνατότητα να κατανοήσουν, όχι μονάχα την ζωή των ανθρώπων εκείνης της κοινωνικής και εργατικής τάξης, αλλά και την διαδικασία παραγωγής της μαστίχας με μεγάλη λεπτομέρεια. Συμπεραίνουμε, άρα,

πως οι ψηφιακοί χαρακτήρες που αναπτύχθηκαν για την συγκεκριμένη εφαρμογή λειτουργούσαν περισσότερο ως διηγητές, παρά ως ξεναγοί. Οι χαρακτήρες αυτοί αντιπροσωπεύουν πολίτες από διαφορετικά χωριά της Χίου, οι οποίοι δούλευαν στο εργοστάσιο, ενώ οι περισσότεροι αντιπροσωπεύουν το μέσο όρο ηλικίας που κάλυπταν οι εργάτες. Επιπλέον, οι πληροφορίες που εξιστορούσαν για την ζωή τους συμπεριλάμβαναν περιγραφές της καθημερινότητας στο αντίστοιχο χωριό του κάθε χαρακτήρα, την εκπαίδευση που έλαβαν στην παιδική τους ηλικία, τι τους έκανε να ακολουθήσουν την δουλειά αυτή, καθώς και τον τρόπο με τον οποίο χειρίζονταν κάθε μηχάνημα, ενώ η εξιστόρηση άρχιζε όταν ο επισκέπτης τους πλησίαζε στον χώρο. Δόθηκε, επίσης, μεγάλη προσοχή στην στοχευμένη σχεδίαση των εργατικών ενδυμάτων και υποδημάτων των χαρακτήρων, διότι αποτελούν αναγνωριστικό στοιχείο για το συγκεκριμένο επάγγελμα και κουλτούρα. Τέλος, οι δημιουργοί της εφαρμογής συμπέραναν πως η χρήση ρεαλιστικής κινησιολογίας και ηχογράφησης πραγματικής φωνής, συνέβαλαν σημαντικά στην απόδοση του ρεαλισμού των χαρακτήρων.



Εικόνα 4.3. Κάποιοι από τους ψηφιακούς χαρακτήρες που εντάχθηκαν στην εφαρμογή του εργοστασίου μαστίχας στη Χίο | Karuzaki E., et.al. (2021)

#### 4.2.3. Συμπεράσματα

Αφού μελετήθηκαν οι παραπάνω τομείς, αλλά και σχετικές εφαρμογές με παρόμοιους σκοπούς, γίνεται πιο εύκολη η εύρεση κοινών θετικών στοιχείων, αλλά και προβλημάτων, καθώς και πως αντιμετωπίστηκαν κάποια από αυτά. Για αρχή, λοιπόν, η χρήση ψηφιακών χαρακτήρων φαίνεται να ολοκληρώνει την εμπειρία χρήσης μίας εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας για χώρους πολιτισμικής κληρονομιάς, είτε αυτός χρησιμοποιείται ως διηγητής, ξεναγός ή παρουσία στο χώρο. Επιπλέον, καθίστανται απαραίτητη η σύνδεση των χαρακτήρων με τον χώρο, ενώ πρέπει να δοθεί προσοχή στις ενδυμασίες τους, καθώς κρίνονται καθοριστικές για την αναγνώριση της κουλτούρας και

κοινωνικής τάξης στην οποία ανήκουν. Παρατηρείται, επίσης, πως πολλοί από τους δημιουργούς προσεγγίζουν την σχεδίαση χαρακτήρων με πιο ρεαλιστικό στυλ, χωρίς όμως να γίνεται ξεκάθαρος ο λόγος για τον οποίο αυτό συμβαίνει, ενώ στην απόδοση της ρεαλιστικότητας συμβάλλει και η επιτυχημένη απόδοση της υφής του δέρματος, των υφασμάτων και της κινησιολογίας. Σε όλες τις περιπτώσεις, όμως, πρέπει η γεωμετρία των χαρακτήρων να παραμείνει απλή, καθώς έτσι αυξάνεται το εύρος και η ταχύτητα με την οποία μπορεί να αναπαραχθεί το ψηφιακό περιεχόμενο από τις φορητές συσκευές που, πλέον, χρησιμοποιούνται. Τέλος, το πιο κοινό πρόβλημα που παρατηρείται είναι αυτό του φωτισμού, καθώς μπορεί να επηρεάσει, όχι μονάχα την απόδοση του περιεχομένου, αλλά και την επιτυχημένη απεικόνιση της ύπαρξης των χαρακτήρων στο χώρο.

### **4.3. Σχεδίαση Χαρακτήρων**

Εφόσον μελετήθηκαν τα παραπάνω, μπορούμε πλέον να προχωρήσουμε στο στάδιο της σχεδίασης χαρακτήρων που αφορούν την Μελέτη Περίπτωσης αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Η Μελέτη Περίπτωσης της εργασίας αποτελεί μία εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας που θα τοποθετηθεί στο Αρχοντικό “Κοής” στη Ερμούπολη της Σύρου και κατά την οποία, οι ήδη επιλεγμένοι, αλλά μη σχεδιασμένοι χαρακτήρες εμφανίζονται σε ζευγάρια στην οθόνη του tablet που βρίσκεται στον χώρο και χειρίζεται ο χρήστης. Αναλυτικότερα, οι χαρακτήρες που εμφανίζονται δεν απευθύνονται στον χρήστη και δεν δρουν ως ξεναγοί, όμως ασκούν διαλόγους μεταξύ τους με σκοπό να κατευθύνουν την προσοχή του επισκέπτη προς τα σημαντικά εκθέματα στο χώρο, ενώ ταυτόχρονα οι πληροφορίες που μεταφέρουν έχουν άμεση σχέση με την ιστορία του. Σημαντικό είναι να αναφερθεί, επίσης, πως οι ψηφιακοί χαρακτήρες αρχίζουν τους διαλόγους τους, μονάχα όταν ο επισκέπτης τους πλησιάσει, γεγονός το οποίο καθιστά σίγουρο πως οι χρήστες θα έχουν την ευκαιρία να ακούσουν ολόκληρη την συζήτηση.

Έτσι, σε αυτή την ενότητα θα αναλυθούν οι σχεδιαστικές αποφάσεις που λήφθηκαν ύστερα από την έρευνα του πεδίου, οι χαρακτήρες που σχεδιάστηκαν και η ροή που ακολουθήθηκε για την δημιουργία τους.

#### **4.3.1. Σχεδιαστικές αποφάσεις**

Η αποτελεσματική εύρεση των στόχων για τους οποίους σχεδιάστηκαν οι χαρακτήρες, σε συνδυασμό με την μελέτη περίπτωσης και την έρευνα που είχε ήδη προηγηθεί, οδήγησαν στην παραγωγή των προδιαγραφών που πρέπει να καλύπτουν. Πιο συγκεκριμένα, με ιεραρχική σειρά, οι προδιαγραφές είναι:

1. Οι χαρακτήρες αποτελούν εργαλείο περιήγησης στον χώρο.  
Ανεξάρτητα με το εάν ο χαρακτήρας λειτουργεί ως ξεναγός ή διηγητής ιστοριών, η συντάκτης της διπλωματικής θεώρησε αναγκαίο να αλληλεπιδρούν οι χαρακτήρες με σκοπό να βρεθεί το επίπεδο στο οποίο μπορούν να παρακολουθήσουν τα λεγόμενά τους.
2. Οι χαρακτήρες ενθαρρύνουν τον χρήστη να τους παρακολουθήσει, χωρίς να τον αποσπούν.

Πιο συγκεκριμένα, η αντίληψη της εμφάνισης των χαρακτήρων ως κάτι που δεν δημιουργεί έντονα συναισθήματα, είτε θετικά είτε αρνητικά, θεωρείται κρίσιμη, διότι επηρεάζεται η ποσότητα συγκέντρωσης του χρήστη.

3. Οι χαρακτήρες είναι σχεδιασμένοι με διαφορετικά στυλ μεταξύ τους.  
Το να παρουσιαστούν οι χαρακτήρες με διαφορετικά στυλ, δίνει την δυνατότητα για παραγωγή συμπεράσματος όσον αφορά το πόσο η εμφάνισή τους επηρεάζει την αντίδραση και συγκέντρωση του χρήστη, καθώς και την κατάλληλη, εν τέλει, σχεδίασή τους.
4. Οι χαρακτήρες μπορούν να απεικονισθούν σε πραγματικό χρόνο μέσω καθημερινού tablet.  
Καθώς, πλέον, οι περισσότερες εφαρμογές περιήγησης σε χώρους πολιτισμικής κληρονομιάς που χρησιμοποιούν επαυξημένη πραγματικότητα, αξιοποιούν φορητές συσκευές για την επιθυμητή απόδοση, και ενώ τα κινητά τηλέφωνα έχουν πολύ μικρή οθόνη, κατάλληλη κρίνεται η χρήση tablet.
5. Η σχεδίαση των χαρακτήρων επιτρέπει την κίνησή τους, χωρίς να παραμορφώνονται λόγω αυτής.  
Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενες ενότητες, η σωστή κατάταξη της τοπολογίας των πολυγώνων που χρησιμοποιούν τα 3D προγράμματα είναι κρίσιμη, καθώς έτσι είναι δυνατό να αποδοθεί κίνηση στους χαρακτήρες, χωρίς αυτοί να παραμορφώνονται με ανεπιθύμητο τρόπο.
6. Οι χαρακτήρες λειτουργούν ως διηγητές σχετικών ιστοριών.  
Η μέθοδος αλληλεπίδρασης και περιήγησης που επιλέχθηκε για την συγκεκριμένη εφαρμογή είναι η διήγηση ιστοριών, καθώς το Αρχοντικό “Κοής” αποτελεί χώρο πολιτισμικής κληρονομιάς με πλούσια ιστορική αξία, ενώ ταυτόχρονα αποτελεί χώρο μικρού μεγέθους που καθιστά την ύπαρξη ξεναγού περιττή.
7. Οι χαρακτήρες συνδέονται με το χώρο.  
Όπως παρατηρήθηκε και στην ενότητα του “Related Work”, η σύνδεση των χαρακτήρων με τον χώρο ολοκληρώνει πιο αποτελεσματικά την εμπειρία του επισκέπτη, καθώς συμβάλλει στο να τους θεωρήσει μέρος της πολιτισμικής κληρονομιάς του.
8. Το ντύσιμο των χαρακτήρων αντιπροσωπεύει την κοινωνική τους τάξη και εποχή.  
Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, η ενδυμασία των χαρακτήρων αποτελεί αναγνωριστικό στοιχείο για τομείς όπως η κοινωνική τάξη, η εποχή στην οποία έζησαν, θρησκεία, επάγγελμα κ.α., τομείς αλληλένδετοι με την πολιτιστική κληρονομιά ενός τόπου.

Λαμβάνοντας υπ’ όψη τις παραπάνω προδιαγραφές, αποφασίστηκε πως οι 7 χαρακτήρες που θα σχεδιαστούν, θα είναι συνδυασμένοι σε 2 ζευγάρια και μία τριάδα, οι οποίοι θα περιγράφουν τα ήδη αναθετημένα σενάρια. Το κάθε ζευγάρι θα έχει διαφορετική σύνδεση με το χώρο, με σκοπό να βρεθεί το κατάλληλο επίπεδο σύνδεσης που πρέπει να έχουν με αυτόν, έτσι ώστε οι χρήστες να τους βιώσουν ως μέρος της πολιτιστικής κληρονομιάς του, ενώ όλοι τους θα σχεδιαστούν με πιο ρεαλιστική προσέγγιση. Τέλος, για τους σκοπούς της μελέτης με χρήστες, τα σχεδιαστικά στυλ των χαρακτήρων θα διαφοροποιηθούν, απόφαση η οποία θα συμβάλει στην παραγωγή συμπεράσματος σχετικά με την κατάλληλη σχεδίαση της εξωτερικής τους

εμφάνισης, των ενδυμάτων τους, αλλά και επιπλέον λεπτομερειών που μπορεί να κριθούν σημαντικές.

#### 4.3.2. Χαρακτήρες

Σκοπός της ενότητας αυτής είναι να αναλυθούν οι χαρακτήρες που δημιουργήθηκαν για την μελέτη περίπτωσης, καθώς και η σύνδεσή τους με το χώρο:

##### 4.3.2.1. Εισαγγελέας, Νομάρχης και Μαρίνα

Η θεατρική παράσταση “Η Μεγάλη Χίμαιρα”, εμπνευσμένη από το ομώνυμο μυθιστόρημα του Μ. Καραγάτση, συμπεριλαμβάνει πολλαπλές σκηνές οι οποίες αναπαριστούν εσωτερικούς χώρους αρχοντικών της Ερμούπολης. Σε κάποιες από αυτές, υπάρχει ο χαρακτήρας του εισαγγελέα, ο οποίος συζητά με τον χαρακτήρα του νομάρχη για την εμφάνιση των αρχοντικών της Σύρου, καθώς και από που προέρχεται ο πλούτος της. Ταυτόχρονα, φαίνεται ο χαρακτήρας της Μαρίνας, της πρωταγωνίστριας, η οποία ακούει την συζήτησή τους και αντιδράει ανάλογα. Έτσι, οι χαρακτήρες αυτοί αποτέλεσαν την τριάδα που θα απεικονίζεται στην εφαρμογή, λόγω της σύνδεσης τους με παρόμοιο χώρο. Επιπλέον, σημαντικό είναι να σημειωθεί πως, καθώς στην θεατρική παράσταση οι χαρακτήρες φορούν επίσημη ενδυμασία του 1930, αποδόθηκε ίδιου είδους ενδυμασία και στους ψηφιακούς χαρακτήρες. Τέλος, το στυλ σχεδίασης που επιλέχθηκε για τους χαρακτήρες της εφαρμογής της αξιολόγησης, είχε ως αποτέλεσμα την απεικόνισή τους με πολύ μεγάλο κεφάλι και μικρό σώμα, ενώ οι λεπτομέρειες παρέμειναν περιορισμένες.

