

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΚΑΛΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΩΝ



## Πτυχιακή εργασία

ΔΗΜΙΟΥΡΓΩΝΤΑΣ ΕΙΚΟΝΙΚΟΥΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ

Γιάννης Κούρτης

Λεμεσός 2013



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

## **Πτυχιακή εργασία**

**ΔΗΜΙΟΥΡΓΩΝΤΑΣ ΕΙΚΟΝΙΚΟΥΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ**

Γιάννης Κούρτης

Σύμβουλος καθηγητής  
Δρ./κος/ Ανδρέας Λανίτης

Λεμεσός 2013

## **Πνευματικά δικαιώματα**

Copyright © Γιάννης Κούρτης, 2013

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την κ. Μαρία Παύλου, για τις πολύτιμες συμβουλές και την βοήθειά της, σχετικά με τεχνικά κομμάτια στην μοντελοποίηση των τρισδιάστατων χαρακτήρων και το Animation τους.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Την τελευταία δεκαετία λόγω της ραγδαίας ανάπτυξης της τεχνολογίας έχει παρατηρηθεί μια πολύ σημαντική ανάπτυξη στον χώρο του 3d modeling και του animation. Σκοπός του έργου αυτού, είναι η αξιοποίηση των δυνατοτήτων της τεχνολογίας, για την δημιουργία εικονικών τρισδιάστατων χαρακτήρων και την χρήση τους σε μία ταινία animation. Στα πλαίσια της δημιουργίας της ταινίας θα γίνει χρήση των στοιχείων που χρησιμοποιούνται σήμερα από την βιομηχανία και μελέτη της οργάνωσης και της παραγωγής ενός animation από την αρχική ιδέα μέχρι την ολοκλήρωσή του.

Το έργο χωρίζεται σε δύο κύρια στάδια τα οποία θα αναπτύσσονται παράλληλα. Στο πρώτο στάδιο θα γίνει η θεωρητική διερεύνηση διάφορων τρόπων δημιουργίας τρισδιάστατων εικονικών χαρακτήρων και μια ιστορική αναδρομή στο 3d modeling και animation, στους κύριους σταθμούς τους. Στο δεύτερο στάδιο θα γίνει η δημιουργία των τρισδιάστατων χαρακτήρων με τις μεθόδους που αναλύθηκαν. Θα γίνεται παράλληλα καταγραφή της διαδικασίας δημιουργίας τους με φωτογραφίες και μια μικρή ανάλυση για την κάθε φωτογραφία. Επιπλέον θα γίνει ειδική επεξεργασία των κινούμενων μοντέλων ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε animation. Θα γίνουν επίσης τα σκηνικά της ταινίας - στατικά μοντέλα- και όλη η διαδικασία του post production η οποία περιλαμβάνει storyboard και concept design. Στα πλαίσια της προώθησης της ταινίας θα μία αφίσα και ένα dvd cover. Τέλος, το τελικό παραδοτέο του έργου θα είναι μια ταινία animation μικρού μήκους ολοκληρωμένη.

# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	iv
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	v
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	vii
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	x
ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ.....	xi
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	xiii
1 Αρχές και εξέλιξη του animation.....	14
1.1 Εξέλιξη του δισδιάστατου animation από την προϊστορική εποχή έως τις αρχές του 2.000 μ.Χ.....	14
1.2 Σημαντικότεροι σταθμοί στην εξέλιξη του 3d animation.....	21
1.3 Το μέλλον του 3d modeling/ animation.....	26
2 Μεθοδολογία σχεδιασμού και ανάπτυξης εικονικών χαρακτήρων.....	29
2.1 Concept design/ προετοιμασία για 3d modeling.....	29
2.2 Βασικές έννοιες της τρισδιάστατης μοντελοποίησης.....	31
3 Μελέτη και χρήση των διάφορων μεθόδων τρισδιάστατης μοντελοποίησης, για παραγωγή μοντέλων για animation.....	33
3.1 Μέθοδος 3d modeling poly-by-poly, edge extrusion ή modeling with image planes.....	33
3.1.1 Περιγραφή μεθόδου.....	33
3.1.2 Χρήση μεθόδου.....	34
3.2 Μέθοδος 3d modeling- digital sculpting.....	36
3.2.1 Περιγραφή μεθόδου.....	36
3.2.2 Χρήση μεθόδου.....	39
3.3 Μέθοδος 3d modeling- 3d scanning.....	41
3.3.1 Περιγραφή μεθόδου.....	41

3.3.2 Χρήση μεθόδου.....	44
3.4 Μέθοδος φωτογραμμετρίας.....	45
3.4.1 Περιγραφή μεθόδου.....	45
3.4.2 Χρήση μεθόδου.....	47
3.5 Μέθοδος box- modeling.....	49
4 Δημιουργία ταινίας animation με τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν.....	50
4.1 Σκοπός της δημιουργίας των τρισδιάστατων μοντέλων.....	50
4.2 Σενάριο animation Treasure Hunting.....	51
4.3 Επεξήγηση και Ανάλυση της ταινίας Treasure Hunting.....	51
4.4 Μελλοντική Εργασία.....	54
5 Συμπεράσματα από την έρευνα.....	56
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	li



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Σπηλαιογραφία που αναπαριστά την κίνηση πολλών ζώων.....	11
Εικόνα 2: Ζωγραφισμένο πήλινο βάζο από το Ιράν, περ. 5.200 π.Χ.....	11
Εικόνα 3: Σειρά εικόνων που αναπαριστούν την μάχη δύο παλαιστών .....	12
Εικόνα 4: Φωτογραφική καταγραφή της κίνησης του αλόγου που τρέχει και πήδα πάνω από ένα εμπόδιο.....	13
Εικόνα 5: Στιγμιότυπο από την ταινία Getie the Dinosaur. Winsor McCay, 1914.....	14
Εικόνα 6: Σκηνή από το animation Porky's Hare Hunt.....	15
Εικόνα 7: Στιγμιότυπο από την ταινία Steamboat Willie.....	16
Εικόνα 8: Η ταινία της Disney, Lion King, συνέβαλε σημαντικά στην ανάδειξη του δισδιάστατου animation ως ένα πολύ ποιοτικό μέσο για ψυχαγωγικούς σκοπούς.....	17
Εικόνα 9: Το πρώτο τρισδιάστατο μοντέλο ανθρώπινου προσώπου.....	18
Εικόνα 10: Η πρώτη προσπάθεια για δημιουργία ενός τρισδιάστατου ρεαλιστικού ανθρώπινου χεριού, έγινε από τον Edwin Catmul το 1973.....	18
Εικόνα 11: Σκηνή από το Toy Story, την πρώτη μεγάλου μήκους ταινία τρισδιάστατου animation. Δημιουργήθηκε από την Pixar το 1995.....	19
Εικόνα 12: Σκηνή από το πρώτο φωτορεαλιστικό τρισδιάστατο animation, το Final Fantasy: Spirits Within. Δημιουργήθηκε το 2001.....	20
Εικόνα 13: Το Gollum είναι ο πρώτος εξολοκλήρου ψηφιακός χαρακτήρας ο οποίος έπαιξε σε κινηματογραφική ταινία.....	21
Εικόνα 14: Η ταινία Avatar που έκανε πρεμιέρα το 2009, ήταν η πρώτη φορά που χρησιμοποιήθηκε εκτεταμένα η σύνθετη καταγραφή κίνησης για την μεταφορά εκφράσεων και κινήσεων των ηθοποιών σε τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα.....	21
Εικόνα 15: Το ψηφιακό σύστημα μύων και κόκκαλων που αναπτύχθηκε για την ταινία The Hobbit: An Unexpected Journey, που έκανε πρεμιέρα το 2012.....	23
Εικόνα 16: Σκηνή από την παρουσίαση της τεχνολογίας Faceworks που παρουσίασε η Nvidia το 2013.....	24
Εικόνα 17: Η τεχνολογία final line advection που αναπτύχθηκε για το animation Paperman, που κυκλοφόρησε το 2012.....	25

Εικόνα 18: Concept design που δημιουργήθηκε για το μικρού μήκους animation Treasure Hunting ως πρακτικό κομμάτι της πτυχιακής εργασίας.....	26
Εικόνα 19: Συνοπτική εξήγηση των ειδών των πολυγώνων και του τρόπου που λειτουργούν.....	29
Εικόνα 20: Σύγκριση των δύο μεθόδων αναπαράστασης των τρισδιάστατων μοντέλων. Η αριστερή σφαίρα είναι δημιουργημένη με polygons και η δεξιά με nurbs.....	29
Εικόνα 21: Οι δύο όψεις από την δημιουργία ενός ανθρωπόμορφου προσώπου που αναπτύχθηκε στα πλαίσια του πρακτικού τμήματος της πτυχιακής.....	30
Εικόνα 22: Το ανθρωπόμορφο πρόσωπο ολοκληρωμένο μαζί με τις εικόνες, που βοήθησαν στην δημιουργία του.....	31
Εικόνα 23: Στιγμιότυπο από την δημιουργία ενός πήγασου ο οποίος κατασκευάστηκε με την βοήθεια λογισμικού digital sculpting.....	33
Εικόνα 24: Απόσπασμα από την διαδικασία του retopology που εφαρμόστηκε για να μπορέσει το μοντέλο να χρησιμοποιηθεί για σκοπούς animation.....	33
Εικόνα 25: Μικρό αγαματάκι δημιουργημένο από πυλό.....	35
Εικόνα 26: Το μηχάνημα της τρισδιάστατης σάρωσης καθώς αποστέλλει ακτίνες στο κεφάλι του αγάλματος.....	35
Εικόνα 27: Στιγμιότυπο από το αποτέλεσμα της τρισδιάστατης σάρωσης του κεφαλιού του αγάλματος.....	36
Εικόνα 28: Αποτέλεσμα της χρήσης της φωτογραμμετρίας για την ακριβής ψηφιοποίηση αρχαιολογικών ευρημάτων.....	39
Εικόνα 29: Το αποτέλεσμα της ολοκλήρωσης του μισού κεφαλιού του μοντέλου με βάση τα δισδιάστατα σκίτσα.....	41
Εικόνα 30: Λεπτομέρεια από την δημιουργία ενός μοντέλου που δημιουργήθηκε στα πλαίσια του πρακτικού μέρους της πτυχιακής εργασίας.....	42
Εικόνα 31: Η σύγκριση μεταξύ του πραγματικού αγάλματος από πυλό και του τρισδιάστατου ψηφιακού μοντέλου, που δημιουργήθηκε μετά από την επεξεργασία των δεδομένων, που συλλέχθηκαν από την τρισδιάστατη σάρωση.....	45
Εικόνα 32: Αριστερά φαίνεται το μαρμάρινο τασάκι με τις σκαλιστές λεπτομέρειες που φωτογραφήθηκε και δεξιά το ψηφιακό τρισδιάστατο μοντέλο που προέκυψε από την εφαρμογή της μεθόδου της φωτογραμμετρίας.....	46
Εικόνα 33: Τρισδιάστατα μοντέλα που λόγω της απλής γεωμετρικής τους μορφής δημιουργήθηκαν με την μέθοδο μοντελοποίησης box modeling.....	47

Εικόνα 34: Απόσπασμα από το storyboard που δημιουργήθηκε στα πρώτα στάδια της εργασίας.....	52
Εικόνα 35: Στιγμιότυπο από την ταινία Treasure Hunting.....	53
Εικόνα 36: Σκηνή από την ταινία Treasure Hunting.....	54
Εικόνα 37: Στιγμιότυπο από την ταινία Treasure Hunting.....	54
Εικόνα 38: Επιλογή μεθόδου τρισδιάστατης μοντελοποίησης.....	57

## ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

Στο σημείο αυτό της εργασίας παρουσιάζονται συνοπτικά όλες οι συντομογραφίες που έχουν χρησιμοποιηθεί στο κείμενο της πτυχιακής:

π.Χ.: προ Χριστού

κ.λπ.: και λοιπά

cgi: computer generated images

3d: 3 dimensional

π.χ.: παραδείγματος χάρη

## ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ

Σε αυτό το κομμάτι της εργασίας θα παρουσιαστούν έννοιες που χρησιμοποιήθηκαν μέσα στο κείμενο και για τις οποίες δεν υπάρχει αντίστοιχη ελληνική ονομασία, που να είναι ευρέως διαδεδομένη. Με βάση την αγγλική ορολογία, έγινε προσπάθεια να μεταφερθεί το νόημά της στην ελληνική γλώσσα, είτε περιφραστικά είτε μονολεκτικά, χωρίς να χαθεί το νόημα του όρου.