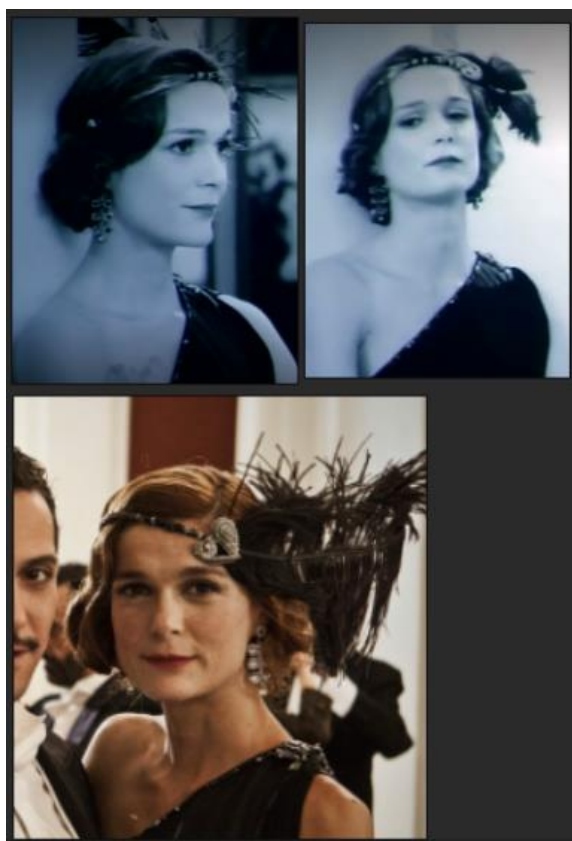
##### 4.3.2.2. Ερμής και Κολοκοτρώνης

Με βάση την οροφωγραφία που βρίσκεται στο ταβάνι του Αρχοντικού “Κοής”, η οποία απεικονίζει κάποιους από τους θεούς του Ολύμπου, αλλά και ήρωες της Ελληνικής επανάστασης, σχεδιάστηκαν οι χαρακτήρες του Ερμή και του Κολοκοτρώνη. Πιο συγκεκριμένα, καθώς η Ερμούπολη έχει πάρει το όνομά της από τον θεό του εμπορίου (Ερμή), λόγω της ανεπτυγμένης βιομηχανίας της και καθώς ο Κολοκοτρώνης αποτελεί έναν από τους πιο γνωστούς ήρωες της Ελληνικής επανάστασης, δόθηκε η ευκαιρία να ελεγχθεί η σύνδεση των χαρακτήρων με τον χώρο, μέσω άλλου περιεχομένου από αυτό του προηγούμενου ζευγαριού. Επιπλέον, όσον αφορά την εφαρμογή της αξιολόγησης, οι χαρακτήρες σχεδιάστηκαν με αναλογίες που αντιπροσωπεύουν περισσότερο αυτές ενός πραγματικού ανθρώπινου σώματος, διατηρώντας, όμως, την προσέγγιση των καρτούν, διαδικασία στην οποία συνέβαλε η προσθήκη περισσότερων λεπτομερειών από αυτές του προηγούμενου ζευγαριού.

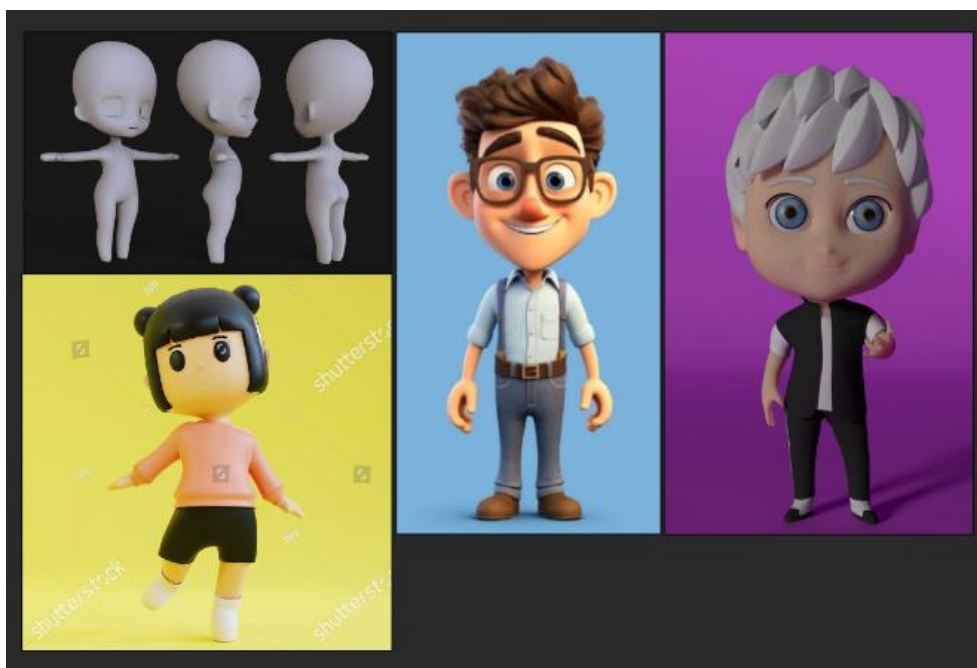
##### 4.3.2.3. Δήμαρχος Βαφιαδάκης και γιαγιά οικογένειας Κοή

Μέσα στον χώρο του αρχοντικού, υπάρχει το πορτραίτο της γιαγιάς, η οποία αποτελεί το πρώτο μέλος της οικογένειας Κοή που έφτασε στο νησί της Σύρου μετά την δίωξη των ανθρώπων της Χίου από την πατρίδα τους. Ο δήμαρχος Βαφιαδάκης, ο οποίος μοιράζεται αυτή την εμπειρία με





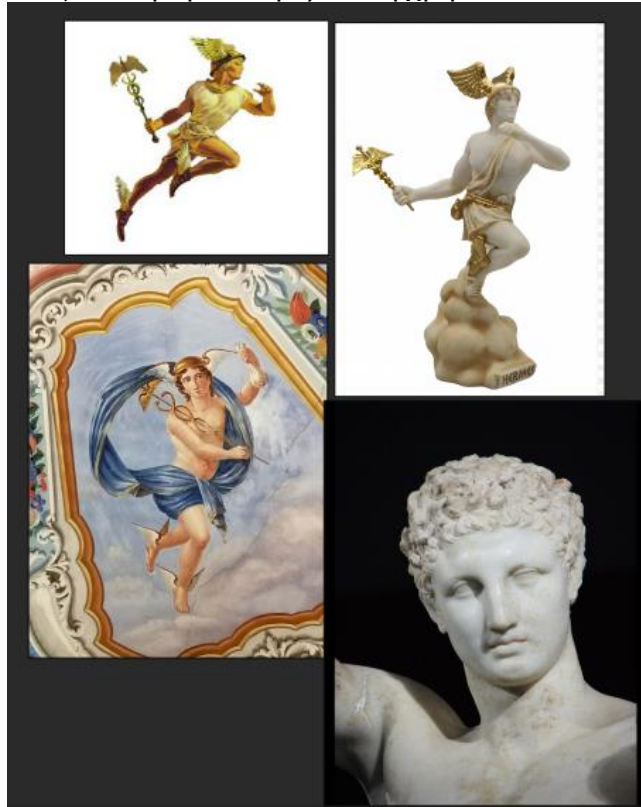
Εικόνα 4.5. Moodboard που δημιουργήθηκε ως αναφορά για την εμφάνιση του χαρακτήρα της Μαρίνας



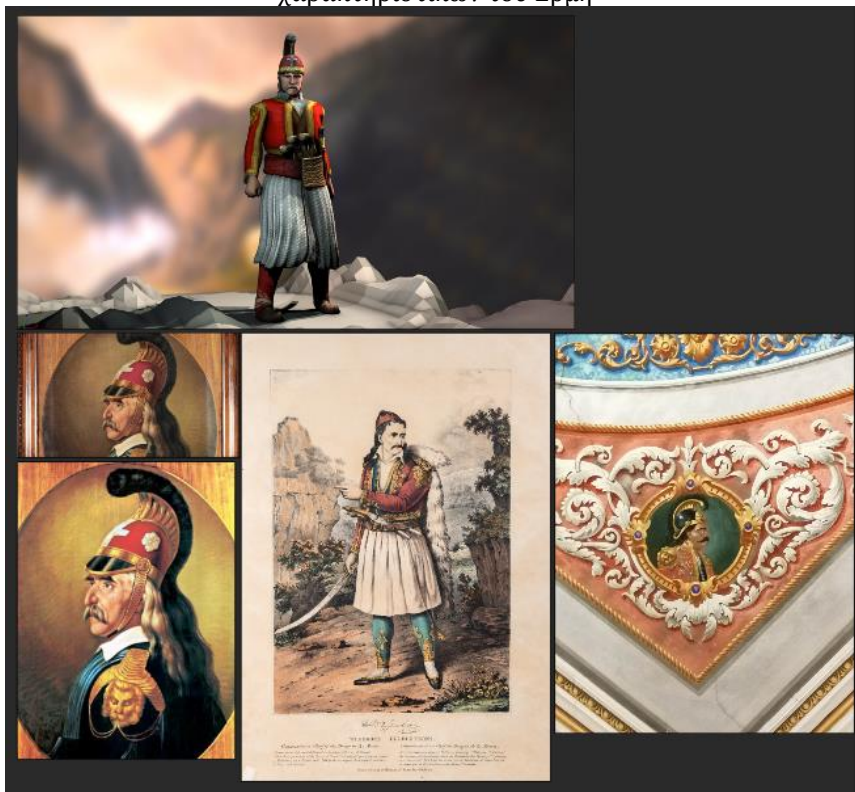
Εικόνα 4.6. Moodboard που δημιουργήθηκε για την εξερεύνηση και απόδοση του σχεδιαστικού στυλ του πρώτου ζευγαριού για την περίπτωση της αξιολόγησης

Αργότερα, όσον αφορά το δεύτερο ζευγάρι (Ερμής και Κολοκοτρώνης), έγινε επίσκεψη στον χώρο που αποτελεί την μελέτη περίπτωσης αυτής της διπλωματικής εργασίας και συλλέχθηκαν φωτογραφίες από την οροφωγραφία, οι οποίες αποτέλεσαν αναφορά για την σχετική σχεδίαση των χαρακτήρων αυτών. Ταυτόχρονα, συλλέχθηκε επιπλέον υλικό από αγάλματα που

απεικονίζουν τον Ερμή, καθώς και πορträίτα του Κολοκοτρώνη. Ακολούθησε η δημιουργία moodboard για την απόδοση του επιθυμητού στυλ σχεδίασης για την εφαρμογή που αξιοποιήθηκε στην μελέτη χρηστών.



Εικόνα 4.7. Moodboard που δημιουργήθηκε για την εύρεση κατάλληλης απόδοσης των χαρακτηριστικών του Ερμή



Εικόνα 4.8. Moodboard που δημιουργήθηκε για την εύρεση κατάλληλης απόδοσης των χαρακτηριστικών και της ενδυμασίας του Κολοκοτρώνη





Εικόνα 4.9. Moodboard που συλλέχθηκε για την εξερεύνηση και απόδοση του σχεδιαστικού στυλ του δεύτερου ζευγαριού για την περίπτωση της αξιολόγησης

Τέλος, για το τρίτο ζευγάρι, η μοναδική αναφορά που υπήρχε σχετικά με την εμφάνιση της γιαγιάς της οικογένειας Κοή, ήταν ένα πορτραίτο, τοποθετημένο σε έναν από τους τοίχους του Αρχοντικού που αποτελεί την μελέτη περίπτωσης. Όσον αφορά τον δήμαρχο Βαφιαδάκη, υπήρξαν πολλαπλές πηγές, σημαντικότερη από τις οποίες αποτέλεσε ένα άγαλμα τοποθετημένο στο εσωτερικό του δημαρχείου της Ερμούπολης, ενώ το στυλ του ζευγαριού αυτού δεν τροποποιήθηκε στην εφαρμογή της μελέτης χρηστών, καθώς ήταν επιθυμητό να βρεθεί η ανταπόκριση των χρηστών σε αυτό.



Εικόνα 4.10. Πορταίτο της γιαγιάς της οικογένειας Κοή, τοποθετημένο στο εσωτερικό του Αρχοντικού “Κοής”



Εικόνα 4.11. Αγαλμα του δήμαρχου Βαφιαδάκη, τοποθετημένο στο εσωτερικό του δημαρχείου Ερμούπολης

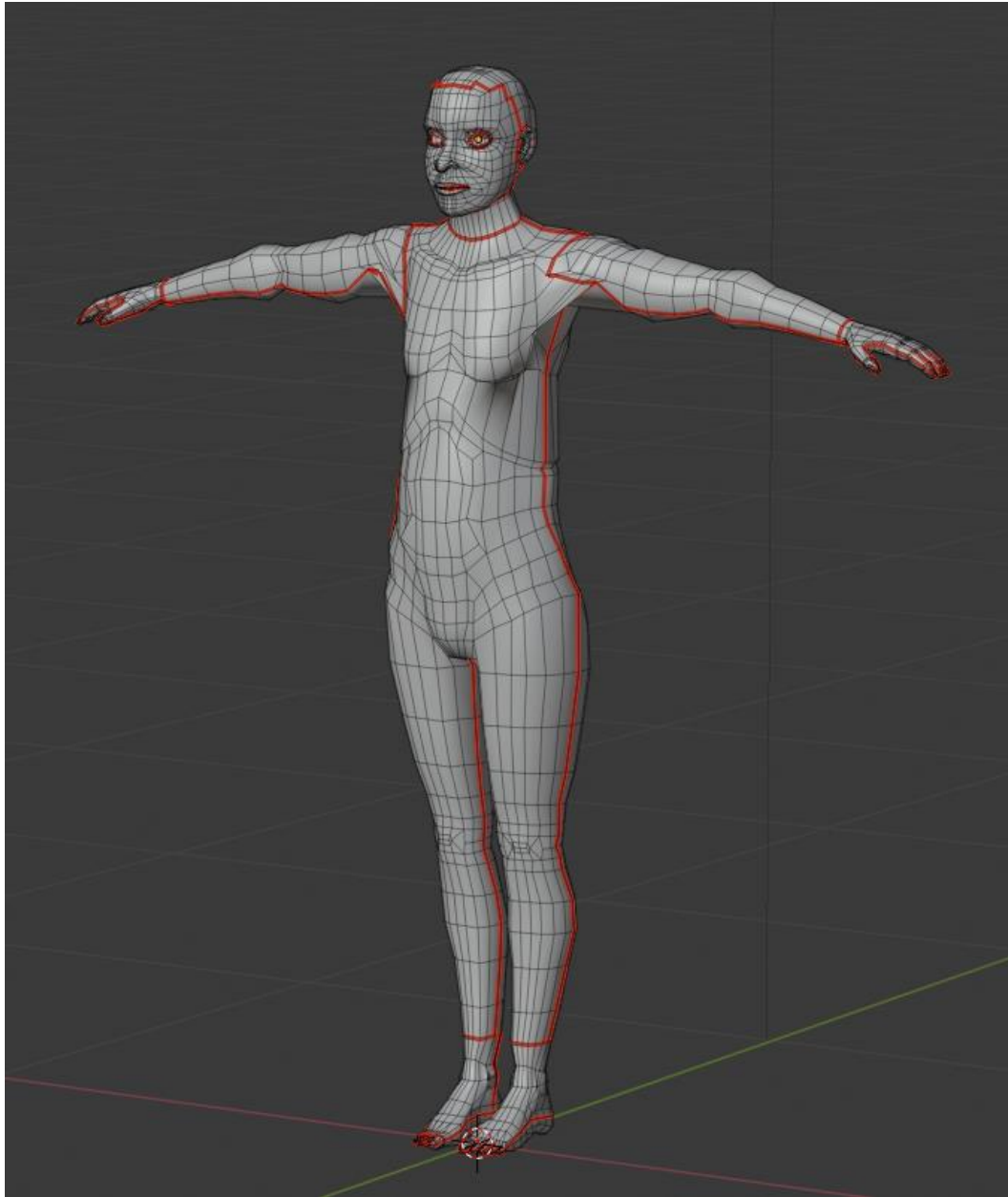
Αργότερα, αφού συλλέχθηκαν οι κατάλληλες εικόνες-αναφορές, ξεκίνησε η δημιουργία των χαρακτήρων στο πρόγραμμα Blender, διαδικασία η οποία θα αναλυθεί πιο λεπτομερειακά στην ενότητα του “Prototyping”. Γενικά μιλώντας, δημιουργήθηκε το σώμα του κάθε χαρακτήρα ξεχωριστά, μέχρι να επιτευχθεί το επιθυμητό στυλ για τον κάθε ένα από αυτούς. Αργότερα, σχεδιάστηκαν τα ρούχα τους, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στην κοινωνική τάξη και εποχή στην οποία έζησε ο καθένας, ενώ ύστερα προστέθηκαν λεπτομέρειες όπως τα μαλλιά, τα φρύδια, οι βλεφαρίδες, τα δόντια και μούσια ή μουστάκια, σε όσους είχαν. Αφού ολοκληρώθηκε η διαδικασία της σχεδίασης, προστέθηκε στους χαρακτήρες ο “σκελετός” (rig), έτσι ώστε να καθίστανται δυνατό να τους αποδοθεί το animation. Έτσι, οι χαρακτήρες ήταν έτοιμοι να τοποθετηθούν στις αντίστοιχες εφαρμογές για τις οποίες δημιουργήθηκαν.