Computer Generated Images (CGI): Εικόνες δημιουργημένες από ηλεκτρονικό υπολογιστή

Special Effects: Ειδικά Εφέ

Hand Drawn Animation: Σχεδιαστικό Animation

Basic Principles of Animation: Βασικές αρχές του Animation

Budget: Κόστος παραγωγής

Software: Λογισμικό ηλεκτρονικών υπολογιστών

Hardware: Υλικό ηλεκτρονικών υπολογιστών

Motion Capture: Καταγραφή της κίνησης

Concept Design: Τα σχέδια αρχικής σύλληψης και κατασκευής

Animation Friendly: Μπορεί κάτι να γίνει εύκολα animation

Digital Sculpting: Ψηφιακή γλυπτική

Base Mesh: Βασικό μοντέλο

Dynamics: Δυνάμεις φυσικής σε ψηφιακά περιβάλλοντα

Fluids: Υγρά

Particles: Σωματίδια

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τρισδιάστατη μοντελοποίηση μέσα από την εξέλιξη της τεχνολογίας κατάφερε να αναπτυχθεί σε τέτοιο βαθμό ώστε να μπορεί με την χρήση της να ψηφιοποιηθεί και να δημιουργηθεί οποιοδήποτε αντικείμενο υπαρκτό ή μη και να φαίνεται ρεαλιστικό. Εξαιτίας της δυνατότητας της αυτής, έχει γίνει πολύ δημοφιλής για την μετάδοση πληροφοριών, την ψυχαγωγία, την εκπαίδευση τις επιστημονικές και αρχαιολογικές έρευνες αλλά και πολλές άλλες εφαρμογές. (Roberts 2007) Για να μπορέσει να επιτευχθεί αυτό δημιουργήθηκαν μέσα στις 3 τελευταίες δεκαετίες ποικίλες τεχνικές και τεχνολογίες καθεμιά από τις οποίες έχει τα δικά της ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Κύριος σκοπός της εργασίας αυτής είναι να εξετάσει τις μεθόδους αυτές μέσα από την χρήση τους για την παραγωγή τρισδιάστατων μοντέλων και να τις συγκρίνει μεταξύ τους, διεξάγοντας συμπεράσματα στο τέλος της έρευνας σχετικά με το ποια είναι η καταλληλότερη μέθοδος ανάλογα με τις ανάγκες και τα αποτελέσματα που επιθυμεί ο δημιουργός.

Επιπρόσθετα, επειδή θα εξεταστεί η τρισδιάστατη μοντελοποίηση σε σχέση με το animation, θα γίνει και μια ιστορική αναδρομή των κυριότερων σταθμών του δισδιάστατου και του τρισδιάστατου animation από την προϊστορική εποχή και την πρώτη εμφάνιση του, μέχρι τις τελευταίες εξελίξεις στον τομέα αυτό, καθώς επίσης και τι επιφυλάσσει το μέλλον. Σκοπός της εργασίας είναι να γνωρίσει ο αναγνώστης τη μαγεία του animation ως μέσου μεταφοράς μηνυμάτων και να μάθει πως λειτουργούν τα διάφορα παρακλάδια της τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Μέσα από την εργασία θα φανεί πως μπορούν να συνυπάρξουν οι διαφορετικές μέθοδοι και να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα για την δημιουργία σύνθετων εφαρμογών όπως μια μικρού μήκους ταινία animation.

# **1 Αρχές και εξέλιξη του animation**

## **1.1 Εξέλιξη του δισδιάστατου animation από την προϊστορική εποχή έως τις αρχές του 2000 μ.Χ.**

Η τεχνολογία έχει κάνει μεγάλο ταξίδι εξέλιξης από την εποχή της ασπρόμαυρης τηλεόρασης έως σήμερα, ειδικότερα στον τομέα του Animation. Το Animation ως λέξη προέρχεται από την λατινική λέξη anime, που θα πει ψυχή και στα ελληνικά χρησιμοποιείται κυρίως με τους όρους Εμφύχωση, Κινούμενη Εικόνα ή πιο περιφραστικά Απόδοση Κίνησης στην Εικόνα (Ratner 2004). Το Animation είναι η ταχεία προβολή μιας σειράς από εικόνες (δισδιάστατης ή τρισδιάστατης μακέτας) ή θέσεων ενός μοντέλου, έτσι ώστε να δημιουργείται στο ανθρώπινο μάτι η ψευδαίσθηση της κίνησης (Williams 2001). Στην ουσία ο άνθρωπος βρήκε τρόπο να εκμεταλλεύεται συγκεκριμένες ιδιότητες του ματιού του όπως το μεταίσθημα ή μετείκασμα, το οποίο είναι η διατήρηση της εικόνας στο μάτι επί 1/12 του δευτερολέπτου. Το μεταίσθημα δημιουργείται μετά την παρουσίαση ενός φωτεινού ερεθισμού και κάτω από ορισμένες συνθήκες διαρκεί για μερικά πρώτα λεπτά και οφείλεται στη διατήρηση της φωτοχημικής ενέργειας που προκάλεσε το αρχικό ερέθισμα (Priebe 2007).

Τα πρώτα παραδείγματα της προσπάθειας του ανθρώπου, να δώσει ζωή σε άψυχα αντικείμενα και να τα τιθασεύσει, ξεκινούν από την παλαιολιθική εποχή. Σε σπηλαιογραφίες βρέθηκαν ζώα, ζωγραφισμένα με πολλά πόδια, σε πρωτόγνωρες στάσεις που ήθελαν να υποδηλώσουν την αίσθηση της κίνησης (εικόνα 1) (Hopour και Fleming 1998). Ένα ακόμα χαρακτηριστικό παράδειγμα προσπάθειας για εμφύχωση και αίσθηση της κίνησης είναι ένα βάζο, που βρέθηκε στο Ιράν και χρονολογείται το 5.200 π.Χ. (εικόνα 2). Το βάζο αυτό δείχνει 5 εικόνες μιας κατσίκας την μία δίπλα στην άλλη που αναπαριστούν το άλμα της. Παρόμοια παραδείγματα της ίδιας περίπου χρονολογικής περιόδου έχουμε από την Κίνα, την Αίγυπτο και την Μεσοποταμία (Blair 1994). Μια ταφική Αιγυπτιακή πλάκα που χρονολογείται περίπου το 2.000 π.Χ δείχνει παλαιστές εν δράσει και στην ουσία περιγράφει την εξέλιξη μιας μάχης σώμα με σώμα με σκίτσα το ένα μετά το άλλο (εικόνα 3). Αν και δεν μπορεί ο θεατής να αντιληφθεί την κίνηση άμεσα, είναι φανερό η πρόθεση του



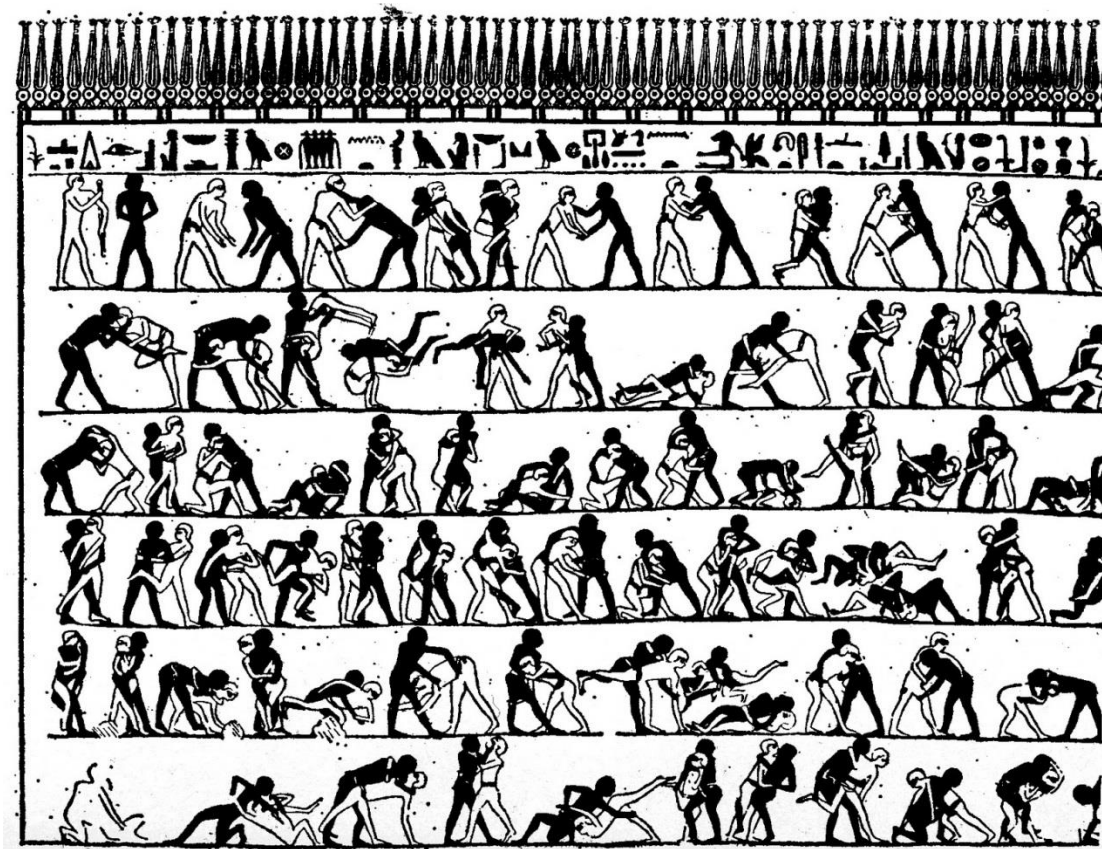
δημιουργού να αφηγηθεί μέσα από κινούμενες εικόνες μια ιστορία (Honour και Fleming 1998).