#### **4.4. Prototyping Χαρακτήρων για Εφαρμογή Μελέτης Περίπτωσης**

Η δημιουργία των χαρακτήρων πραγματοποιήθηκε στο πρόγραμμα Blender, το οποίο κρίθηκε κατάλληλο λόγω των ιδιοτήτων που προσφέρει, όχι μονάχα στον τομέα της 3D γεωμετρίας, αλλά και στον τομέα των υφών, των χρωματισμών και λειτουργίες rigging.

Προτού, όμως, ξεκινήσει η διαδικασία της δημιουργίας τους, κρίσιμο ήταν να μελετηθούν οι δυνατότητες που προσφέρουν οι τεχνολογίες οι οποίες θα αξιοποιηθούν στην Μελέτη Περίπτωσης. Καθώς, λοιπόν, για την απεικόνιση των χαρακτήρων θα γίνει χρήση καθημερινού tablet, ιδιαίτερα σημαντικό είναι αυτοί να σχεδιαστούν με όσο πιο απλή γεωμετρία γίνεται, έτσι ώστε να είναι δυνατό για την συσκευή να τους αναπαράγει σε πραγματικό χρόνο. Ταυτόχρονα, με σκοπό να αποφευχθούν ανεπιθύμητες παραμορφώσεις στην γεωμετρία των χαρακτήρων κατά την εισαγωγή animation, πρέπει αυτή να είναι αρκετά λεπτομερής. Έτσι, συμπεραίνουμε πως είναι κρίσιμο να βρεθεί η κατάλληλη ποσότητα γεωμετρίας από την οποία αποτελούνται οι χαρακτήρες, με σκοπό να είναι δυνατό να αναπαραχθεί το επιθυμητό περιεχόμενο σε πραγματικό χρόνο, χωρίς όμως να προκύψουν παραμορφώσεις κατά την κίνησή τους.

Έτσι, αφού παράχθηκε το τελικό concept του κάθε χαρακτήρα, ξεκίνησε η δημιουργία τους στο πρόγραμμα. Αρχικά, με την μέθοδο που ονομάζεται “box modeling”, δημιουργήθηκε η βασική γεωμετρία για τα σώματα των χαρακτήρων, χωρίς να ενταχθούν πολλές λεπτομέρειες. Σε αυτό το στάδιο, η γεωμετρία παραμένει απλή, ενώ δίνεται περισσότερη βάση στις κατάλληλες αναλογίες του σώματος. Σημαντικό είναι, επίσης, να σημειωθεί πως η δημιουργία του χαρακτήρα ξεκινάει από την στάση “T-rose”, δηλαδή έχοντας τα χέρια απλωμένα στο πλάι του σώματος και μακριά από αυτό, καθώς έτσι δίνεται η δυνατότητα για εύκολες διορθώσεις και προσθήκες.



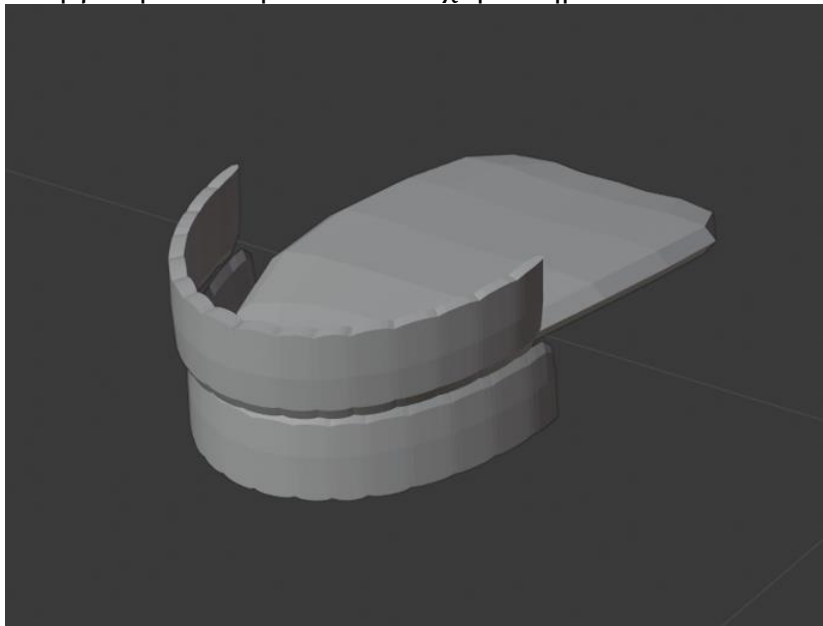
Εικόνα 4.12. Η βασική γεωμετρία του σώματος του Εισαγγελέα

Αργότερα, προστίθενται περισσότερη γεωμετρία, με σκοπό αυτή να αντιπροσωπεύει την λεία εμφάνιση του δέρματος, αλλά και να επωφεληθεί η εισαγωγή λεπτομερειών όπως τα χέρια και τα δάχτυλα, ενώ ταυτόχρονα, μέσω sculpting και editing, γίνονται πιο ξεκάθαρες οι λεπτομέρειες της μύτης, του στόματος και των ματιών.



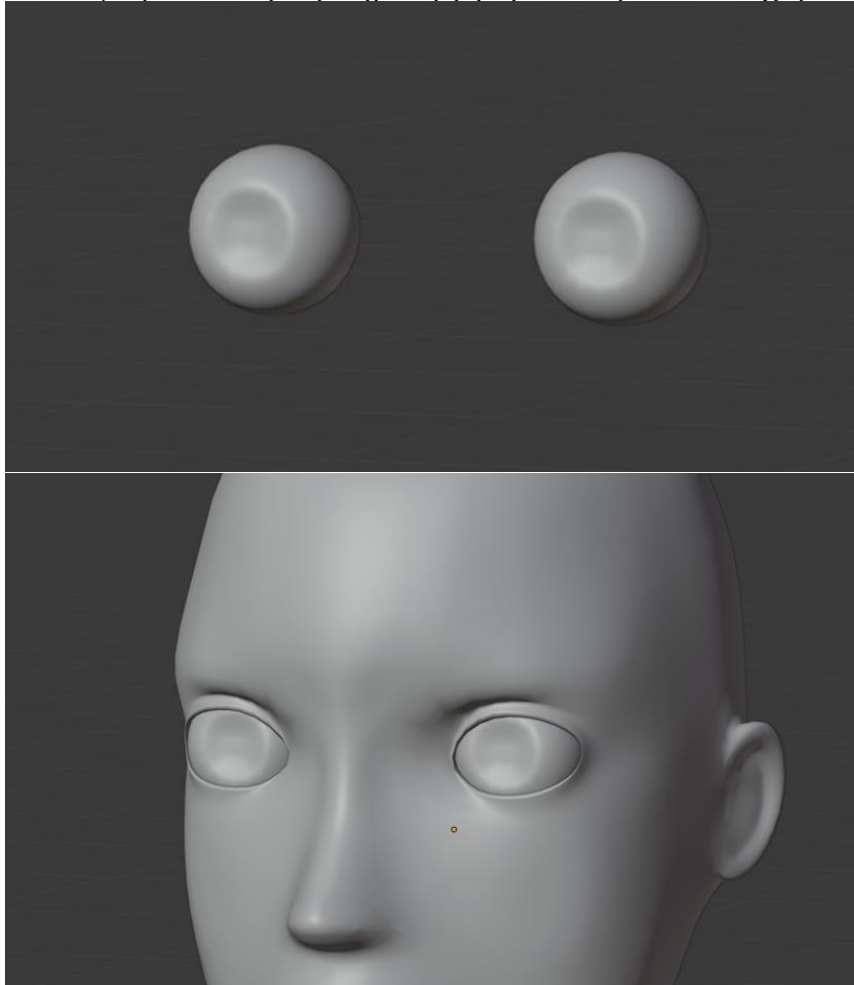
Εικόνα 4.13. Το σώμα του χαρακτήρα του Εισαγγελέα, μετά την προσθήκη επιπλέον γεωμετρίας

Ύστερα, δημιουργήθηκαν τα δόντια και η γλώσσα των χαρακτήρων, χωρίς όμως να είναι μέρος του ίδιου "object" με αυτό του σώματος, απόφαση που λήφθηκε για την διευκόλυνση του animation και των εκφράσεων που θα προστεθούν αργότερα στα πρόσωπα των χαρακτήρων.



Εικόνα 4.14. Μοντέλο των δοντιών και γλώσσας που χρησιμοποιήθηκε σε όλους τους χαρακτήρες

Ακολουθώντας την ίδια λογική, δημιουργήθηκαν τα μάτια των χαρακτήρων.



Εικόνα 4.15. Τα μάτια που δημιουργήθηκαν για τα μοντέλα των χαρακτήρων

Με την ολοκλήρωση αυτού του βήματος, άρχισαν να προστίθενται λεπτομέρειες προσώπου όπως βλεφαρίδες, φρύδια και μούσια ή μουστάκια, για όσους χαρακτήρες είχαν. Για την αποτελεσματικότερη απόδοση εκφράσεων προσώπου, τα χαρακτηριστικά αυτά δεν εισάχθηκαν στο σώμα του χαρακτήρα, παρά μόνο δημιουργήθηκαν και αργότερα, μέσω rigging, το ακολουθούσαν.



Εικόνα 4.16. Ο χαρακτήρας του Εισαγγελέα, αφού προστέθηκαν τα φρύδια, οι βλεφαρίδες, το μούσι και το μουστάκι του

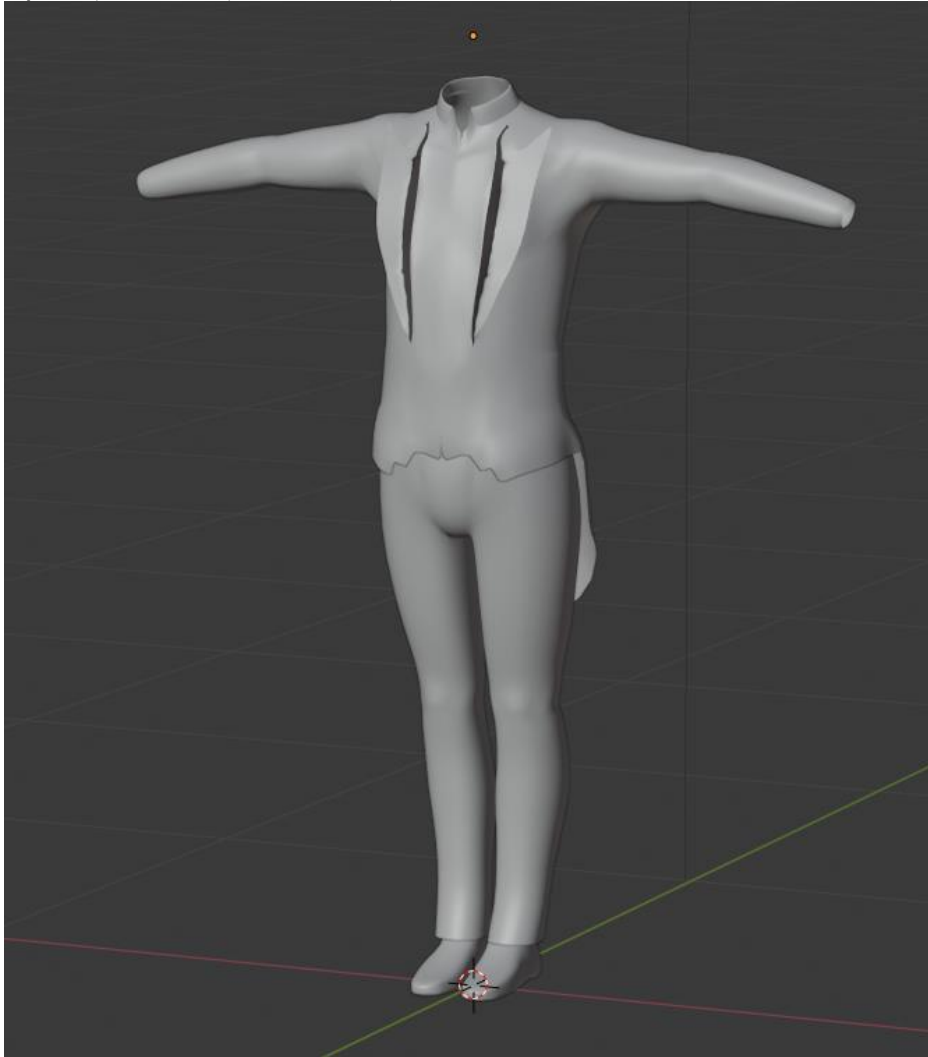
Αργότερα, σχεδιάστηκαν τα μαλλιά του κάθε χαρακτήρα, ενώ και αυτά παρέμειναν ως διαφορετικό "object" από το υπόλοιπο σώμα.



Εικόνα 4.17. Ο χαρακτήρας του Εισαγγελέα, αφού προστέθηκαν τα μαλλιά

Αφού σχεδιάστηκαν όλα αυτά τα χαρακτηριστικά, διαφορετικά για τον κάθε χαρακτήρα, ξεκίνησε η διαδικασία της σχεδίασης των ρούχων τους. Ακολουθώντας τις προδιαγραφές, δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην εποχή την οποία αντιπροσωπεύουν οι χαρακτήρες, καθώς και την κοινωνική τους τάξη. Δόθηκε, επίσης, ιδιαίτερη έμφαση στις αποδόσεις των χαρακτήρων που

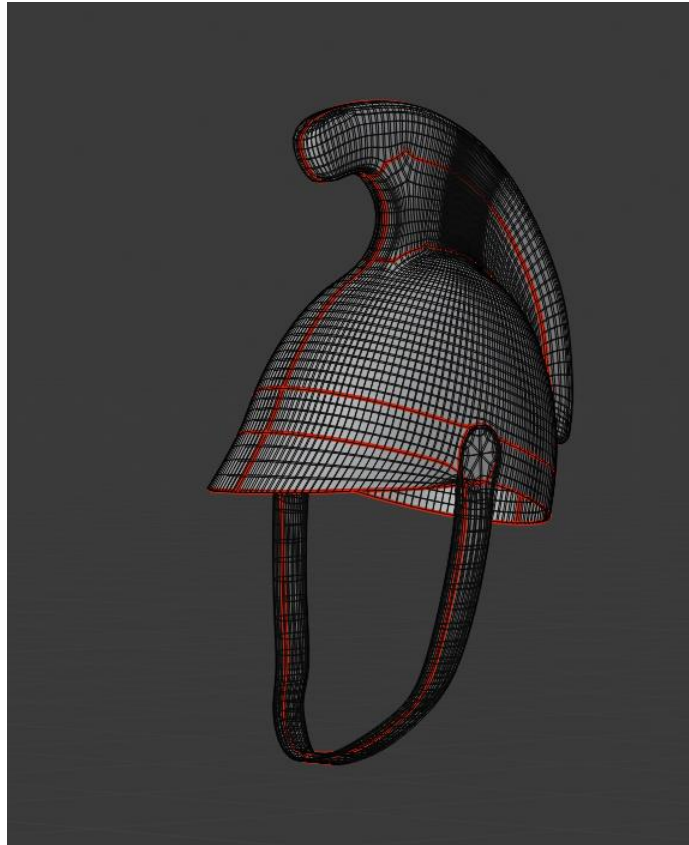
απεικονίζονται μέσα στον χώρο του Αρχοντικού, με σκοπό την ευκολότερη σύνδεσή τους από τους επισκέπτες.



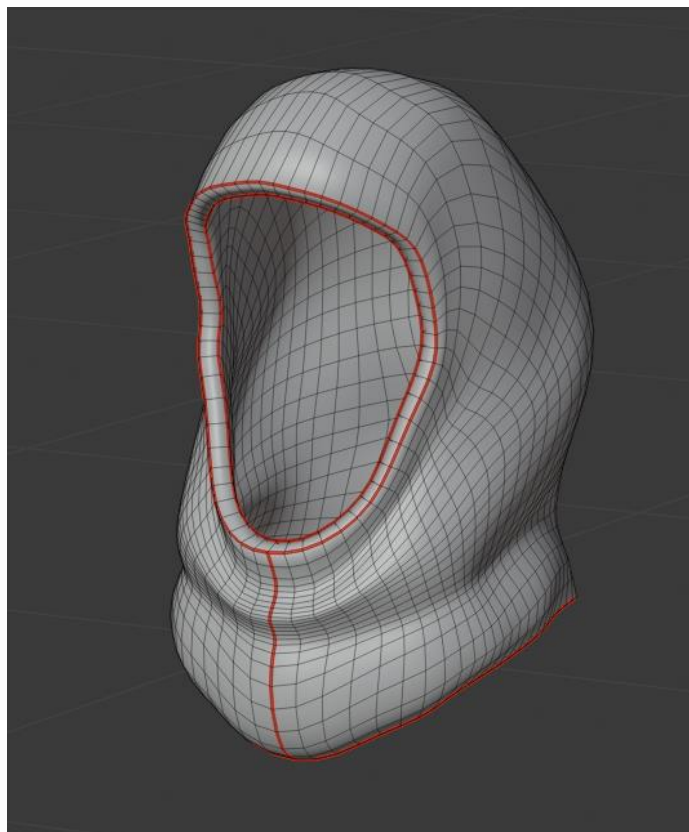
Εικόνα 4.18. Τα ρούχα και παπούτσια του χαρακτήρα του Εισαγγελέα

Ύστερα, παρατηρήθηκε πως στην περίπτωση κάποιων χαρακτήρων, αποτέλεσαν χαρακτηριστικά στοιχεία κάποια αντικείμενα που φορούσαν στο κεφάλι τους. Έτσι, τοποθετήθηκαν πάνω από τα μαλλιά, τα κράνη και οι μαντίλες σε όσους αναλογούσαν.



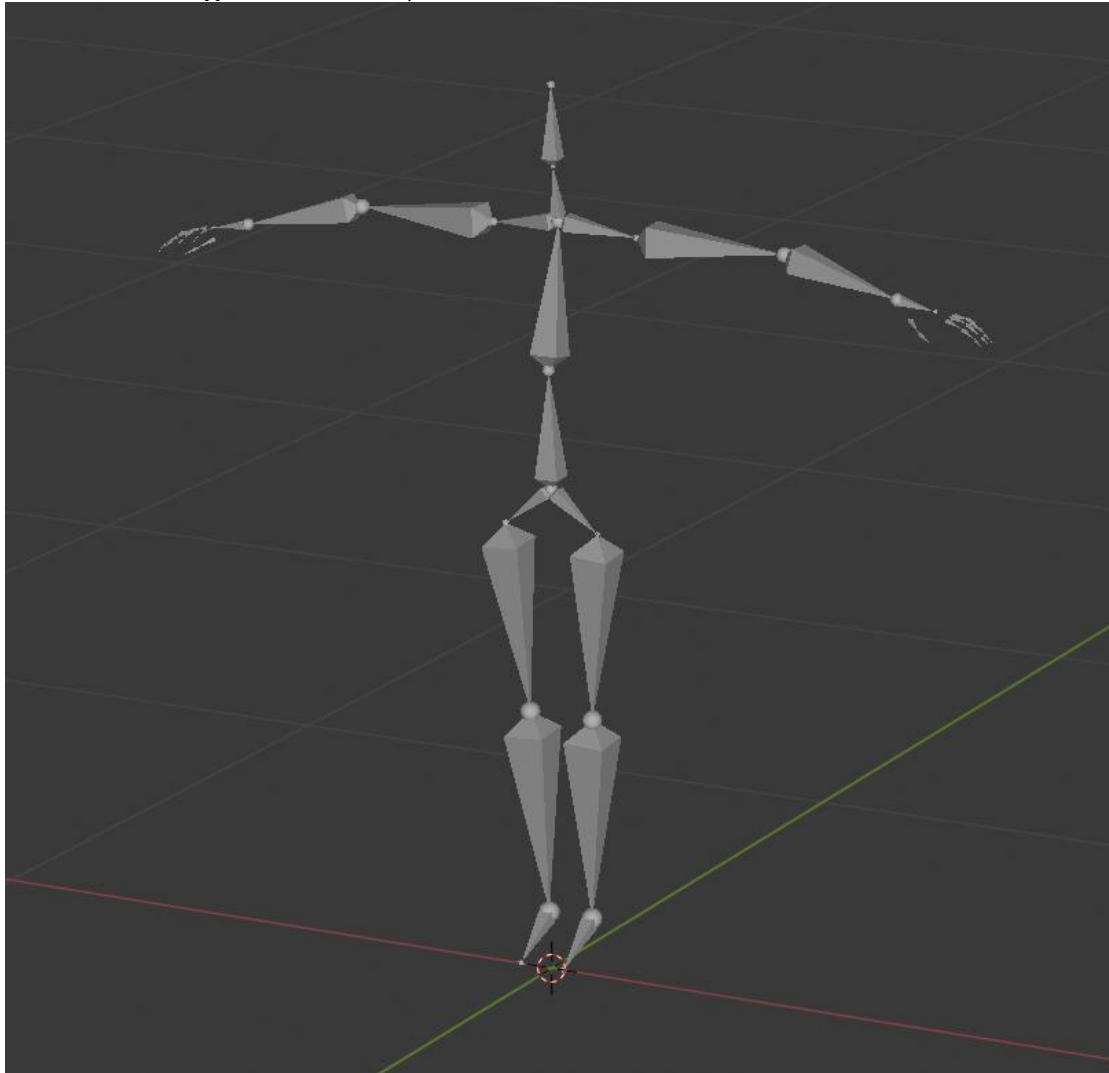


Εικόνα 4.19. Το κράνος του χαρακτήρα Κολοκοτρώνη



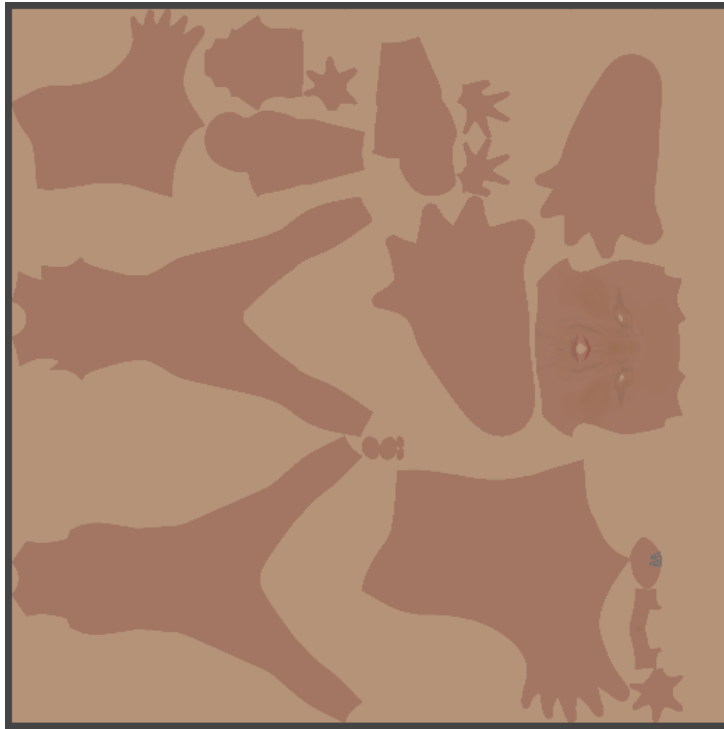
Εικόνα 4.20. Η μαντίλα του χαρακτήρα της Γιαγιάς

Αφού τελείωσε και η διαδικασία του modeling για τους χαρακτήρες και των αναγνωριστικών ενδυμασιών τους, ακολούθησε η διαδικασία που ονομάζεται rigging, δηλαδή η προσθήκη ψηφιακού “σκελετού”, με σκοπό να αποδοθεί η κίνηση στους χαρακτήρες. Αρχικά, λοιπόν, δημιουργήθηκε ο ψηφιακός “σκελετός”, προσαρμοσμένος στο σώμα του κάθε χαρακτήρα ξεχωριστά. Αργότερα, το σώμα “συνδέθηκε” με τον σκελετό μέσω parenting, μία διαδικασία η οποία έχει ως αποτέλεσμα το ένα “object” να ακολουθεί τις κινήσεις του άλλου, ενώ αυτή αξιοποιήθηκε σε όλα τα λοιπά χαρακτηριστικά (π.χ. μαλλιά, βλεφαρίδες) και ρούχα των χαρακτήρων. Η διαδικασία αυτή, είχε ως αποτέλεσμα την δυνατότητα απόδοσης κίνησης στον χαρακτήρα, καθώς και όλων των στοιχείων που τους συνοδεύουν.

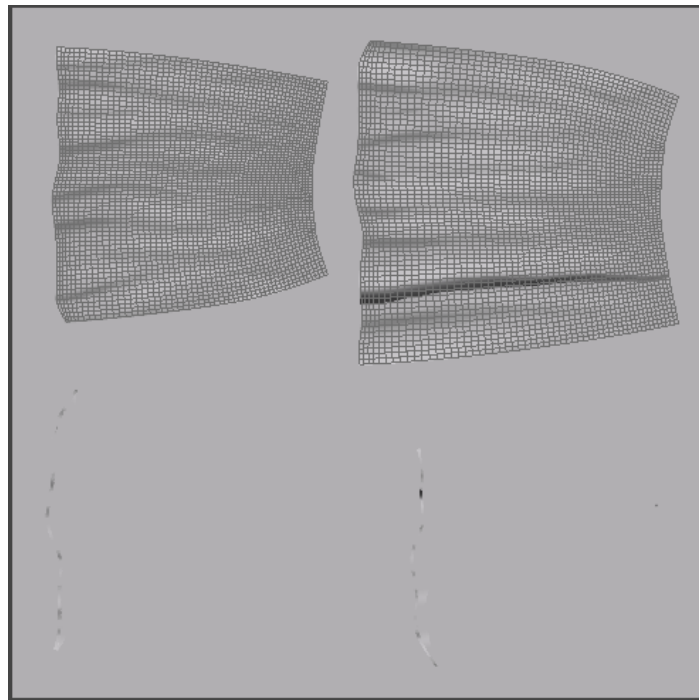


Εικόνα 4.21. Βασικός ψηφιακός “σκελετός” που χρησιμοποιήθηκε στα σώματα των χαρακτήρων

Στη συνέχεια, ξεκίνησε η διαδικασία του “texturing”. Το πρώτο βήμα για να αποδοθούν οι υφές στην γεωμετρία, είναι να διαχωριστούν τα μέρη της, έτσι ώστε να τοποθετηθούν σε έναν επίπεδο χάρτη (texture map), ο οποίος αργότερα θα βαφεί από τον δημιουργό. Αυτό το βήμα αξιοποιήθηκε σε όλα τα διαφορετικά “objects” που αποτελούν τον κάθε χαρακτήρα, δηλαδή το σώμα, τα ρούχα, τα μαλλιά και τα χαρακτηριστικά του προσώπου όπως το μούσι.