**Εικόνα 1: Σπηλαιογραφία που αναπαριστά την κίνηση πολλών ζώων, περ. 16.000- 14.000 π.Χ. Ζωγραφική σε ασβεστολιθικό βράχο. Λασκώ, Γαλλία. Η εικόνα προέρχεται από: [http://www.archaiologia.gr/wp-content/uploads/2012/06/chaudet\\_new-576x338.jpg](http://www.archaiologia.gr/wp-content/uploads/2012/06/chaudet_new-576x338.jpg)**

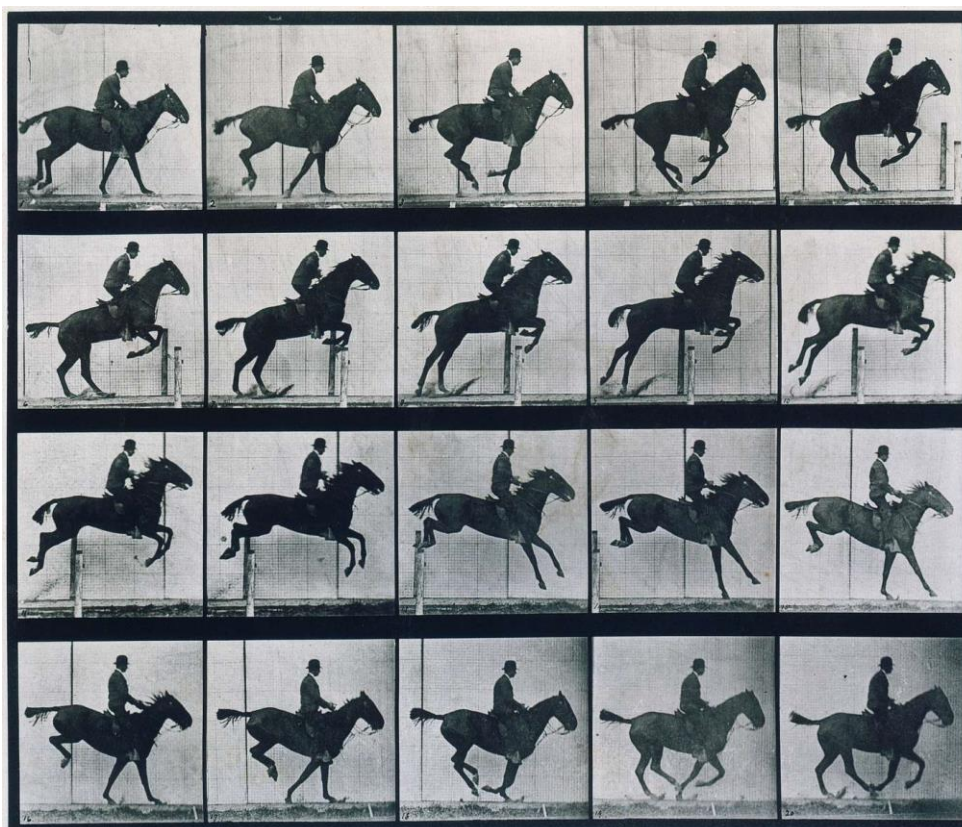


**Εικόνα 2: Ζωγραφισμένο πήλινο βάζο από το Ιράν, περ. 5.200 π.Χ. Αναπαριστά την κίνηση του άλματος μιας κατσίκας. Η εικόνα προέρχεται: <http://www.veniceclayartists.com/clayart-in-animation/>**



Εικόνα 3: Σειρά εικόνων που αναπαριστούν την μάχη δύο παλαιστών. Εικόνες από ταφική πλάκα, περ. 2.000 π.Χ. Αίγυπτος. Η εικόνα προέρχεται από: [http://en.wikipedia.org/wiki/History\\_of\\_animation](http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_animation)

Η ανάγκη του ανθρώπου, να δώσει ζωή στις ιδέες του μέσα από την κίνηση, δεν σταμάτησε, αλλά μέσα από το πέρασμα των αιώνων, έφτασε η κατάλληλη στιγμή να αρχίσει η εφαρμογή των γνώσεων και των ιδεών αυτών πιο συστηματικά στα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα. Ο Άγγλος φωτογράφος Eadward James Muybridge το 1877 – 1878, έκανε εκτεταμένη έρευνα σχετικά με την κίνηση διάφορων έμβιων όντων, δημιουργώντας έτσι την πρώτη συλλογή δεδομένων που εξέταζε σε βάθος την φύση των κινήσεων ζωντανών οργανισμών (εικόνα 4) (Blair 1994). Κατασκεύασε επίσης μια συσκευή που ονόμασε zoopraxiscope και έπαιξε τις φωτογραφίες που τραβούσε προαναγγέλλοντας έτσι τις πρώτες κάμερες. Λίγα χρόνια αργότερα ο Georges Melies που θεωρείται ο πατέρας των ειδικών εφέ, εφηύρε και ενσωμάτωσε στην δουλειά του την μέθοδο του φωτογραφικού animation (Priebe 2007).

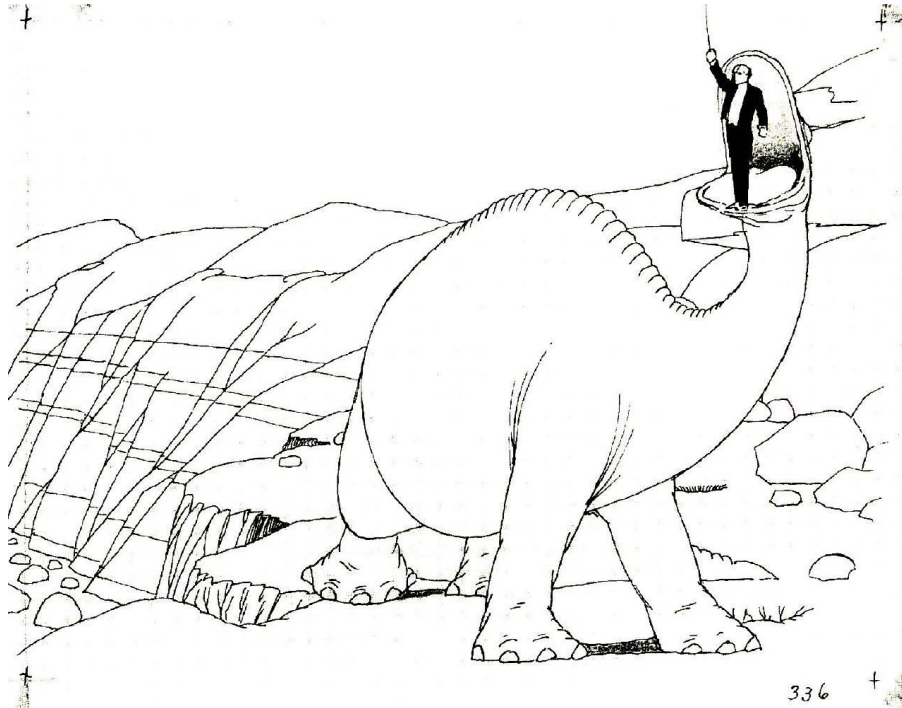


Εικόνα 4: Φωτογραφική καταγραφή της κίνησης του αλόγου που τρέχει και πήδα πάνω από ένα εμπόδιο. Eadweard James Muybridge, 1877. Η εικόνα προέρχεται από: <http://www.thetimes.co.uk/tto/arts/visualarts/photography/article2684758.ece>

Ο J. Stuart Blackton ήταν πιθανός ο πρώτος Αμερικάνος κινηματογραφιστής ο οποίος χρησιμοποίησε τεχνικές σχεδιαστικού- δισδιάστατου animation στα έργα του. Ένας Γάλλος καλλιτέχνης, ο Emil Cohl ξεκίνησε να ζωγραφίζει απλές γραμμές που τους έδινε ζωή και με την δημιουργία της ταινίας του Fantasmagorie το 1908 εφάρμοσε για πρώτη φορά την μεταμόρφωση ενός αντικειμένου σε ένα άλλο. Η ταινία περιλάμβανε μια μικρόσωμη φιγούρα που έπαιρνε σταδιακά διάφορες μορφές όπως μπουκάλι κρασιού, λουλούδι κ.λπ. Το animation έγινε με ζωγραφιές σε λευκό χαρτί οι οποίες φωτογραφήθηκαν και αποτυπώθηκαν στο αρνητικό του φιλμ δημιουργώντας έτσι το εφέ της κιμωλίας πάνω σε μαυροπίνακα (Roberts 2007).

Ακολουθώντας αυτές τις πρώτες επιτυχίες των Blackton και Cohl και άλλοι καλλιτέχνες αποφάσισαν να ασχοληθούν με το animation και να εξερευνήσουν τις δυνατότητες του νέου αυτού μέσου. Ένας από αυτούς ήταν ο καλλιτέχνης Winsor McCay, ένας επιτυχημένος σκιτσογράφος εφημερίδων ο οποίος μάζεψε μια ομάδα

καλλιτεχνών και δημιούργησαν animations με περισσότερη έμφαση στις λεπτομέρειες. Τα διασημότερα έργα του ήταν τα εξής: little Nemo (1911), Getie the Dinosaur (1914) (εικόνα 5) και The Sinking of Lusitania (1918) (Williams 2001).



**Εικόνα 5: Στιγμιότυπο από την ταινία Getie the Dinosaur. Winsor McCay, 1914. Η εικόνα προέρχεται από: <http://de.academic.ru/dic.nsf/dewiki/515163>**

Η εμπορική και συστηματική παραγωγή ταινιών animation που έγιναν γρήγορα γνωστά ως cartoons ξεκίνησε το 1910. Η βιομηχανία του animation εξελίχθηκε ραγδαία μέσα στις επόμενες δεκαετίες με πιο γνωστούς εκπροσώπους τους αδελφούς Warner και Disney. Το 1918 ιδρύθηκε από τους αδελφούς Warner: Albert, Harry, Sam και Jack η εταιρία Warner Brothers Studio που γρήγορα εξελίχθηκε και απλώθηκε σε πολλούς τομείς όπως: όπως ο κινηματογράφος, η τηλεόραση και το ραδιόφωνο (Andaur και Mullen 2010). Η Warner Brothers Studio γρήγορα ξεκίνησε τον πειραματισμό της με το σχεδιαστικό animation. Την δεκαετία του 1930 έκαναν την εμφάνισή τους τα γνωστά Looney Tunes μια σειρά από cartoons με πρωταγωνιστές διάφορα ζώα που είχαν την ικανότητα να μιλούν και να συμπεριφέρονται σαν άνθρωποι (εικόνα 6) (Williams 2001).

Την ίδια περίοδο που οι αδελφοί Warner κάνανε τα πρώτα τους βήματα στον τομέα του σχεδιαστικού animation ιδρύθηκε μια ακόμα εταιρεία η οποία έμελλε να

αλλάξει για πάντα τον κόσμο του animation και να πρωταγωνιστήσει στην εξέλιξή του. Συγκεκριμένα στις 16 Οκτωβρίου 1923 οι αδελφοί Walt και Roy Disney ίδρυσαν το Disney Brothers Cartoon Studio στην Καλιφόρνια. Γρήγορα η Walt Disney Productions καθιερώθηκε ως αρχηγική φυσιογνωμία και κινητήρια δύναμη στον τομέα της ψυχαγωγίας γενικότερα και του animation ειδικότερα. Το 1928 η Disney δημιούργησε και παρουσίασε τη μικρού μήκους ταινία animation Steamboat Willie η οποία έκανε αμέσως πάταγο γιατί ήταν το πρώτο δυσδιάστατο animation με συγχρονισμένο ήχο. Στο animation αυτό έγινε ευρέως γνωστή η φιγούρα του Mickey Mouse του μικρού ποντικού που αργότερα έγινε και το σύμβολο της Walt Disney (εικόνα 7) (Blair 1994).

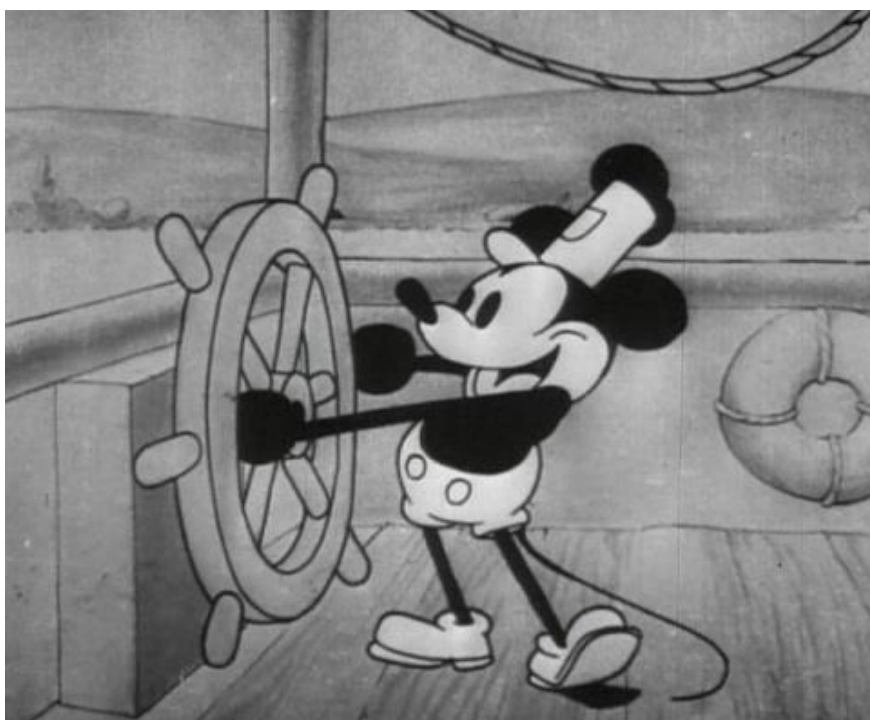


**Εικόνα 6:** Σκηνή από το animation *Porky's Hare Hunt*. Η πρώτη ταινία με πρωταγωνιστή τον γνωστό Bugs Bunny, δημιουργήθηκε από τους Ben Bugs Hardaway και Cal Dalton το 1938. Η εικόνα προέρχεται από: [http://looneytunes.wikia.com/wiki/Porky's\\_Hare\\_Hunt](http://looneytunes.wikia.com/wiki/Porky's_Hare_Hunt)

Η επιτυχία των μικρών ασπρόμαυρων animation της Disney την ώθησαν να κάνει συμφωνία με το Studio παραγωγής Technicolor με σκοπό την δημιουργία έγχρωμων ταινιών στα τέλη του 1935. Το πρώτο έγχρωμο animation μεγάλου μήκους ήταν η Χιονάτη και η Επτά Νάνοι, που έκανε πρεμιέρα το 1937 με τεράστια επιτυχία και σηματοδότησε την αρχή μιας σειράς εξελίξεων και ραγδαίας προόδου στο

σχεδιαστικό δισδιάστατο animation (Roberts 2007). Στις δεκαετίες που ακολούθησαν μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 90 βγήκαν πολλές ταινίες σχεδιαστικού animation από την Disney, την Warner Bros και την Dreamworks. Οι συνεχόμενες επιτυχίες οδήγησαν σε ταινίες δισδιάστατου animation με μεγάλο κόστος παραγωγής όπως το Lion King (1994), καθιστώντας το animation ισάξιο των μεγάλων κινηματογραφικών ταινιών σε κύρος και ποιότητα (εικόνα 8) (Williams 2001).

Δημιουργήθηκαν και εδραιώθηκαν σχολές από κάθε μεγάλη εταιρεία με ιδιαίτερο καλλιτεχνικό στυλ και οπτική ταυτότητα. Παράλληλα εξελίχθηκε και το θεωρητικό υπόβαθρο του animation με κανόνες και στοιχεία που το καθιστούσαν πιο πιστευτό και οργανικό. Το 1981 δύο μεγάλοι animators της Disney ο Ollie Johnston και ο Frank Thomas εξέδωσαν το βιβλίο *The Illusion of Life: Disney Animation* στο οποίο γινόταν ανάλυση της διαδικασίας ανάπτυξης του δισδιάστατου animation και των βασικότερων κανόνων που το διέπουν. Συγκεκριμένα έγινε η παρουσίαση των δώδεκα πιο βασικών αρχών του, οι οποίοι είχαν αναπτυχθεί μέχρι τότε και συμβάλουν στο να είναι ένα animation πιο ζωντανό και ρεαλιστικό. Οι δώδεκα αυτές αρχές που είναι γνωστές ως, βασικές αρχές του animation, χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα και εφαρμόζονται σε όλα τα είδη του (Ratner 2004).



**Εικόνα 7:** Στιγμιότυπο από την ταινία *Steamboat Willie*. Δημιουργήθηκε από την Disney το 1928. Η εικόνα προέρχεται από: <http://amethysthintonsainz.blogspot.com/2012/11/steamboat-willie-halloween-costume.html>



Εικόνα 8: Η ταινία της Disney, *Lion King*, συνέβαλε σημαντικά στην ανάδειξη του δισδιάστατου animation ως ένα πολύ ποιοτικό μέσο για ψυχαγωγικούς σκοπούς. Δημιουργήθηκε το 1994. Η εικόνα προέρχεται από: <http://metalarcade.net/2011/10/the-lion-king-blu-ray-review-2/#.UXAjrXTqcc>

## 1.2 Σημαντικότεροι σταθμοί στην εξέλιξη του 3d animation

Οι ραγδαίες εξελίξεις της τεχνολογίας από την δεκαετία του 1970 και ύστερα επέτρεψαν την κατασκευή υλικού και λογισμικού που να υποστηρίζει την δημιουργία και απεικόνιση ρεαλιστικών, ψηφιακών, τρισδιάστατων αντικειμένων, γνωστών και ως computer graphics ή computer generated images (cgi) (Sarstedt, 2012). Ο William Fetter ήταν ο πρώτος άνθρωπος που χρησιμοποίησε τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές για να κάνει animate και σχεδιασμό απλών τρισδιάστατων μοντέλων. Το 1960 δημιούργησε το πρώτο ανθρώπινο τρισδιάστατο μοντέλο, το οποίο ήταν φτιαγμένο από απλά σχήματα και γραμμές. Το έργο αυτό ονομάστηκε The Boeing Man (Mullen, 2011).

Ο Frederik Parke δημιούργησε το 1972, ένα τρισδιάστατο μοντέλο ανθρώπινου προσώπου με πολύγωνα και ένα χρόνο αργότερα ο Edwin Catmull σχεδίασε το πρώτο τρισδιάστατο ρεαλιστικό ανθρώπινο χέρι (εικόνες 9 και 10) (Liu, 2009). Οι Parke και Catmull συνεργάστηκαν τα επόμενα χρόνια και δούλεψαν σε μια ταινία επιστημονικής φαντασίας, το 1976 και το 1977, η οποία ονομάζονταν FutureWorld και ήταν η πρώτη ταινία που έκανε χρήση εικόνων δημιουργημένων από ηλεκτρονικό υπολογιστή. Το 1977 κυκλοφόρησε η ταινία *Star Wars Episode IV: A New Hope*

στην οποία ο George Lucas χρησιμοποίησε τρισδιάστατα γραφικά για την οπτική ενίσχυσή της. Η επιτυχία της ταινίας συνέβαλε στην συχνότερη χρήση του 3d animation στον κινηματογράφο (Andaur και Mullen 2010).



**Εικόνα 9:** Το πρώτο τρισδιάστατο μοντέλο ανθρώπινου προσώπου. Δημιουργήθηκε το 1972 από τον Frederik Parke. Η εικόνα προέρχεται από: [http://www.chatbots.org/3d\\_human/](http://www.chatbots.org/3d_human/)



**Εικόνα 10:** Η πρώτη προσπάθεια για δημιουργία ενός τρισδιάστατου ρεαλιστικού ανθρώπινου χεριού, έγινε από τον Edwin Catmul το 1973. Η εικόνα προέρχεται από: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2034003/How-Pixar-founders-worlds-3D-graphics.html>

Το 1976 ξεκίνησε η παραγωγή της ταινίας επιστημονική φαντασίας με την ονομασία Tron, η οποία έκανε πρεμιέρα το 1982 και περιελάμβανε ένα συνδυασμό live action και computer animation. Ήταν η πρώτη ταινία που τα σκηνικά της ήταν σχεδόν αποκλειστικά εικόνες δημιουργημένες από ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Το



1993 με την πρεμιέρα της ταινίας Jurassic Park έγινε για πρώτη φορά η εμφάνιση ρεαλιστικών τρισδιάστατων μοντέλων τα οποία ήταν animate (Ratner, 2004).

Το 1995 ήταν μια χρονιά σταθμός για το 3D animation διότι έκανε πρεμιέρα τη χρονιά αυτή το Toy Story, η πρώτη μεγάλου μήκους ταινία τρισδιάστατου animation, η οποία έγινε εξολοκλήρου με την χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών (εικόνα 11). Η μεγάλη επιτυχία της ταινίας καταξίωσε την Pixar ως την πρώτη και μεγαλύτερη εταιρεία που ειδικεύεται στην παραγωγή computer animation films ενώ ώθησε και άλλες μεγάλες εταιρείες όπως την Dreamworks και την 20<sup>th</sup> Century Fox να ασχοληθούν συστηματικά με την παραγωγή τρισδιάστατου animation. Με αυτό τον τρόπο δημιουργήθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 90 μια βιομηχανία στον χώρο του 3D modeling και animation η οποία εξελίχθηκε ραγδαία μέσα στην επόμενη δεκαετία και συνεχίζει να εξελίσσεται με γοργούς ρυθμούς (Andaur και Mullen, 2010).



Εικόνα 11: Σκηνή από το Toy Story, την πρώτη μεγάλου μήκους ταινία τρισδιάστατου animation. Δημιουργήθηκε από την Pixar το 1995. Η εικόνα προέρχεται από: <http://im04.thewallpapers.org/1821/cartoon/toy-story-3>

Το 1999 με την κυκλοφορία της ταινίας Star Wars Episode 1: The Phantom of the Menace σηματοδοτήθηκε μια νέα εποχή για τις χολιγουντιανές ταινίες. Αυτό έγινε

διότι σχεδόν σε κάθε σκηνή της ταινίας υπήρχε 3D animation όπως εξωγήινα πλάσματα και ψηφιακά τρισδιάστατα περιβάλλοντα. Το 2001 έκανε πρεμιέρα το Final Fantasy: The Spirits Within, το οποίο ήταν μια Ιαπωνική και Αμερικάνικη παραγωγή και αποτέλεσε την πρώτη φωτορεαλιστική μεγάλου μήκους ταινία τρισδιάστατου animation (εικόνα 12) (Roberts, 2007). Ένα χρόνο αργότερα με την πρεμιέρα της ταινίας Lord of the Rings: The Two Towers εφαρμόστηκε για πρώτη φορά φωτορεαλιστική καταγραφή κίνησης. Με τον τρόπο αυτό κατάφεραν οι εταιρείες παραγωγής 3d animation και ειδικών εφέ να αυξήσουν αισθητά τον ρεαλισμό στον τρόπο που κινούνται οι ψηφιακοί χαρακτήρες και αλληλεπιδρούν με άλλους ζωντανούς οργανισμούς όπως ζώα και ανθρώπους (εικόνα 13).

Στα τέλη του 2009 με την κυκλοφορία της ταινίας Avatar εγκαινιάστηκε μια νέα εποχή στον τρόπο με τον οποίο η τρισδιάστατη μοντελοποίηση και το animation χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για την δημιουργία ρεαλιστικών κόσμων και χαρακτήρων (εικόνα 14). Συγκεκριμένα, στην ταινία όλα τα σκηνικά έγιναν στον υπολογιστή, έγινε αναλυτική καταγραφή κίνησης σώματος και προσώπου ηθοποιών το οποίο μεταφέρονταν σε ψηφιακά μοντέλα σε πραγματικό χρόνο ώστε να ελέγχει ο σκηνοθέτης την ταινία απευθείας χωρίς να πρέπει να περιμένει ολόκληρους μήνες για την διαδικασία του post production. Επιπρόσθετα, χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά 3d camera η οποία σε συνδυασμό με τα ψηφιακά γραφικά συνέβαλε στην μεγαλύτερη εμπύθιση των θεατών στον κόσμο της ταινίας (Spencer, 2011).