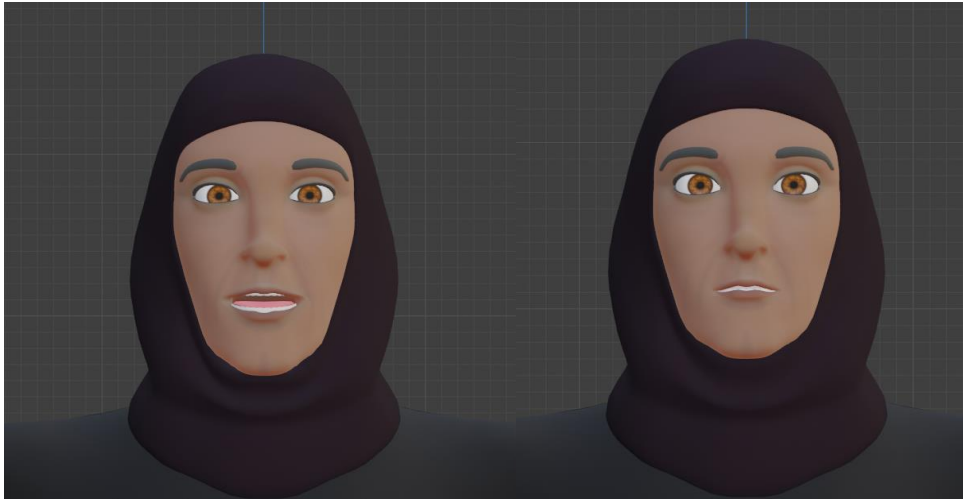


Εικόνα 4.22. Texture map του δέρματος του χαρακτήρα της Γιαγιάς



Εικόνα 4.23. Texture map της φούστας του χαρακτήρα του Κολοκοτρώνη

Αφού αποδόθηκαν όλες οι υφές των “objects” που αποτελούν τους χαρακτήρες και αφού αυτά είχαν συνδεθεί με τον “σκελετό”, ήταν απαραίτητο να αποδοθούν κάποιες εκφράσεις προσώπου σε αυτούς, ώστε να δοθεί η δυνατότητα ρεαλιστικών κινήσεων μέσω lip-sync. Έτσι, εισάχθηκαν shapekeys στα πρόσωπά τους, τα οποία αποτελούν επεξεργασμένες παραμορφώσεις της γεωμετρίας, που χρησιμοποιούν ως βάση την έκφραση που έχει δημιουργηθεί ήδη, ενώ η έντασή τους μπορεί να ελεγχθεί (Loza Matovelle D., et.al., 2018).



Εικόνα 4.26. Ο χαρακτήρας της Γιαγιάς με εκφράσεις μέσω shapekeys (αριστερά) και η default έκφρασή της (δεξιά).

Έτσι, ολοκληρώθηκε η διαδικασία σχεδίασης των χαρακτήρων, ενώ όσον αφορά τις παραλλαγές τους, που εξηγούνται παρακάτω, ακολουθήθηκε παρόμοια προσέγγιση. Τέλος, εισάχθηκαν στην εφαρμογή για την οποία δημιουργήθηκαν, ενώ τους αποδόθηκε animation μέσω ήδη καταγεγραμμένου motion capture και ταυτόχρονα χρησίμευσαν τα shapekeys για τις εκφράσεις του προσώπου. Επιπλέον, μέσω των shapekeys αξιοποιήθηκε η δυνατότητα lip-sync, μέθοδος η οποία χρησιμοποιείται για τον συγχρονισμό των κινήσεων του στόματος με τον ήδη ηχογραφημένο διάλογο. Οι διάλογοι αυτοί ήταν σχετικοί με το χώρο και τους χαρακτήρες, ενώ η εφαρμογή ήταν ανεπτυγμένη έτσι, ώστε οι χαρακτήρες να ξεκινούν τον σχετικό διάλογο μονάχα όταν οι χρήστες τους πλησίαζαν.



Εικόνα 4.27. Οι χαρακτήρες Εισαγγελέας-Μαρίνα-Νομάρχης



Εικόνα 4.28. Οι χαρακτήρες Ερμής-Κολοκοτρώνης



Εικόνα 4.29. Οι χαρακτήρες Βαφιαδάκης-Γιαγιά

## 5. ΜΕΛΕΤΗ ΜΕ ΧΡΗΣΤΕΣ

Η μελέτη με χρήστες έλαβε μέρος σε μία από τις εργαστηριακές αίθουσες του Τμήματος Μηχανικών Σχεδίασης Προϊόντων και Συστημάτων του Πανεπιστημίου Αιγαίου, διεξάχθηκε στις 20/9/23 και 21/9/23 και συμμετείχαν 10 συνολικά φοιτητές του ίδιου τμήματος. Οι φοιτητές επιλέχθηκαν με βάση τις περιορισμένες γνώσεις που κατείχαν σχετικά με τα λεγόμενα των χαρακτήρων, με σκοπό να βρεθεί η επιρροή που είχε το κάθε ζευγάρι στην μεταφορά των πληροφοριών. Επιπλέον, οι συμμετέχοντες σκόπιμα επιλέχθηκαν με βάση την άνεσή τους με παρόμοιες εφαρμογές, έτσι ώστε να μην θεωρήσουν την εμπειρία εντελώς ξένη. Μόλις οι συμμετέχοντες έφταναν στην αίθουσα της αξιολόγησης, τους παρουσιάζονταν αναλυτικές φωτογραφίες του Αρχοντικού “Κοής”, καθώς υπό φυσιολογικές συνθήκες θα βίωναν την εφαρμογή ενώ βρίσκονται μέσα στο χώρο. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η εφαρμογή που αξιοποιήθηκε για τους σκοπούς της αξιολόγησης έδινε την επιλογή στον χρήστη να ελέγξει τα ζευγάρια των χαρακτήρων με οποιαδήποτε σειρά επιθυμούσε, ενώ οι χαρακτήρες ξεκινούσαν τον διάλογο μεταξύ τους όταν αυτός πλησίαζε.

### **5.1. Σκοπός**

Σκοπός της αξιολόγησης ήταν η παραγωγή συμπερασμάτων σχετικά με το κατάλληλο σχεδιαστικό στυλ των χαρακτήρων, καθώς και της κατανοητής σύνδεσής τους με το χώρο. Πιο συγκεκριμένα, η αξιολόγηση διεξάχθηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να βρεθεί ποια στυλ έκαναν τους χρήστες να νοιώθουν πιο άνετα, ποια είχαν το αντίθετο αποτέλεσμα, ποια τους ήταν εύκολο να προσέξουν το περιεχόμενο για το οποίο μιλούσαν και σε ποια αποδίδεται σωστά η απαραίτητη λεπτομέρεια. Επιπλέον, εξερευνήθηκε το επίπεδο σύνδεσης που είναι απαραίτητο να έχουν οι χαρακτήρες με τον χώρο, ώστε αυτή να είναι φανερή για τον επισκέπτη. Με λίγα λόγια, σκοπός της μελέτης με χρήστες ήταν να βρεθεί κατά πόσο οι χαρακτήρες πληρούσαν τις προδιαγραφές που τέθηκαν στην αρχή της δημιουργίας τους.

### **5.2. Prototyping Χαρακτήρων για Μελέτη με Χρήστες**

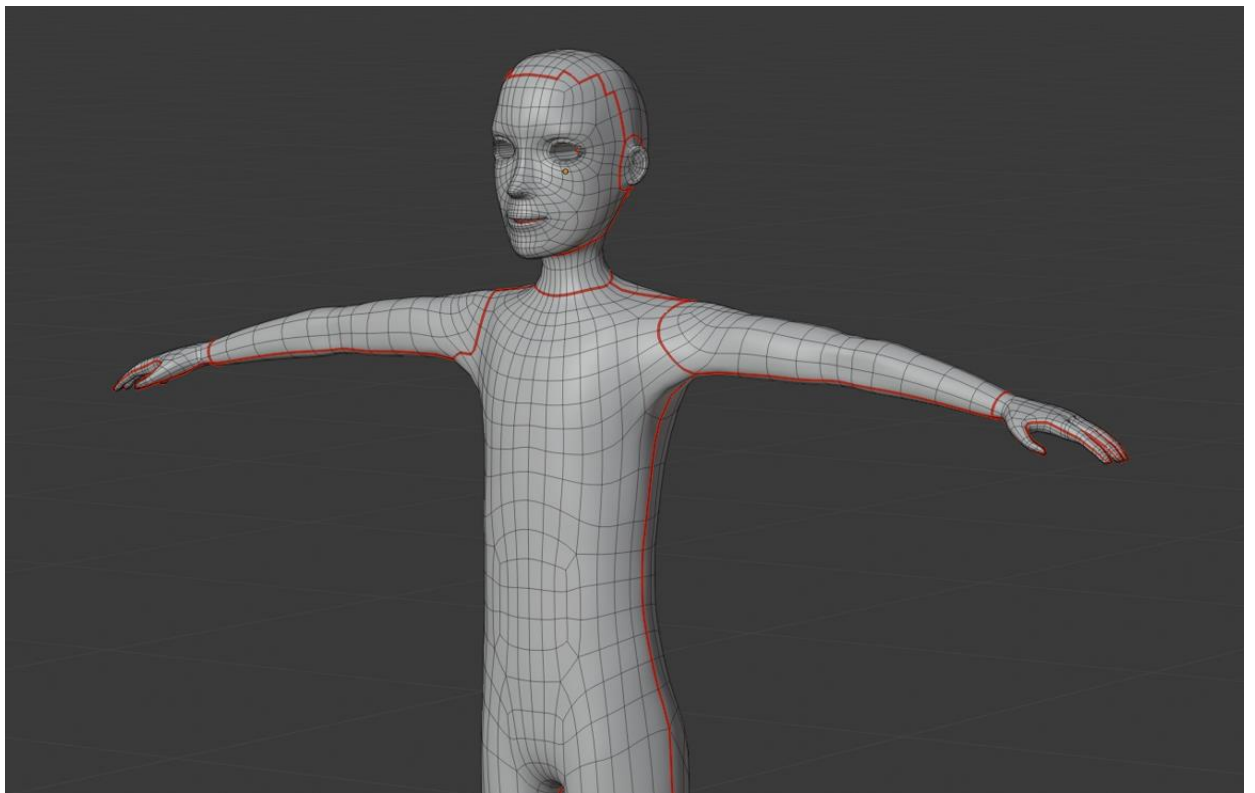
Η τροποποίηση του σχεδιαστικού στυλ των χαρακτήρων πραγματοποιήθηκε, όπως και η δημιουργία τους, στο πρόγραμμα Blender, λόγω των δυνατοτήτων και ευκολιών που προσφέρει το πρόγραμμα όπως περιεγράφηκαν παραπάνω.

Αφού, λοιπόν, δημιουργήθηκαν οι χαρακτήρες που αφορούσαν την σχεδίαση για την Μελέτη Περίπτωσης, κάποιοι από αυτούς αναπαραστάθηκαν με διαφορετικό στυλ σχεδίασης, με σκοπό, κατά την μελέτη με χρήστες, να παραχθούν συμπεράσματα που συνδέουν τα συναισθήματά των χρηστών με την εμφάνισή τους. Έτσι, ακολούθησε η ίδια διαδικασία δημιουργίας τους στο πρόγραμμα Blender, όπως αναπτύχθηκε και παραπάνω.

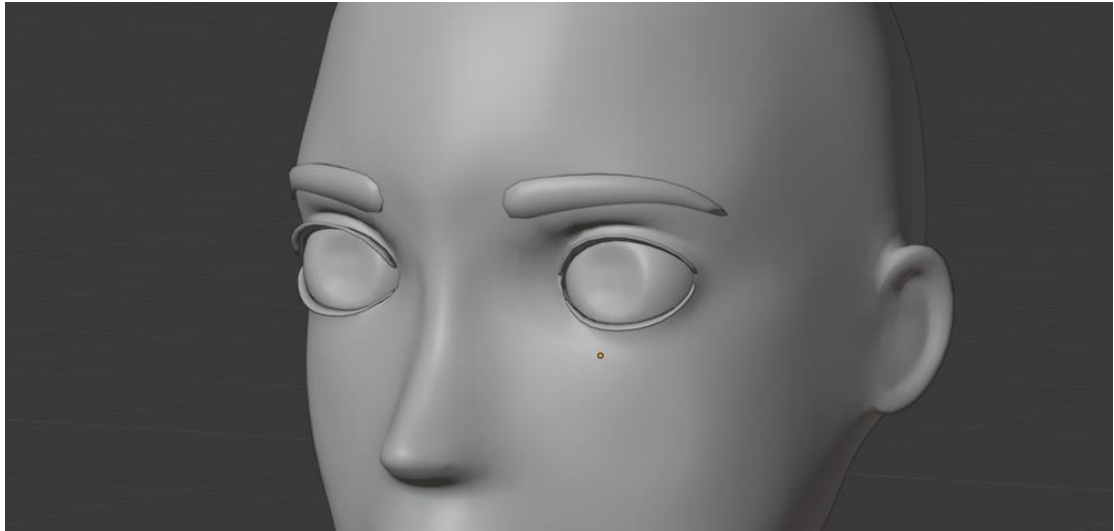
Επομένως, η διαδικασία ξεκίνησε από την ανάπτυξη της κύριας γεωμετρίας με έλλειψη των λεπτομερειών, ενώ αργότερα ακολούθησε η προσθήκη τους.



Εικόνα 4.30. Η βασική γεωμετρία του σώματος του χαρακτήρα του Ερμή



Εικόνα 4.31. Το σώμα του χαρακτήρα του Ερμή, μετά την εισαγωγή επιπλέον γεωμετρίας

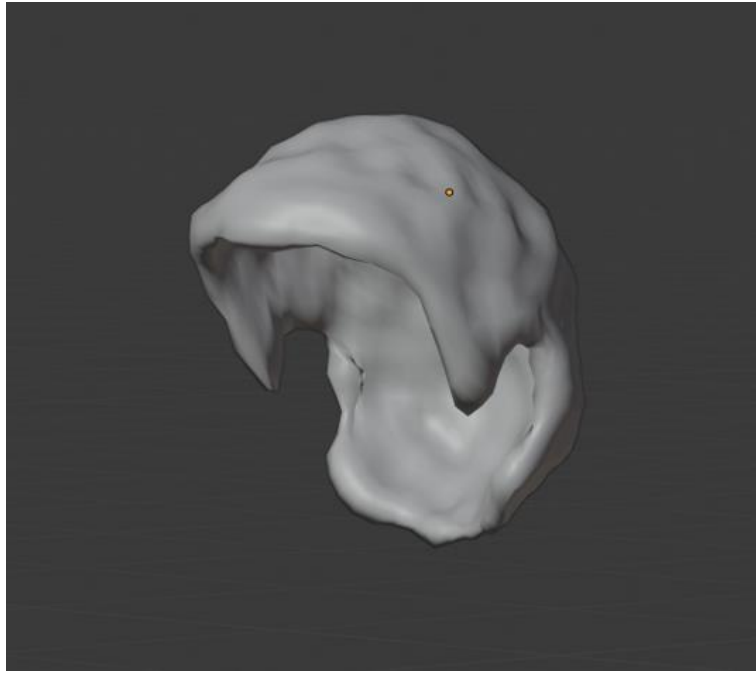


Εικόνα 4.32. Φρύδια και βλεφαρίδες στον χαρακτήρα του Ερμή

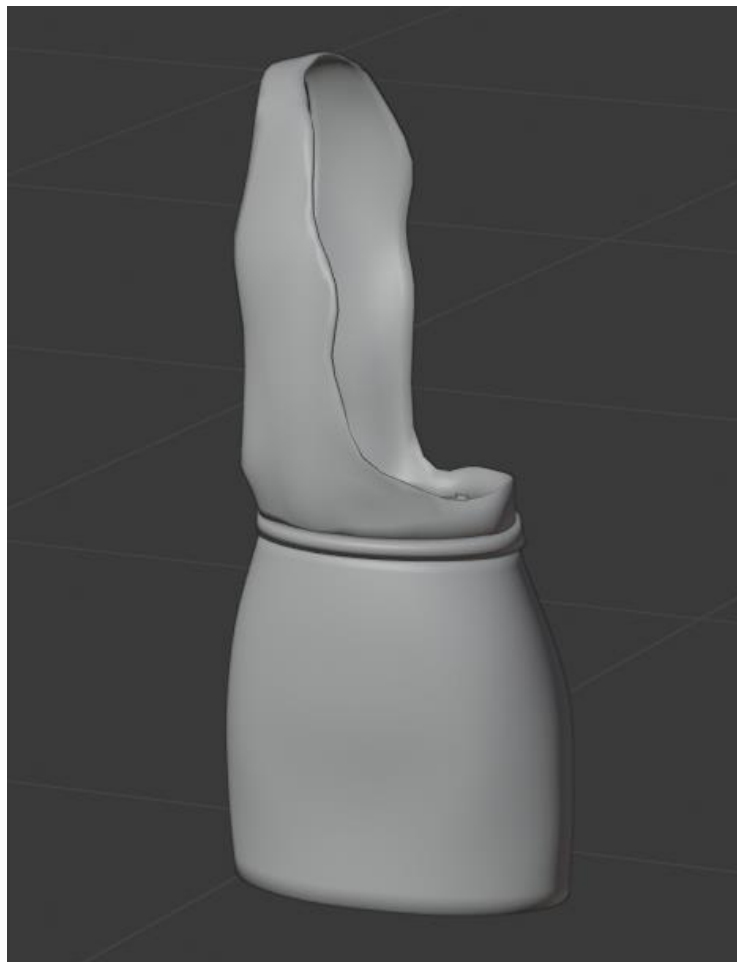


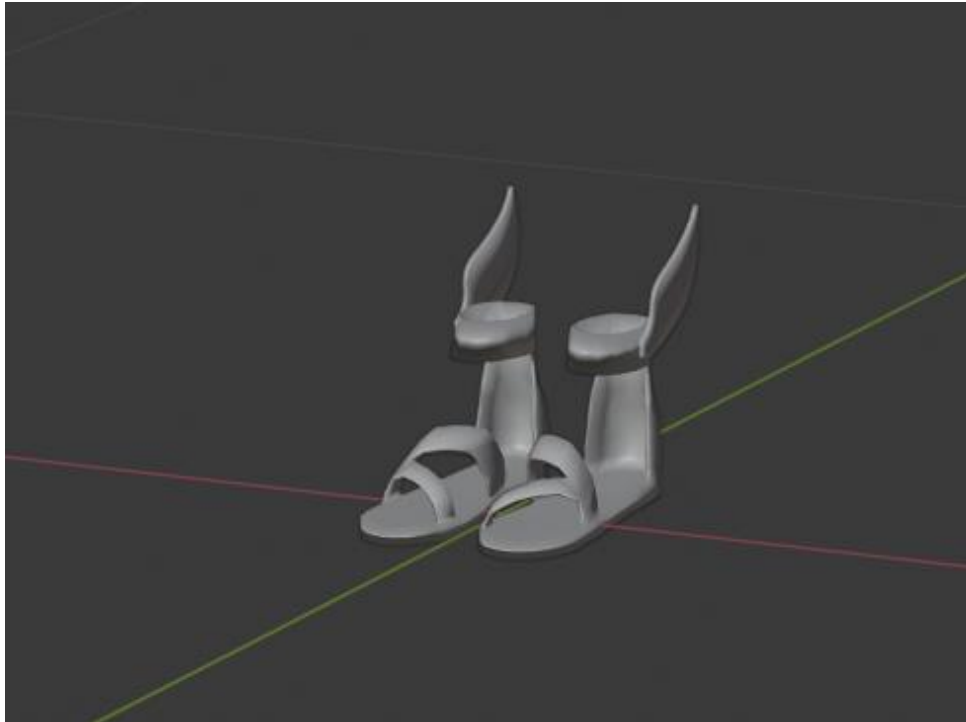
Εικόνα 4.33. Μούσι και μουστάκι στον χαρακτήρα του Εισαγγελέα



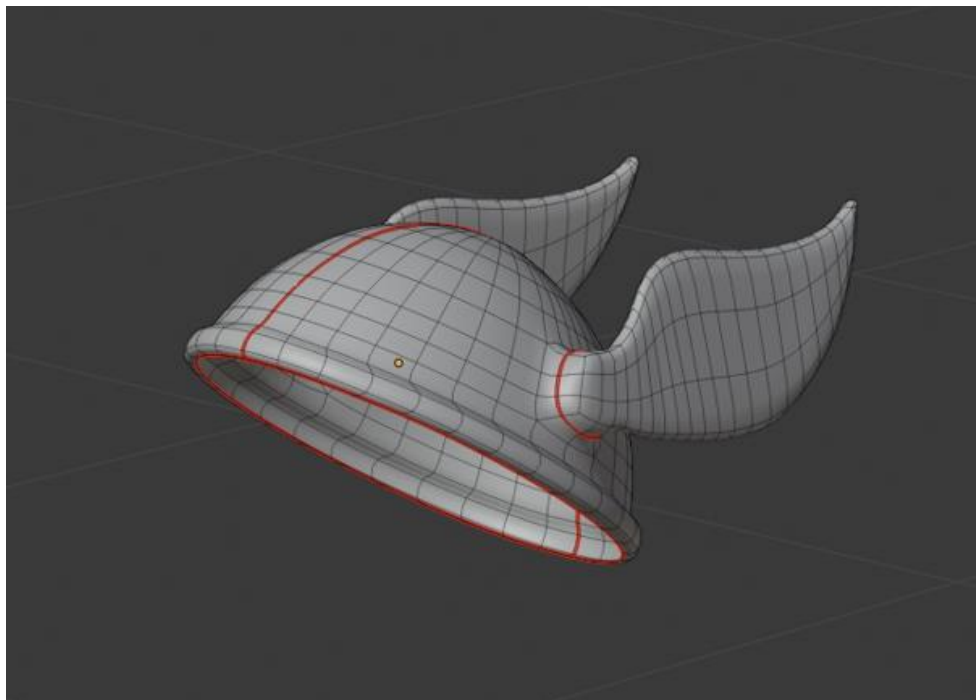


Εικόνα 4.34. Τα μαλλιά του χαρακτήρα Ερμή





Εικόνα 4.35. Τα ρούχα και παπούτσια του χαρακτήρα Ερμή



Εικόνα 4.36. Το κράνος του χαρακτήρα Ερμή



Εικόνα 4.37. Ο χαρακτήρας του Ερμή για την εφαρμογή της αξιολόγησης, αφού αποδόθηκαν οι χρωματισμοί και τα textures



Εικόνα 4.38. Ζευγάρι 1-Εισαγγελέας και Νομάρχης για την εφαρμογή της αξιολόγησης



Εικόνα 4.39. Ζευγάρι 2-Ερμής και Κολοκοτρώνης για την εφαρμογή της αξιολόγησης



Εικόνα 4.40. Ζευγάρι 3-Δήμαρχος Βαφιαδάκης και Γιαγιά για την εφαρμογή της αξιολόγησης και της Μελέτης Περίπτωσης

Όσον αφορά την δημιουργία της εφαρμογής που χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση τους, αξιοποιήθηκε το ίδιο animation που αποδόθηκε στην εφαρμογή της Μελέτης Περίπτωσης, όπως και τα sharekeys. Οι διάλογοι παρέμειναν οι ίδιοι, ενώ η εφαρμογή τροποποιήθηκε ελαφρώς, έτσι ώστε να δωθεί η ευκαιρία στους συμμετέχοντες της αξιολόγησης να επιλέξουν το ζευγάρι που επιθυμούν να δουν πατώντας το αντίστοιχο κουμπί, στο ίδιο tablet που θα χρησιμοποιηθεί και για την εφαρμογή της Μελέτης Περίπτωσης.

### **5.3. Μέθοδος**

Καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης, οι χρήστες είχαν ενθαρρυνθεί να εκφράζουν τις σκέψεις τους για οτιδήποτε βίωναν (μέθοδος think aloud). Η μέθοδος αυτή αξιοποιήθηκε διότι, αποδεδειγμένα, συμβάλλει στο να συλλεχθούν κρίσιμες πληροφορίες από τις σκέψεις των χρηστών, σχετικές με το θέμα που αφορά η αξιολόγηση. Ταυτόχρονα, έχει παρατηρηθεί πως, μέσω αυτής της μεθόδου, συλλέγονται πιο ειλικρινής απόψεις απ' ότι με την μέθοδο της συνέντευξης (Eccles D.W., Arsal G., 2017).

Αρχικά, λοιπόν, παρουσιάστηκαν στους χρήστες φωτογραφίες του χώρου στον οποίο θα τοποθετούνταν η εφαρμογή, για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω. Ύστερα, τους δόθηκε το tablet με την εφαρμογή, στην οποία είχαν την δυνατότητα να επιλέξουν την εμφάνιση των ζευγαριών με όποια σειρά επιθυμούσαν, ενώ ταυτόχρονα ασκούσαν την μέθοδο "think aloud". Ο λόγος για τον οποίο δόθηκε η ελευθερία στους χρήστες να βιώσουν τα ζευγάρια με τυχαία σειρά, είναι ο παράγοντας της έκπληξης την πρώτη φορά που τους αντικρίζουν, ο οποίος επηρεάζει το πόσο είναι πιθανό να αποσπαστεί η προσοχή τους από τους χαρακτήρες. Επιπλέον, ύστερα από άδεια τον συμμετεχόντων, βιντεοσκοπήθηκαν καθ' όλη τη διάρκεια που χρησιμοποιούσαν την εφαρμογή, με σκοπό να καταγραφούν τυχών αντιδράσεις κατά την διάρκεια των διαλόγων.

Αργότερα, χρησιμοποιήθηκαν ανώνυμα ερωτηματολόγια, όπου τους παρουσιάστηκαν ερωτήσεις, οι οποίες συνέβαλλαν στην παραγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την κατανόηση της σύνδεσης των χαρακτήρων με τον χώρο, το πόσο εύκολα τους κρατούσαν την προσοχή, λεπτομέρειες που ίσως παρατήρησαν, συναισθήματα που βίωναν καθώς έλεγχαν το κάθε ζευγάρι κ.α., ενώ συνέχισαν να ασκούν την μέθοδο "think aloud" για έκφραση επιπλέον σχολίων.

Τέλος, με σκοπό να εξαντληθούν οι πληροφορίες που ήταν δυνατό και άνετο για τον κάθε χρήστη να εκφράσει, διεξάχθηκε μία σύντομη συνέντευξη, κατά την οποία οι συμμετέχοντες είχαν την ευκαιρία να προσθέσουν επιπλέον σχόλια που θεωρούσαν σχετικά.

### **5.4. Αποτελέσματα**

Αρχικά, το 60% των χρηστών ήδη γνώριζε ελάχιστες από τις πληροφορίες που τους παρουσιάστηκαν από τους χαρακτήρες. Πιο συγκεκριμένα, οι πληροφορίες που γνώριζαν περιορίστηκαν σε γενικές γνώσεις για την ιστορία της Ερμούπολης και την ύπαρξή της ως εμπορικό κέντρο, ενώ υπήρχαν ελάχιστες γνώσεις για τους πρόσφυγες που αποτέλεσαν, αργότερα, τους κατοίκους της.