**Εικόνα 12: Σκηνή από το πρώτο φωτορεαλιστικό τρισδιάστατο animation, το Final Fantasy: Spirits Within. Δημιουργήθηκε το 2001. Η εικόνα προέρχεται από: <http://www.tnmc.org/gnews/archive/finalfantasy.shtml>**



Εικόνα 13: Το Gollum είναι ο πρώτος εξολοκλήρου ψηφιακός χαρακτήρας ο οποίος έπαιξε σε κινηματογραφική ταινία. Δημιουργήθηκε για τις ανάγκες της ταινίας, *Lord of the Rings: The Two Towers*, που προβλήθηκε στους κινηματογράφους το 2002. Η εικόνα προέρχεται από: <http://www.hobbitpictures.com/the-hobbit-pictures/gollum-aka-smeagol-aka-andy-serkis-in-the-hobbit-an-unexpected-journey/>



Εικόνα 14: Η ταινία *Avatar* που έκανε πρεμιέρα το 2009, ήταν η πρώτη φορά που χρησιμοποιήθηκε εκτεταμένα η σύνθετη καταγραφή κίνησης για την μεταφορά εκφράσεων και κινήσεων των ηθοποιών σε τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα. Η εικόνα προέρχεται από: <http://www.berfrois.com/2011/07/biopolitical-implications-of-motion-capture/>

### 1.3 Το μέλλον του 3D modeling/ animation

Το 2012 και 2013 είναι δύο χρονιές που οι τεχνολογικές εξελίξεις τους, έδωσαν νέα ώθηση στον τομέα του 3d animation και έδειξαν τις ακόμα μεγαλύτερες προοπτικές που μπορεί να έχει στο μέλλον. Οι σημαντικότερες εξελίξεις τα δύο αυτά χρόνια έχουν σχέση με την ανάπτυξη ενός προηγμένου ψηφιακού συστήματος σκελετού και μυών που αναπτύχθηκε για την ταινία *The Hobbit: An Unexpected Journey* με σκοπό τον αυξημένο ρεαλισμό στον τρόπο κίνησης των ψηφιακών χαρακτήρων (εικόνα 15). Επιπρόσθετα, το 2013 η εταιρεία καρτών γραφικών Nvidia παρουσίασε μια νέα τεχνολογία face- rendering που την ονόμασε Face Works και μπορεί να φέρει επανάσταση στον τρόπο που κάνουν εκφράσεις οι τρισδιάστατοι χαρακτήρες σε εφαρμογές πραγματικού χρόνου, όπως animations σε βιντεοπαιχνίδια. Η Face Works συμπίεζει τεράστια δεδομένα καταγραφής κίνησης προσώπου τα οποία έχουν καταγράψει 156 κάμερες τοποθετημένες γύρω από ένα ανθρώπινο πρόσωπο, το οποίο κάνει εναλλαγές μεταξύ 30 βασικών ανθρώπινων εκφράσεων. Τα δεδομένα αυτά συμπίεστηκαν έτσι ώστε να μπορούν να τα ανακαλέσουν οι κάρτες γραφικών νέας γενιάς σε πραγματικό χρόνο (εικόνα 16) (Miles, 2013).



Εικόνα 15: Το ψηφιακό σύστημα μυών και κόκκαλων που αναπτύχθηκε για την ταινία *The Hobbit: An Unexpected Journey*, που έκανε πρεμιέρα το 2012. Η εικόνα προέρχεται από: <http://3d-tastic.blogspot.com/2013/02/the-hobbit-vfx-breakdown-real.html>



**Εικόνα 16:** Σκηνή από την παρουσίαση της τεχνολογίας Faceworks που παρουσίασε η Nvidia το 2013. Η εικόνα προέρχεται από: <http://game20.gr/news/nvidia-face-works-wave-works-3293/>

Το 2012 κυκλοφόρησε το ασπρόμαυρο animation μικρού μήκους με τίτλο Paperman από την Disney. Η βασική τεχνική που χρησιμοποιήθηκε στην ανάπτυξή του ονομάζεται final line advection και έχει πολλά προτερήματα καθώς δίνει στους καλλιτέχνες και τους animators μεγάλο έλεγχο και ελευθερία καθώς το δισδιάστατο και τρισδιάστατο animation γίνονται ταυτόχρονα στο ίδιο τμήμα της παραγωγής. Συγκεκριμένα, το σύστημα που αναπτύχθηκε επιτρέπει την δημιουργία δισδιάστατων γραφικών τα οποία κλειδώνουν και ακολουθούν τα τρισδιάστατα μοντέλα παραμένοντας στην θέση που τοποθετήθηκαν. Στο Paperman είναι η πρώτη φορά που αναπτύχθηκε ταυτόχρονα δισδιάστατο και τρισδιάστατο animation και ενώθηκαν δημιουργώντας ένα νέο στυλ που να περιέχει τα θετικά στοιχεία και των δύο κατηγοριών. Σκοπός των δημιουργών της ταινίας ήταν να παντρέψουν την εκφραστικότητα του δισδιάστατου animation με την σταθερότητα και την πολυδιάστατη μορφή του τρισδιάστατου (εικόνα 17) (McMillan, 2013).



Εικόνα 17: Η τεχνολογία **final line advection** που αναπτύχθηκε για το animation **Paperman**, το οποίο κυκλοφόρησε στα τέλη της χρονιάς 2012. Η εικόνα προέρχεται από: <http://www.blodgettsblognstuff.com/2012/10/behind-scenes-breakdown-paperman.html>

Οι τελευταίες τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέις των γραφικών και των λογισμικών δίνουν νέα ώθηση γενικότερα σε όλα τα είδη του animation ενώ παράλληλα τα όρια μεταξύ των διάφορων ειδών του γίνονται πιο δυσδιάκριτα. Επιπρόσθετα, αυξήθηκε ο ρεαλισμός στον τρόπο που κινούνται και φαίνονται οι τρισδιάστατοι χαρακτήρες. Η κυκλοφορία πολλών προγραμμάτων για ανάπτυξη animation βοηθάει ακόμα και ελεύθερους επαγγελματίες στο να μάθουν και να ασχοληθούν με το animation. Το μέλλον προβλέπεται πολύ ευοίωνο ιδιαίτερα για το τρισδιάστατο animation το οποίο θα εμφανίζεται όλο και συχνότερα και σε περισσότερους τομείς της καθημερινής ζωής του ανθρώπου από την εκπαίδευση και την ενημέρωση μέχρι την ψυχαγωγία και τις επιστήμες.

## 2 Μεθοδολογία σχεδιασμού και ανάπτυξης εικονικών χαρακτήρων

### 2.1 Concept design/προετοιμασία για 3d modeling

Τα κυριότερα στοιχεία ενός πετυχημένου Animation είναι, η ενδιαφέρουσα πλοκή και το προσεγμένο και μοναδικό design, που καθιστούν το έργο μοναδικό και αξιωματικό. Αρχικά, ο δημιουργός της ταινίας πρέπει να σκεφτεί πως θα μοιάζουν οι χαρακτήρες και το περιβάλλον στο οποίο θα διαδραματίζεται η ιστορία που θέλει να πει (Williams, 2001). Το καλλιτεχνικό στυλ του animation, είναι αυτό που καθορίζει και την οπτική του ταυτότητα οπότε ο σχεδιαστής καλείται να πάρει από νωρίς κρίσιμες αποφάσεις σχετικά με το πώς θα μοιάζουν οι χαρακτήρες που θέλει να δημιουργήσει. Έτσι κάνει αρχικά πολλά δισδιάστατα σχέδια με τα οποία προσπαθεί να καταλήξει στην τελική μορφή και την χρωματική παλέτα που θα έχουν οι ήρωες και τα περιβάλλοντα της ταινίας (εικόνα 18). Μέσα από τα σκίτσα προσπαθεί να αποδώσει όσο το δυνατόν πιο πειστικά και την προσωπικότητα και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κάθε χαρακτήρα (Spencer, 2011).



Εικόνα 18: Concept design που δημιουργήθηκε για το μικρού μήκους animation Treasure Hunting ως πρακτικό κομμάτι της πτυχιακής εργασίας.

Στο στάδιο αυτό οι καλλιτέχνες που αναλαμβάνουν τα σχέδια αρχικής σύλληψης και κατασκευής του δισδιάστατου σχεδιασμού των χαρακτήρων και πριν καταλήξουν στην τελική μορφή τους πρέπει να έρθουν σε επαφή με τους υπόλοιπους σχεδιαστές της ομάδας, 3d modeling artist, rigging artist, texture artist για να σιγουρευτούν πως τα δισδιάστατα σχέδια των χαρακτήρων που έφτιαξαν μπορούν να υλοποιηθούν σχετικά εύκολα και ότι μπορούν να γίνουν εύκολα animation. Αυτό σημαίνει πως οι χαρακτήρες πρέπει να μπορούν εύκολα να αλλάζουν στάσεις σώματος και εκφράσεις με τον τρόπο που να διευκολύνει το έργο του animator (Roberts, 2007).

Το 3d modeling είναι μια τέχνη από μόνο του και προϋποθέτει ο καλλιτέχνης να έχει εξασκημένο μάτι και καλές γνώσεις τόσο της ανθρώπινης ανατομίας όσο και της ανατομίας άλλων έμβιων όντων. Η γνώση δισδιάστατου σχεδίου, γλυπτικής, digital sculpting και animation μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στην βελτίωση του ως 3d modeler (Williams, 2001).

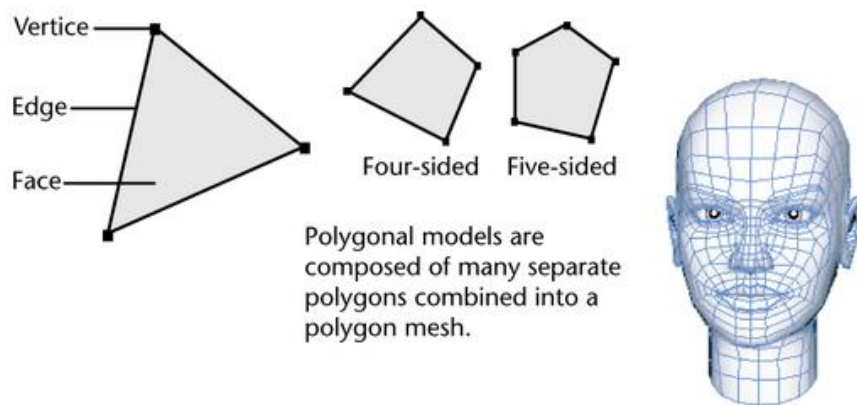


## 2.2 Βασικές έννοιες της τρισδιάστατης μοντελοποίησης

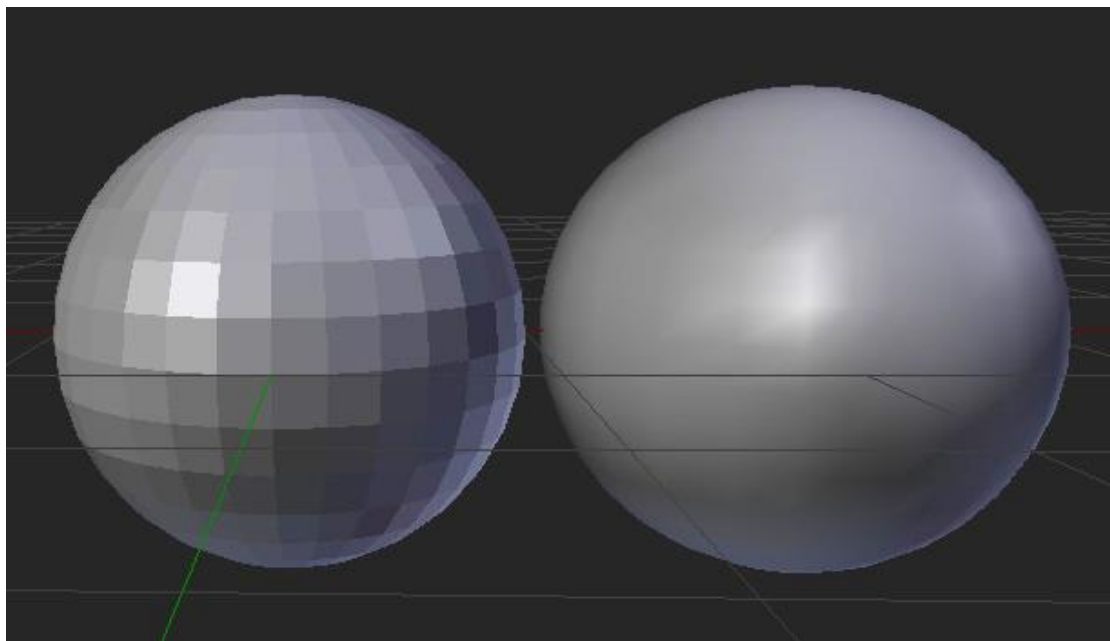
Στα πλαίσια της πτυχιακής μου εργασίας καλούμαι να εξετάσω και να χρησιμοποιήσω διάφορους πιθανούς τρόπους για την παραγωγή 3D μοντέλων. Αφού εξετάσω την κάθε μέθοδο ξεχωριστά και δω τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της, θα επιλέξω την πιο κατάλληλη κάθε φορά, για την δημιουργία ενός τρισδιάστατου μοντέλου. Τα μοντέλα αυτά θα χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή μιας μικρού μήκους ταινίας Animation. Οι μέθοδοι που θα χρησιμοποιήσω είναι οι εξής: poly-by-poly or modeling with image planes or edge extrusion, digital sculpting, modeling with clay and 3d scanning και photogrammetry. Ωστόσο προτού γίνει ανάλυση των προαναφερθέντων μεθόδων είναι σημαντικό να επεξηγηθούν κάποιοι βασικοί όροι της τρισδιάστατης μοντελοποίησης.