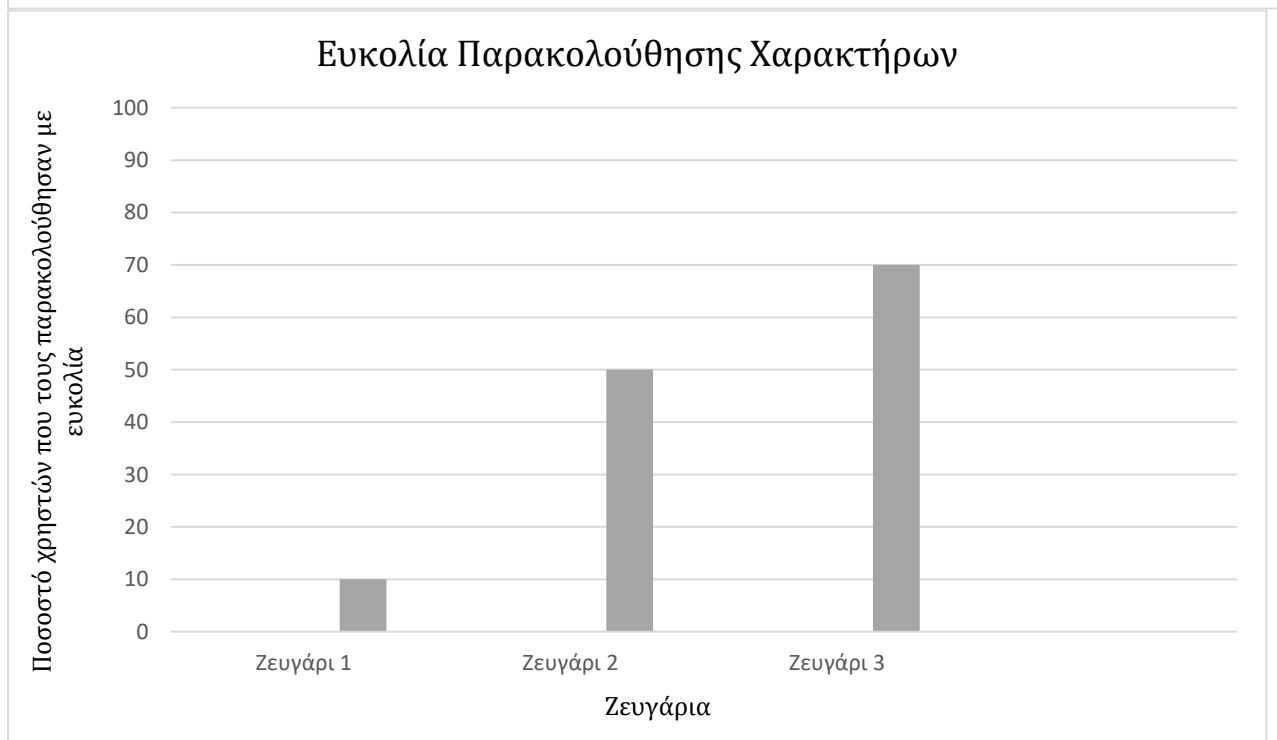
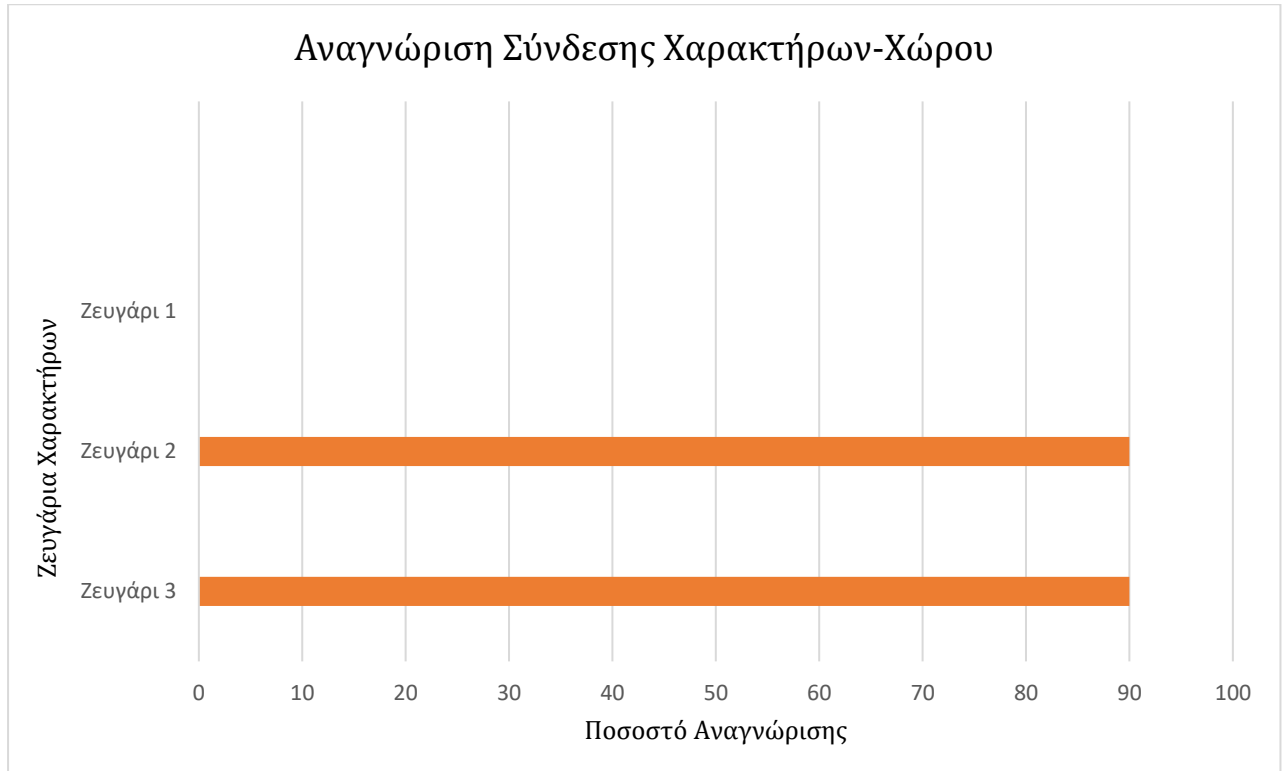
Όσον αφορά το πρώτο ζευγάρι (Εισαγγελέας και Νομάρχης), κανένας από τους χρήστες δεν κατανόησε την σύνδεση των χαρακτήρων με τον χώρο, όμως μέσω της ενδυμασίας τους, οι περισσότεροι συνειδητοποίησαν την κοινωνική τους τάξη. Το γεγονός πως οι χρήστες δεν συνειδητοποίησαν την σύνδεση συνέβαλλε, επίσης, στο να μην δίνεται προσοχή στον διάλογο μεταξύ των χαρακτήρων, καθώς οι συμμετέχοντες έδωσαν περισσότερη προσοχή στο να κατανοήσουν τις ταυτότητές τους. Ταυτόχρονα, το στυλ με το οποίο οι χαρακτήρες ήταν σχεδιασμένοι συνέβαλλε στην απόσπαση της προσοχής των χρηστών, καθώς αυτοί εξέφρασαν πως τους θεωρούσαν υπερβολικά "χαριτωμένους". Μάλιστα, κάποιοι επεκτάθηκαν περισσότερο, λέγοντας πως θα μπορούσαν να τους φανταστούν καλύτερα σε μία εφαρμογή σχεδιασμένη για παιδιά, παρά μία που έχει στόχο την περιήγηση ενηλίκων. Παρόλο, όμως, που οι χαρακτήρες απέδιδαν μία φιλική αίσθηση, το γεγονός πως το σχεδιαστικό στυλ συμπεριέλαβε μεγάλα μάτια είχε ως αποτέλεσμα οι συμμετέχοντες να νοιώσουν άβολα. Πιο συγκεκριμένα, το μέγεθος των ματιών έκανε προφανή την έλλειψη αληθοφανούς κίνησης τους, με αποτέλεσμα οι χρήστες να αντιληφθούν τους χαρακτήρες ως κάτι άψυχο. Τέλος, το γεγονός πως οι χαρακτήρες σχεδιάστηκαν με απλό στυλ, το οποίο δεν συμπεριλαμβάνει ιδιαίτερη ποσότητα λεπτομερειών, έκανε τους συμμετέχοντες να βιώσουν μία έλλειψη προσωπικότητας σε αυτούς, καθώς οι διαφορές μεταξύ τους δεν ήταν φανερές.

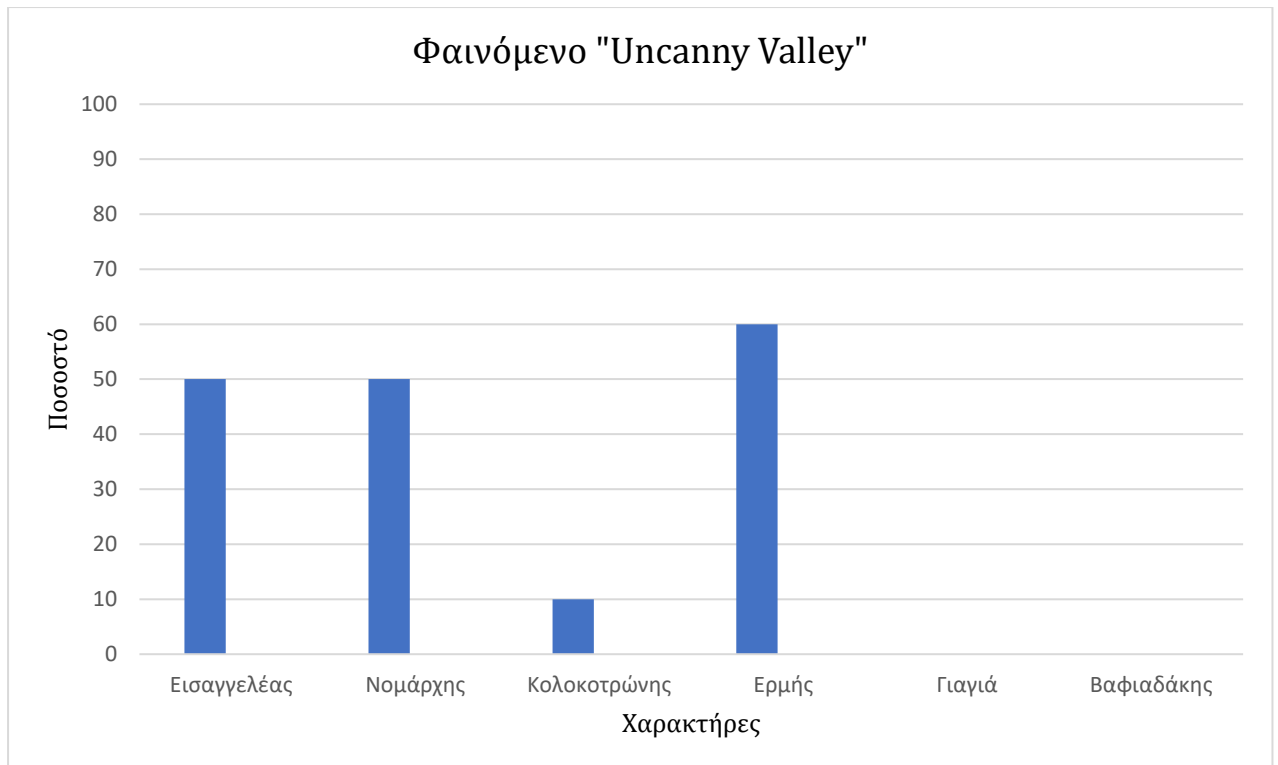
Όσον αφορά το δεύτερο ζευγάρι (Ερμής και Κολοκοτρώνης), το 90% των συμμετεχόντων συνειδητοποίησε την σύνδεση των χαρακτήρων με τον χώρο, ενώ στην περίπτωση του Κολοκοτρώνη θεώρησαν πως, παρόλο που ο ίδιος απεικονίζεται στην οροφωγραφία του Αρχοντικού, θα ήταν καταλληλότερο να χρησιμοποιηθεί ένα πρόσωπο το οποίο σχετίζεται περισσότερο με την ιστορία της Ερμούπολης. Οι χρήστες, επίσης, θεώρησαν τις ενδυμασίες των χαρακτήρων εντελώς κατατοπιστικές, ενώ ταυτόχρονα η χρωματική τους παλέτα λήφθηκε υπ' όψη ως πολύ ταιριαστή με τον χώρο, με αποτέλεσμα να φαίνονται περισσότερο ως μέρος αυτού. Λόγω του στυλ με το οποίο σχεδιάστηκαν οι χαρακτήρες, οι συμμετέχοντες θεώρησαν τις σωματικές τους αναλογίες πιο κατάλληλες για μία τέτοια εφαρμογή, όμως ταυτόχρονα η έλλειψη λεπτομερειών που συνοδεύει το στυλ αυτό είχε ως αποτέλεσμα να θεωρηθεί πως ήταν υπερβολικά όμοιοι μεταξύ τους. Τέλος, παρατηρήθηκε πως ο χαρακτήρας του Ερμή έκανε πολλούς από τους συμμετέχοντες να νοιώσουν άβολα, για λόγους που οι ίδιοι δεν μπορούσαν να εξηγήσουν.

Όσον αφορά το τρίτο και τελευταίο ζευγάρι, το γεγονός πως έμοιαζαν περισσότερο με ανθρώπους από ότι τα υπόλοιπα ζευγάρια, έκανε τους χρήστες να μπορούν να αφιερώσουν περισσότερη προσοχή στις πληροφορίες που τους παρουσίαζαν. 90% των χρηστών αναγνώρισαν τον χαρακτήρα της Γιαγιάς και της σύνδεσής της με τον χώρο, όμως μονάχα 30% αναγνώρισε τον δήμαρχο Βαφιαδάκη. Πιο συγκεκριμένα, οι ενδυμασία της Γιαγιάς βοήθησε όλους τους χρήστες προς την αναγνώρισή της, όμως αυτή του δημάρχου Βαφιαδάκη συνέβαλλε μονάχα στην αναγνώριση της κοινωνικής του τάξης. Επιπλέον, λόγω των λεπτομερειών που συνοδεύουν το στυλ με το οποίο σχεδιάστηκαν, οι χαρακτήρες όχι μόνο φάνηκαν πιο ζωντανοί, εξαλείφοντας το άβολο συναίσθημα των χρηστών, αλλά και αποδόθηκε πιο φανερά η προσωπικότητά τους και οι διαφορές μεταξύ τους. Παρ' όλα αυτά, κάποιοι χρήστες δήλωσαν πως θα ήθελαν να δουν ακόμα περισσότερες λεπτομέρειες στην εμφάνιση των χαρακτήρων, δίνοντας το παράδειγμα των ρυτίδων στο πρόσωπο της γιαγιάς,

ενώ εξέφρασαν θέληση για πιο ρεαλιστική απεικόνιση των υφών των ενδυμασιών τους.

Τέλος, παρουσιάζονται κάποια διαγράμματα με σκοπό την σύντομη εξήγηση μερικών σημαντικών ευρημάτων που προέκυψαν από την αξιολόγηση και εξηγήθηκαν παραπάνω.





### **5.5. Συμπεράσματα Μελέτης με Χρήστες**

Όσον αφορά το στυλ με το οποίο σχεδιάστηκαν οι χαρακτήρες, έγινε προφανές πως, όσο πιο ρεαλιστικοί είναι, τόσο περισσότερες διαφορές μεταξύ τους γίνονται προφανή για τους χρήστες που τους αντικρίζουν. Ταυτόχρονα, οι διαφορές στην εμφάνιση φαίνεται να είναι αλληλένδετες με την αντίληψη των διαφορών στις προσωπικότητές τους, δίνοντας έτσι την αίσθηση πως ο κάθε χαρακτήρας έχει τη δική του. Αντίθετα, οι χαρακτήρες που προσεγγίστηκαν με στυλ καρτούν, λόγω της έλλειψης λεπτομερειών που συνεπάγεται ένα τέτοιο στυλ, θεωρήθηκαν πως ήταν υπερβολικά όμοιοι και κατά προέκταση πως δεν είχαν εκτεταμένη προσωπικότητα. Επιπλέον, οι ρεαλιστικοί χαρακτήρες έδωσαν στους χρήστες την αίσθηση πως θα αναφέρουν κάτι σημαντικό, σε αντίθεση με τα άλλα δύο ζευγάρια, τα οποία οι χρήστες είχαν συνδέσει περισσότερο με παιδικό καρτούν και κατά προέκταση δεν ήταν πρόθυμοι να δώσουν την απαραίτητη προσοχή. Παρ' όλα αυτά, βρέθηκε πως οι ενδυμασίες των χαρακτήρων, ανεξαρτήτως λεπτομέρειας, ήταν από τα πιο κατατοπιστικά τους στοιχεία.