Η ψηφιακή τρισδιάστατη μοντελοποίηση κάνει χρήση μιας μεγάλης ποικιλίας γραμμών (splines), nurbs ή πολυγώνων (polygons). Τα splines ή edges είναι εύκαμπτα τμήματα γραμμών τα οποία χωρίζονται με επεξεργάσιμα σημεία τα οποία ονομάζονται vertices. Οι non-uniform, rational b-splines, γνωστότερες και ως nurbs, είναι ευέλικτες γραμμές οι οποίες χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία ομαλών επιφανειών και καμπύλων (Andaur και Mullen, 2010). Οι επιφάνειες αυτές εξαιτίας των control vertices που διαθέτουν μπορούν να σχηματίσουν οποιαδήποτε τρισδιάστατη μορφή (Ratner, 2004). Η τρισδιάστατη μορφή σχηματίζεται από την τοποθέτηση των σημείων (vertices) στο χώρο, δηλαδή στο σύστημα αξόνων x,y και z. Τα splines ή τα nurbs ενώνουν τα vertices οριζόντια και κάθετα σχηματίζοντας ένα wireframe mesh.

Ένα πολύγωνο είναι ένα τμήμα ενός επιπέδου που οριοθετείται από τρεις ή περισσότερες γραμμές ή τμήματα. (εικόνα 19) Οι γραμμές που ενώνουν τα vertices στο polygonal modeling είναι πάντα ευθείες. Έτσι έχουν σημαντικό μειονέκτημα έναντι των nurbs, στα οργανικά μοντέλα με καμπύλες όπως ανθρωπόμορφες φιγούρες και επιφάνειες που δεν ανήκουν στην κατηγορία modeling γνωστή ως hard surface (εικόνα 20) (Ratner, 2004). Μια ακόμα διαφορά του polygonal modeling από το nurbs είναι ότι τα polygons αποτελούνται από χιλιάδες faces, επιφάνειες δηλαδή που έχουν θετική και αρνητική πλευρά. Η θετική είναι η πλευρά που φαίνεται και η αρνητική είναι συνήθως αόρατη και βρίσκεται στην άλλη πλευρά του εκάστοτε face. (Paouri, Magnenat, Thalmann και Thalmann, 2000).



**Εικόνα 19:** Συνοπτική επεξήγηση των διαφόρων ειδών των πολυγώνων και του τρόπου με τον οποίο λειτουργούν. Η εικόνα προέρχεται από: [http://download.autodesk.com/global/docs/maya2012/en\\_us/index.html?url=files/Polygons\\_overview\\_Introduction\\_to\\_polygons.htm,topicNumber=d28e124666](http://download.autodesk.com/global/docs/maya2012/en_us/index.html?url=files/Polygons_overview_Introduction_to_polygons.htm,topicNumber=d28e124666)



**Εικόνα 20:** Σύγκριση των δύο μεθόδων αναπαράστασης των τρισδιάστατων μοντέλων. Η αριστερή σφαίρα είναι δημιουργημένη με polygons και η δεξιά με nurbs. Η εικόνα προέρχεται από: [http://www.tropicsdmg.com/learn3d\\_concepts.html](http://www.tropicsdmg.com/learn3d_concepts.html)

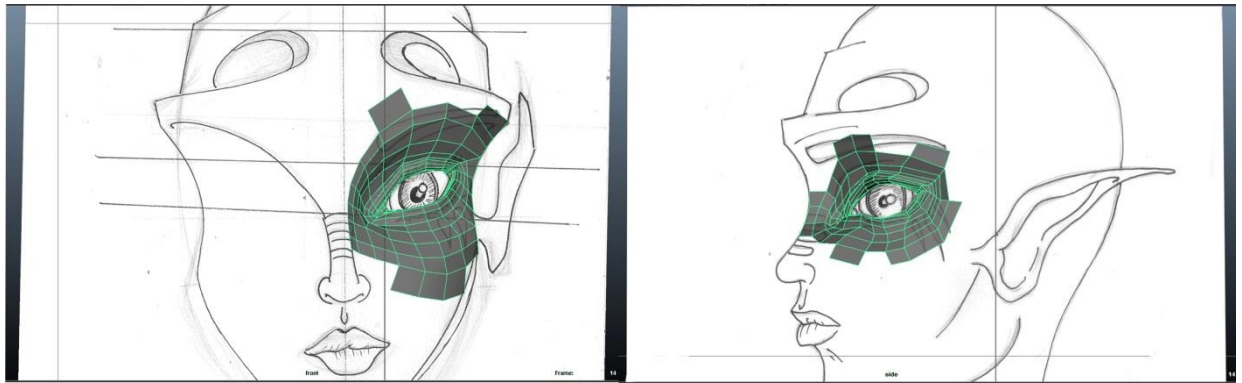
### **3 Μελέτη και χρήση των διάφορων μεθόδων τρισδιάστατης μοντελοποίησης, για παραγωγή μοντέλων για animation**

#### **3.1 Μέθοδος 3d modeling poly-by-poly, edge extrusion ή modeling with image planes**

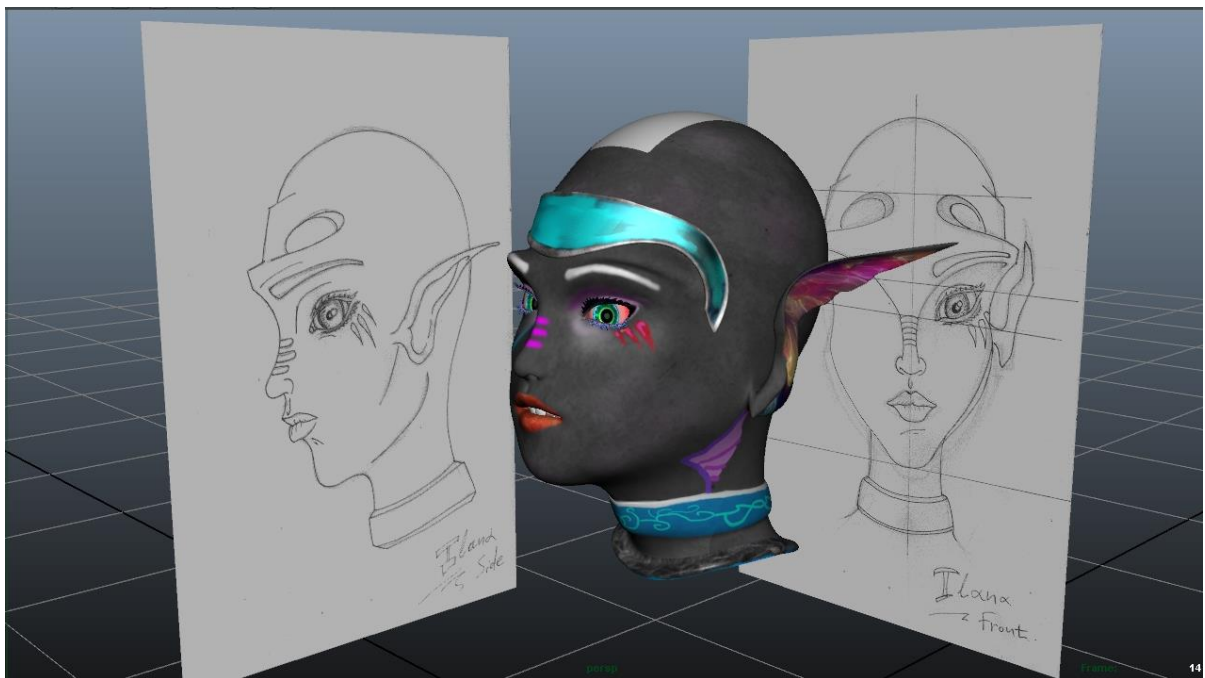
##### **3.1.1 Περιγραφή μεθόδου**

Η πρώτη μέθοδος 3d modeling που θα εξεταστεί είναι η poly-by-poly/ edge extrusion/ modeling with image planes. Αναφέρονται και οι τρεις πιθανές ονομασίες με τις οποίες μπορεί κάποιος να περιγράψει την συγκεκριμένη μέθοδο τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Στην μέθοδο αυτή ο καλλιτέχνης ξεκινάει με ένα μικρό τμήμα του μοντέλου, το οποίο μπορεί να είναι ένα πολύγωνο, μία γραμμή ή ένα σημείο και αναπτύσσει το mesh ακολουθώντας μια συγκεκριμένη επαναληπτική διαδικασία. Η μέθοδος αυτή είναι αρκετά χρονοβόρα, αλλά επιτρέπει απόλυτο έλεγχο στον 3d modeler, όσον αφορά την τοποθέτηση των πολυγώνων, με σκοπό αυτός να πετύχει την σωστή τοπολογία στο τρισδιάστατο έργο του (Mullen, 2011). Με τον όρο τοπολογία εννοούμε την σωστή τοποθέτηση των πολυγώνων σε ένα mesh με μία λογική επανάληψή τους, ώστε να επιτρέπουν πιο ομαλές μεταμορφώσεις την στιγμή που θα γίνουν animate.

Η μέθοδος poly-by-poly είναι ιδιαίτερα δημοφιλής κυρίως για την δημιουργία τρισδιάστατων ανθρωπόμορφων προσώπων εξαιτίας του ελέγχου που δίνει στον digital artist και της λεπτομέρειας που μπορεί να αποδώσει. Στη συγκεκριμένη μέθοδο γίνεται χρήση δύο εικόνων του μοντέλου σε δισδιάστατη μορφή. Η μία απεικονίζει το μοντέλο από την μπροστινή του όψη, front perspective view, και η δεύτερη το απεικονίζει από μια πλαϊνή όψη, right side or left side view (εικόνα 21) (Liu, 2006). Αφού τοποθετηθούν οι δύο εικόνες σε οποιοδήποτε πρόγραμμα τρισδιάστατης μοντελοποίησης, ο καλλιτέχνης είναι έτοιμος να ξεκινήσει να τοποθετεί τα πολύγωνα ή τα nurbs ακολουθώντας τις γραμμές και τις φόρμες των δισδιάστατων σκίτσων. Η μπροστινή εικόνα του μοντέλου βοηθάει τον 3d artist να αντιληφθεί το γενικό περίγραμμα του μοντέλου και η πλαϊνή εικόνα να αποδώσει το βάθος (εικόνα 22) (Andaur και Mullen, 2010).



**Εικόνα 21:** Οι δύο όψεις από την δημιουργία ενός ανθρωπόμορφου προσώπου που αναπτύχθηκε στα πλαίσια του πρακτικού τμήματος της πτυχιακής. Το πρόσωπο κατασκευάστηκε με την χρήση της μεθόδου poly-by-poly.



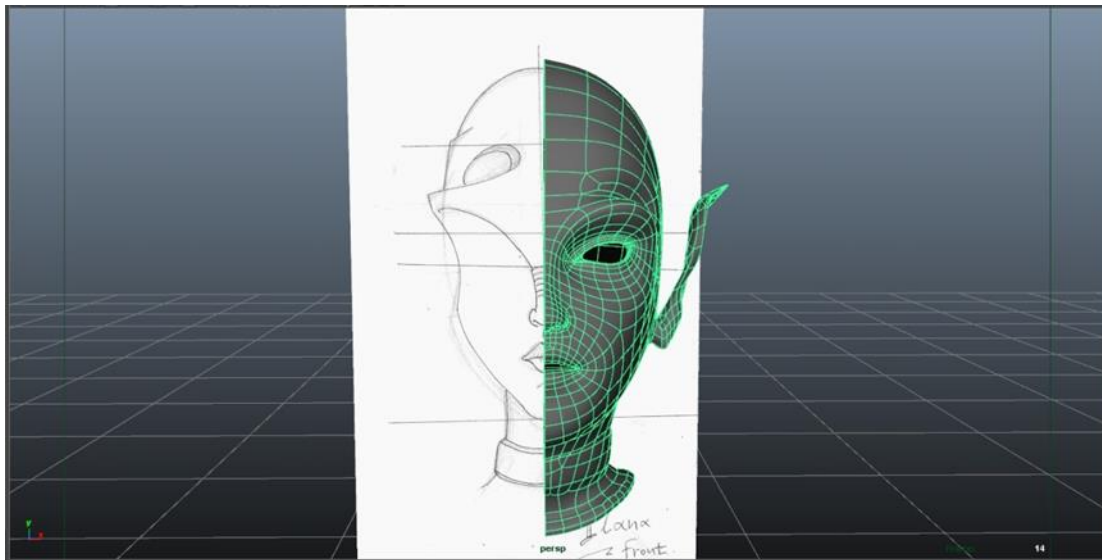
**Εικόνα 22:** Το ανθρωπόμορφο πρόσωπο ολοκληρωμένο μαζί με τις εικόνες, που βοήθησαν στην δημιουργία του.

### 3.1.2 Χρήση μεθόδου

Η μέθοδος poly-by-poly ή edge extrusion ήταν η πρώτη που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη τρισδιάστατου μοντέλου στο πλαίσιο διερεύνησης της αποτελεσματικότητάς της. Η μέθοδος αυτή ενδείκνυται να χρησιμοποιείται όταν επιθυμούμε να κάνουμε ένα ψηφιακό μοντέλο το οποίο να παραμένει πιστό σε ένα απλό δισδιάστατο σχέδιο. Η συγκεκριμένη μέθοδος προσφέρει ακρίβεια και καλή

τοπολογία καθώς ο χρήστης έχει απόλυτο έλεγχο στην τοποθέτηση των πολυγώνων. Έτσι χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του κεφαλιού του ανθρωποειδούς μοντέλου. Ήταν γνωστό εκ των προτέρων πως το τελικό μοντέλο του κεφαλιού έπρεπε να έχει σωστή τοπολογία για να γίνονται σωστά και εύκολα animate ο λαιμός αλλά και τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του προσώπου του με σκοπό την δημιουργία πιστευτών εκφράσεων.

Επιπλέον, ήταν σημαντικό να τηρηθούν πιστά τα σχέδια που γίνανε γιατί περιγράφανε με ακρίβεια την ανατομία του ανθρωπόμορφου μοντέλου. Έτσι χρησιμοποιήθηκαν δύο σχέδια, ένα της πρόσοψης του κεφαλιού και ένα του προφίλ του και τοποθετήθηκαν τα πολύγωνα, μέχρι να γίνει η ολοκλήρωση του ενός ημισφαίριου του κεφαλιού και ύστερα να γίνει η αντιγραφή και η ένωση τα δύο τμημάτων του (εικόνα 23). Έτσι έγινε εξοικονόμηση χρόνου, αλλά υπήρχε η δυνατότητα να πραγματοποιηθεί αυτό, διότι το κεφάλι του ανθρωποειδούς μοντέλου που αναπτύχθηκε ήταν συμμετρικό δηλαδή τα δύο ημισφαίρια του να έχουν ακριβώς τις ίδιες αναλογίες. Σε περίπτωση που η μια του πλευρά έπρεπε να διαφέρει από την άλλη σημαντικά ο τρόπος αυτός δεν θα ήταν τόσο γρήγορος και θα χρησιμοποιούνταν μάλλον η ψηφιακή γλυπτική.



**Εικόνα 23:** Το αποτέλεσμα της ολοκλήρωσης του μισού κεφαλιού του μοντέλου με βάση τα διδιάστατα σκίτσα. Είναι ξεκάθαρη η σωστή επανάληψη των πολυγώνων που δημιουργήθηκε από την εφαρμογή της μεθόδου poly-by-poly.

Επομένως, το συμπέρασμα είναι πως η μέθοδος poly-by-poly χρησιμοποιείται συχνά για τμήματα μοντέλων που χρειαζόμαστε ακρίβεια στην τοπολογία του μοντέλου και πιστή ομοιότητα με διδιάστατα σχέδια. Τα αποτελέσματα της μεθόδου

αυτής είναι πολύ καλά αλλά ως μέθοδος είναι αρκετά χρονοβόρα σε σχέση με άλλες γι' αυτό χρησιμοποιείται μόνο όπου είναι εντελώς απαραίτητη όπως στην περίπτωση της εργασίας μου στο πρόσωπο του ανθρωπόμορφου μοντέλου μου. Τέλος, ένα αρνητικό στοιχείο της μεθόδου αυτής είναι ότι δεν επιτρέπει μεγάλη πολυπλοκότητα στο τελικό της αποτέλεσμα ενώ όσο αυξάνεται η πολυπλοκότητα του μοντέλου αυξάνεται ραγδαία και ο χρόνος κατασκευής του.

## **3.2 Μέθοδος 3d modeling - digital sculpting**

### **3.2.1 Περιγραφή Μεθόδου**

Μια άλλη μέθοδος τρισδιάστατης μοντελοποίησης η οποία χρησιμοποιείται όλο και συχνότερα από την βιομηχανία για την παραγωγή εικονικών χαρακτήρων είναι το digital sculpting. Η μέθοδος αυτή διαφέρει πολύ από την poly-by-poly και έρχεται πολύ κοντά στην πραγματική γλυπτική και την ζωγραφική. Οι κυριότερες έννοιες που με τις οποίες σχετίζεται το digital sculpting είναι η στάση των μοντέλων (gesture), η φόρμα τους (form) και η αναλογία (proportion) (Sarstedt 2012). Αν και το digital sculpting χρησιμοποιείται κυρίως για την απόδοση λεπτομερειών στα 3d μοντέλα όπως, ρυτίδες, φλέβες, τραχιές επιφάνειες και φθορές για την απόδοση της υφής των τρισδιάστατων επιφανειών, σημαντικό ρόλο παίζουν επίσης η γενικές φόρμες και τα σχήματα που απαρτίζουν το βασικό μοντέλο. Ο καλλιτέχνης μπορεί να ξεκινήσει από κάποια βασικά γεωμετρικά σχήματα (primitive shapes) και να αναπτύξει το τρισδιάστατο μοντέλο μορφοποιώντας π.χ μια σφαίρα ή μπορεί από την αρχή να δημιουργήσει με κάποια κάποιες απλές γραμμές το βασικό μοντέλο (basic mesh) και να προσθέσει στην συνέχεια τις λεπτομέρειες που επιθυμεί με sculpting (Spencer, 2008).

Στην ψηφιακή γλυπτική (digital sculpting) ο καλλιτέχνης χειρίζεται εκατομμύρια πολύγωνα τα οποία διαμορφώνουν το τρισδιάστατο γλυπτό του. Στα περισσότερα λογισμικά για digital sculpting υπάρχει μια μεγάλη πληθώρα brushes και materials τα οποία ο καλλιτέχνης μπορεί να χρησιμοποιήσει για να πετύχει διαφορετικά αποτελέσματα. Το digital sculpting έχει πολλά θετικά στοιχεία αλλά και κάποια αρνητικά τα οποία δεν επιτρέπουν τη χρήση του ως αυτούσιο μέσο για παραγωγή τρισδιάστατων μοντέλων, για σκοπούς animation και videogames.

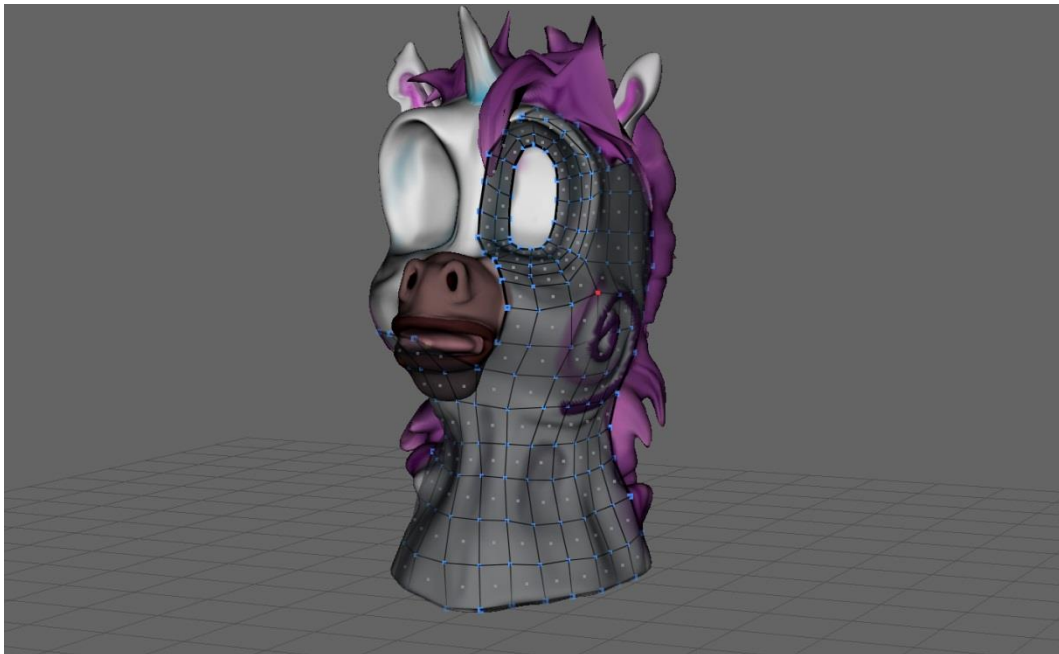
Μέσα στα θετικά του χαρακτηριστικά είναι ότι επιτρέπει μεγάλο βαθμό ρεαλισμού και λεπτομέρειας στα μοντέλα, πράγμα που δεν μπορεί να επιτευχθεί με

την μέθοδο poly-by-poly (εικόνα 24). Ένα ακόμα θετικό στοιχείο του digital sculpting είναι ότι ο χρήστης έχει την δυνατότητα να δημιουργήσει τα textures των τρισδιάστατων μοντέλων χρωματίζοντας το ίδιο το mesh και αποφεύγοντας τις δυσκολίες της δημιουργίας τους μέσα σε δισδιάστατα σχεδιαστικά προγράμματα, όπως το photoshop, paint κ.λπ. (Ratner, 2004). Το κυριότερο αρνητικό του είναι πως ο τεράστιος αριθμός των πολυγώνων καθιστούν αδύνατη τη χρήση του τελικού detail mesh σε οποιοδήποτε ταινία, animation ή videogame. Επομένως είναι απαραίτητη μια συγκεκριμένη προεργασία που θα εξασφαλίσει την λεπτομέρεια του τρισδιάστατου ψηφιακού γλυπτού αλλά με ένα αριθμό πολυγώνων και μια τοπολογία η οποία θα προσφέρεται για animation (Spencer, 2008).