Όσον αφορά τον τομέα των συναισθημάτων που προκλήθηκαν, τα οποία είναι αλληλένδετα με το επίπεδο προσοχής που είναι ικανοί οι επισκέπτες να αφιερώσουν, ήταν πολύ πιο στάσιμα όταν αντίκριζαν το ρεαλιστικό ζευγάρι, γεγονός το οποίο οφείλεται στην ανθρώπινη εμφάνισή τους, η οποία χαρακτηρίστηκε ως η πιο οικεία, ακόμα και αν οι χαρακτήρες δεν έμοιαζαν εντελώς με πραγματικούς ανθρώπους.

Τέλος, όσον αφορά τον τομέα της σύνδεσης των χαρακτήρων με το χώρο, βρέθηκε πως οι επισκέπτες την εντοπίζουν πολύ εύκολα, εάν υπάρχει μία φυσική απεικόνιση του σχετικού χαρακτήρα. Παρ' όλα αυτά, μονάχα η απεικόνιση δεν κρίνεται αρκετή, καθώς για να υπάρξει πλήρη κατανόηση της



σύνδεσης είναι απαραίτητο να υπάρχει και μία ιστορική σύνδεση του χαρακτήρα με τον τόπο. Έτσι, συμπεραίνουμε πως η κατάλληλη σύνδεση για έναν ψηφιακό χαρακτήρα με τον χώρο πολιτισμικής κληρονομιάς στον οποίο βρίσκεται, είναι ο συνδυασμός εικονικής και ιστορικής παρουσίας.

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η χρήση ψηφιακών χαρακτήρων σε εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας, τοποθετημένες σε πλαίσια πολιτισμικής κληρονομιάς, αποδεικνύεται ιδιαίτερα χρήσιμη στην πιο αποτελεσματική αποστήθιση των πληροφοριών από τους επισκέπτες, καθώς αυτή η μέθοδος αλληλεπίδρασης φαίνεται να συμβάλλει στην εμπύθισή τους στο περιβάλλον της εφαρμογής. Ταυτόχρονα, η χρήση τους αξιοποιείται όλο και συχνότερα, καθώς αποτελούν οικονομική και χρονικά εφικτή λύση. Για να είναι, όμως, αποτελεσματική η χρήση τους, απαραίτητο είναι να ληφθούν κατάλληλες αποφάσεις που σχετίζονται με την σχεδιάσή τους. Συμπεραίνουμε πως, όσο πιο σχετικός κρίνεται ο χαρακτήρας με το χώρο, τόσο πιο αποτελεσματικά δρα ως συμπληρωματικό εργαλείο για την ολοκλήρωση της εμπειρίας του επισκέπτη. Ταυτόχρονα, οι πιο ρεαλιστικοί χαρακτήρες συμβάλλουν πιο αποτελεσματικά στην εμπειρία αυτή, καθώς οι χρήστες τους βιώνουν ως πραγματικούς ανθρώπους που μοιράζονται την πληροφορία τους, ενώ οι ενδυμασίες τους μπορούν να δράσουν ως κατατοπιστικό εργαλείο προς την κοινωνική τάξη ή την εποχή για την οποία απευθύνονται. Αντίθετα, όπως αποδείχθηκε και από τους χαρακτήρες που αξιοποιήθηκαν στην εφαρμογή της αξιολόγησης, η προσέγγισή τους με στυλ καρτούν αποσπάει τους χρήστες και τους δίνουν την εντύπωση πως δεν ταιριάζουν τόσο με το χώρο, ακόμα και αν η σύνδεσή τους είναι άμεση. Επιπλέον, τα συναισθήματα που βιώνει ο επισκέπτης όταν αντικρίζει τον ψηφιακό χαρακτήρα είναι άμεσα συνδεδεμένα με το επίπεδο προσοχής που είναι ικανός να αφιερώσει, γι αυτό καθίστανται και η κατάλληλη σχεδιάσή τους τόσο απαραίτητη. Ένας χαρακτήρας, άρα, είναι κρίσιμο να κάνει τον χρήστη να νοιώθει άνετα με την παρουσία του, ειδάλλως είναι λάθος σχεδιασμένος.

Όσον αφορά το τεχνικό κομμάτι της σχεδίασης των χαρακτήρων, η γεωμετρία πρέπει να είναι αρκετά απλή, καθώς οι περισσότεροι χώροι πολιτισμικής κληρονομιάς που αξιοποιούν παρόμοιες εφαρμογές, χρησιμοποιούν καθημερινά tablet για αυτές. Έτσι, εάν ένας χαρακτήρας αποτελείται από γεωμετρία τόσο περίπλοκη, που δεν μπορεί να αναπαραχθεί σε πραγματικό χρόνο, δεν θα έπρεπε να τοποθετηθεί σε μία εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας. Ταυτόχρονα, εάν η γεωμετρία παραμένει υπερβολικά απλή, τότε ο χαρακτήρας δεν θα έχει το απαιτούμενο επίπεδο ρεαλισμού για την ολοκλήρωση της εμπειρίας του χρήστη. Έτσι, δύσκολο αλλά κρίσιμο είναι να βρεθεί η κατάλληλη ισορροπία, με σκοπό ο χαρακτήρας να φαίνεται ρεαλιστικός και να μπορεί να αναπαραχθεί από την εφαρμογή σε πραγματικό χρόνο.

Τέλος, χρήσιμο είναι να ερευνηθεί σε ποια πλαίσια είναι προτιμότερο οι χαρακτήρες να δρουν ως ξεναγοί, σε ποια ως διηγητές ιστοριών και σε ποια ως συμπληρωματικές παρουσίες στο χώρο. Επιπλέον, πρέπει να ερευνηθεί εάν ο τρόπος σχεδίασης ή εμφάνισής τους πρέπει να αλλάζει σε κάποια από αυτές τις περιπτώσεις. Μία τελευταία περίπτωση προς διερεύνηση θα μπορούσε, επίσης, να αποτελεί σε τι πλαίσια είναι κατάλληλο οι χαρακτήρες αυτοί να αντικαθιστούν έναν ξεναγό και σε ποιες όχι.

## 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aristidou A. et.al. (2017). Inverse Kinematics Techniques in Computer Graphics: A Survey: Inverse Kinematics Techniques in Computer Graphics. *Computer Graphics Forum*, 37(6), 35–58. <https://doi.org/10.1111/cgf.13310>
- Arora, R., Darolia, I., Namboodiri, V. P., Singh, K., & Bousseau, A. (2017). SketchSoup: Exploratory Ideation Using Design Sketches: SketchSoup. *Computer Graphics Forum*, 36(8), 302–312. <https://doi.org/10.1111/cgf.13081>
- Ashworth G.J. (2000). Heritage, Tourism and Places: A Review. *Tourism Recreation Research*, 25(1), 19–29. <https://doi.org/10.1080/02508281.2000.11014897>
- Berryman D. (2012). Augmented Reality: A Review. *Medical Reference Services Quarterly*, 31(2), 212–218. <https://doi.org/10.1080/02763869.2012.670604>
- Billinghurst M., et.al. (2002). Experiments with Face-To-Face Collaborative AR Interfaces. *Virtual Reality*, 6(3), 107–121. <https://doi.org/10.1007/s100550200012>
- Bouwer W., Human F. (2017). The Impact of the Uncanny Valley Effect on the Perception of Animated Three-Dimensional Humanlike Characters. *The Computer Games Journal*, 6(3), 185–203. <https://doi.org/10.1007/s40869-017-0041-8>
- Carmigniani J., et.al. (2011). Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia Tools and Applications*, 51(1), 341–377. <https://doi.org/10.1007/s11042-010-0660-6>
- Eccles D.W., Arsal G. (2017). The think aloud method: What is it and how do I use it? *Qualitative Research in Sport, Exercise and Health*, 9(4), 514–531. <https://doi.org/10.1080/2159676X.2017.1331501>
- Feng Z., et.al. (2008). Trends in augmented reality tracking, interaction and display: A review of ten years of ISMAR. *2008 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, 193–202. <https://doi.org/10.1109/ISMAR.2008.4637362>
- Foni A., et.al. (n.d.). *Virtual Hagia Sophia: Restitution, Visualization and Virtual Life Simulation*.
- Foster S., Halbstein D., S. (2014). *Integrating 3D Modeling, Photogrammetry and Design*. Springer London. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-6329-9>
- Fyall A., Garrod B. (1998). Heritage tourism: At what price? *Managing Leisure*, 3(4), 213–228. <https://doi.org/10.1080/136067198375996>
- Gonçalves M, Cash P. (2021). The life cycle of creative ideas: Towards a dual-process theory of ideation. *Design Studies*, 72, 100988. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2020.100988>
- Gratch J., Marsella S. (2005). LESSONS FROM EMOTION PSYCHOLOGY FOR THE DESIGN OF LIFELIKE CHARACTERS. *Applied Artificial Intelligence*, 19(3–4), 215–233. <https://doi.org/10.1080/08839510590910156>
- Gupta S., et.al. (2019). *A Survey on Tracking Techniques in Augmented Reality Based Applications*.
- Han D., et.al. (2013). Dublin AR: Implementing Augmented Reality in Tourism. In *Information and Communication Technologies in Tourism 2014* (pp. 511–523). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-03973-2\\_37](https://doi.org/10.1007/978-3-319-03973-2_37)

- Heale R., Twycross A. (2018). What is a case study? *Evidence Based Nursing*, 21(1), 7–8. <https://doi.org/10.1136/eb-2017-102845>
- Hincapié M. (2021). Augmented reality mobile apps for cultural heritage reactivation. *Computers & Electrical Engineering*, 93, 107281. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107281>
- Hodgins J., et.al. (2001). *Computer Animation*. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=35220f6134a6c05dc4b9e7c5633b133488271e36>
- Igarashi T, et.al. (2006). *Spatial Keyframing for Performance-driven Animation*.
- Karuzaki E., et.al. (2021). Realistic Virtual Humans for Cultural Heritage Applications. *Heritage*, 4(4), 4148–4171. <https://doi.org/10.3390/heritage4040228>
- Kovanen S. (2015). *KARELIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES*.
- Kunkhet A. et. al., A. (2019). 3D Character Modelling for K-Pop Dances: A Workflow Analysis. *2019 Joint International Conference on Digital Arts, Media and Technology with ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer and Telecommunications Engineering (ECTI DAMT-NCON)*, 45–49. <https://doi.org/10.1109/ECTI-NCON.2019.8692264>
- Kuusela V., 2022, V. (n.d.). *3D modeling pipeline for games*.
- Lasseter J. (1987). *PRINCIPLES OF TRADITIONAL ANIMATION APPLIED TO 3D COMPUTER ANIMATION*.
- Loza Matovelle D., et.al. (2018). Interaction System Based on an Avatar Projected on a Pyramidal Display. *2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 3943–3948. <https://doi.org/10.1109/IROS.2018.8593740>
- Machidon O.M., et.al. (2018). Virtual humans in cultural heritage ICT applications: A review. *Journal of Cultural Heritage*, 33, 249–260. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2018.01.007>
- Marto A., et.al. (2019). DinofelisAR: Users' Perspective About a Mobile AR Application in Cultural Heritage. In *VR Technologies in Cultural Heritage* (Vol. 904, pp. 79–92). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-05819-7\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-05819-7_7)
- Mayer R., Moreno R. (2002). Animation as an Aid to Multimedia Learning. *Educational Psychology Review*.
- McLaughlin T., T. (2006). Taxonomy of digital creatures. *ACM SIGGRAPH 2006 Courses on - SIGGRAPH '06*, 1. <https://doi.org/10.1145/1185657.1185808>
- Mekni M., Lemieux A. (2014). *Augmented Reality: Applications, Challenges and Future Trends*.
- Muhammad S., et.al. (2018). A Review of Multimodal Interaction Technique in Augmented Reality Environment. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 8(4–2), 1460. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.8.4-2.6824>
- O'Neill R. (2015). *Digital Character Development*. 2015.
- Papagiannakis G., Magnetat-Thalman N. (2007). *Mobile Augmented Heritage: Enabling Human Life in Ancient Pompeii*.
- Pedersen I. et.al. (2017). More than Meets the Eye: The Benefits of Augmented Reality and Holographic Displays for Digital Cultural Heritage. *Journal on Computing and Cultural Heritage*, 10(2), 1–15. <https://doi.org/10.1145/3051480>

- Poria Y., et.al. (2003). The core of heritage tourism. *Annals of Tourism Research*, 30(1), 238–254. [https://doi.org/10.1016/S0160-7383\(02\)00064-6](https://doi.org/10.1016/S0160-7383(02)00064-6)
- Rabbi I., Ullah S. (2013). *A Survey on Augmented Reality Challenges and Tracking Authors*.
- Rampolla J., Kipper G. (2013). *Augmented Reality: An Emerging Technologies Guide to AR*.
- Sharma S., et.al. (2019). Use of Motion Capture in 3D Animation: Motion Capture Systems, Challenges, and Recent Trends. *2019 International Conference on Machine Learning, Big Data, Cloud and Parallel Computing (COMITCon)*, 289–294. <https://doi.org/10.1109/COMITCon.2019.8862448>
- Sylaiou S., Fidas C. (2022). Virtual Humans in Museums and Cultural Heritage Sites. *Applied Sciences*, 12(19), 9913. <https://doi.org/10.3390/app12199913>
- Tillman B. (2011). *Creative Character Design*.  
[https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=7tB7AgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=referencing+in+character+design&ots=Z5mtjPjWt&sig=J9m6JT0ON-p9ZLQXEnrjakSFLnQ&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=7tB7AgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=referencing+in+character+design&ots=Z5mtjPjWt&sig=J9m6JT0ON-p9ZLQXEnrjakSFLnQ&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- Vosinakis S., et.al. (2018). Dissemination of Intangible Cultural Heritage Using a Multi-agent Virtual World. In *Advances in Digital Cultural Heritage* (Vol. 10754, pp. 197–207). Springer International Publishing.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-75789-6\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-319-75789-6_14)
- Wells P. (1998). *Understanding Animation*.
- Zell E. et.al. (2015). To stylize or not to stylize?: The effect of shape and material stylization on the perception of computer-generated faces. *ACM Transactions on Graphics*, 34(6), 1–12. <https://doi.org/10.1145/2816795.2818126>