Συγκεκριμένα, υπάρχουν ειδικά λογισμικά που χρησιμοποιούν το high-poly mesh ως καλούπι και επιτρέπουν στον καλλιτέχνη την δημιουργία ενός νέου mesh με αριθμό και τοποθέτηση πολυγώνων που να βολεύει τον δημιουργό και παράλληλα να διατηρεί τις βασικές λεπτομέρειες και τη φόρμα του 3d sculpt. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται retopology (εικόνα 25). Τα λογισμικά που ειδικεύονται στο retopology επιτρέπουν στο χρήστη να τοποθετήσει σημεία (vertices) πάνω στο σύστημα αξόνων x,y,z του μοντέλου που χρησιμοποιείται ως καλούπι (Sarstedt, 2012). Στη συνέχεια ο δημιουργός ενώνει τα vertices με γραμμές (edges) δημιουργώντας έτσι το πλέγμα (wireframe) του νέου μοντέλου. Κάποιες μικρές λεπτομέρειες που χάνει στο νέο mesh ο δημιουργός μπορεί να τις πάρει από το high-poly mesh με την μορφή maps ( Normal Map, Displacement Map, Ambient Occlusion, Cavity Map). Τα maps δεν είναι τίποτα άλλο από εικόνες που έχουν καταγράψει πληροφορίες σχετικές , με το πώς θα ανακλάται το φως στην επιφάνεια του μοντέλου, ποιες επιφάνειες θα προεξέχουν περισσότερο και ποιες όχι , τα χρώματα που θα έχει το μοντέλο και τέλος ποιες περιοχές του μοντέλου θα έχουν περισσότερες σκιάς ( Williams, 2001).



**Εικόνα 24:** Στιγμιότυπο από την δημιουργία ενός πήγασου ο οποίος κατασκευάστηκε με την βοήθεια λογισμικού digital sculpting. Φαίνονται ξεκάθαρα οι λεπτομέρειες στα φτερά, την ουρά και την χείτη του.



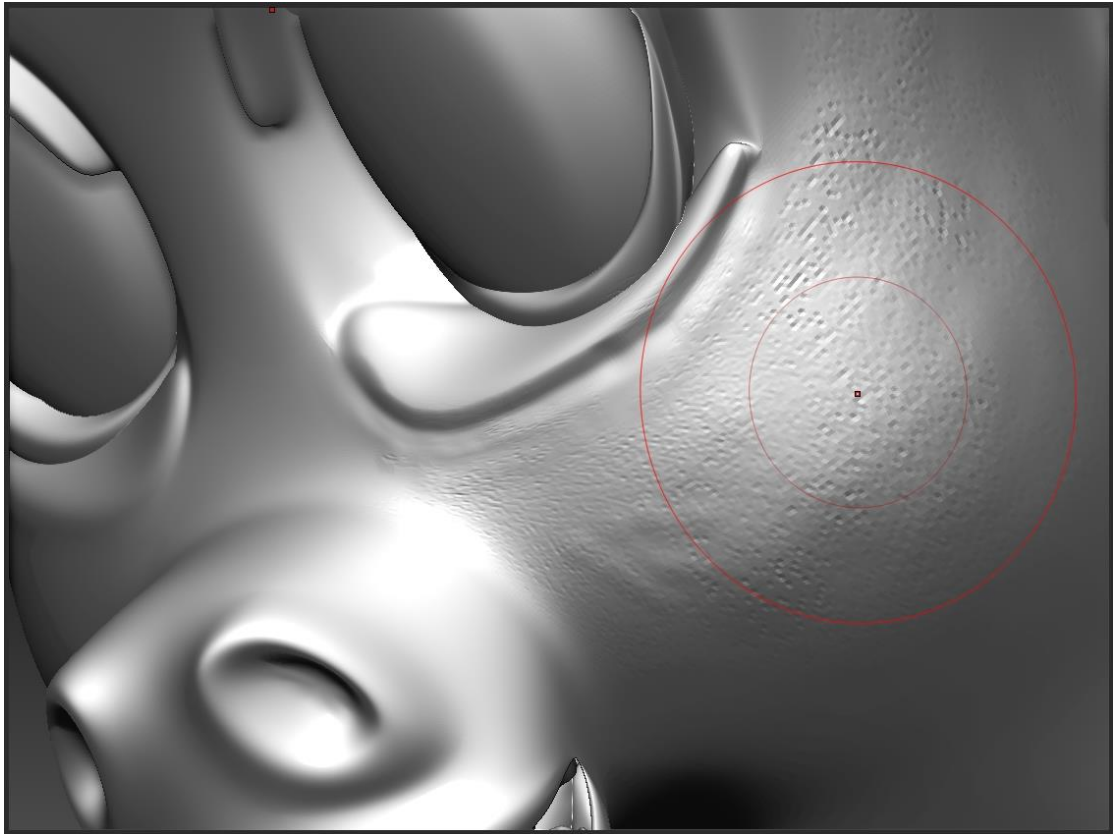
**Εικόνα 25:** Απόσπασμα από την διαδικασία του retopology που εφαρμόστηκε για να μπορέσει το μοντέλο να χρησιμοποιηθεί για σκοπούς animation.



### 3.2.2 Χρήση μεθόδου

Η ψηφιακή γλυπτική ήταν η δεύτερη μέθοδος η οποία διερευνήθηκε στην εργασία. Με την μέθοδο αυτή δημιουργήθηκε το τρισδιάστατο μοντέλο του πήγασου. Η μέθοδος της ψηφιακής γλυπτικής μοιάζει πολύ με την πραγματική γλυπτική μόνο που γίνεται εικονικά. Ο καλλιτέχνης χρησιμοποιεί αντί για πραγματικά υλικά χρησιμοποιεί ένα τεράστιο αριθμό πολύγνων τα οποία μορφοποιεί σύμφωνα με τις ανάγκες του. Επειδή δεν υπήρχαν σκίτσα έτοιμα για το μοντέλο αυτό πριν αρχίσει η κατασκευή του και έπρεπε να γίνουν δοκιμές για να δημιουργηθεί η μορφή του, έγινε επιλογή της μεθόδου της ψηφιακής γλυπτικής που προσφέρει μεγάλη ελευθερία και ταχύτητα στον τρόπο με τον οποίο θα δημιουργηθεί το βασικό μοντέλο.

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα της ψηφιακής γλυπτικής είναι τα μεγάλα επίπεδα λεπτομέρειας που προσφέρει, η ελευθερία στον τρόπο χρήσης των πολύγνων, η ταχύτητα με την οποία μπορεί να δημιουργηθεί ένα βασικό μοντέλο και δυνατότητα που δίνει για πειραματισμό ( εικόνα 26). Για τους λόγους χρησιμοποιήθηκε η συγκεκριμένη μέθοδος, γιατί δεν ήταν ξεκάθαρο το πώς έπρεπε να μοιάζει ο πήγασος και έπρεπε να γίνουν δοκιμές για να βρεθεί η τελική του μορφή. Με την μέθοδο αυτή έγινε δυνατό να προστεθούν λεπτομέρειες όπως τα φτερά, η ουρά και η χ αίτη του πήγασου τα οποία θα γινόταν πολύ δύσκολα με άλλες μεθόδους όπως η μέθοδος poly-by-poly. Τέλος, η μέθοδος αυτή προσφέρεται τόσο για την ταυτόχρονη δημιουργία πολλών τμημάτων ενός ψηφιακού μοντέλου όσο και για την δημιουργία ενός ολοκληρωμένου μοντέλου από την αρχή όπως στην περίπτωση του πήγασου. Άρα ανά πάσα στιγμή ο δημιουργός βλέπει το μοντέλο ολοκληρωμένο και δεν χρειάζεται να περιμένει τα τελικά στάδια της μοντελοποίησης για να το δει (Sarstedt, 2012).



**Εικόνα 26: Λεπτομέρεια από την δημιουργία ενός μοντέλο που δημιουργήθηκε στα πλαίσια του πρακτικού μέρους της πτυχιακής εργασίας. Φαίνεται καθαρά ο αυξημένος βαθμός λεπτομέρειας που μπορεί να επιτευχθεί με την χρήση της ψηφιακής γλυπτικής.**

Το κυριότερο ίσως μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι η επεξεργασία που χρειάζεται το μοντέλο προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για σκοπούς animation. Αυτό συμβαίνει διότι η επαναλήψεις των πολύγωνων δεν είναι σωστά τοποθετημένες και πρέπει το τρισδιάστατο γλυπτό να χρησιμοποιηθεί ως καλούπι από το οποίο θα δημιουργηθεί ένα νέο mesh, το οποίο έχει την ίδια μορφή με το αυθεντικό γλυπτό, αλλά λογικά τοποθετημένες επαναλήψεις πολύγωνων, σύμφωνα με τους κανόνες της τοπολογίας. Η ψηφιακή γλυπτική χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις που χρειαζόμαστε μεγάλη λεπτομέρεια σε ένα μοντέλο αλλά τις λεπτομέρειες του τρισδιάστατου γλυπτού τις μεταφέρουμε στο mesh με την σωστή τοπολογία, με την μορφή των διάφορων maps (Spencer, 2011).

Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα η ψηφιακή γλυπτική δεν ενδείκνυται σε περιπτώσεις που δεν επιθυμούμε να δημιουργήσουμε ένα πολύπλοκο μοντέλο με πολλές λεπτομέρειες επειδή είναι πολύ χρονοβόρα διαδικασία όταν εμπλέκεται και το animation. Ωστόσο, όταν μία ταινία ή ένα animation χρειάζονται ρεαλιστικά

τρισεδιάστατα μοντέλα, τα οποία δεν υπάρχουν στον πραγματικό κόσμο και πρέπει να δημιουργηθούν από την αρχή στον υπολογιστή, η μέθοδος της ψηφιακής γλυπτικής αποτελεί ουσιαστικά μονόδρομο, εξαιτίας της πολύ υψηλής ποιότητας που προσφέρει στο τελικό της αποτέλεσμα.

### **3.3 Μέθοδος 3d modeling – 3d scanning**

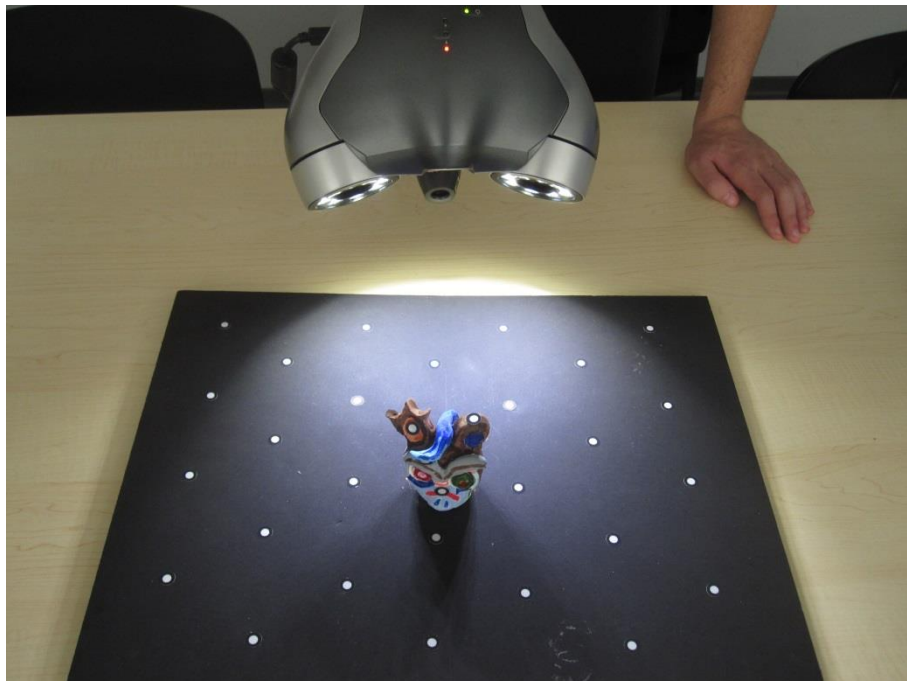
#### **3.3.1 Περιγραφή μεθόδου**

Μια ακόμα μέθοδος τρισεδιάστατης μοντελοποίησης που έχει αναπτυχθεί πολύ τα τελευταία χρόνια είναι το 3d scanning. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως για μοντελοποίηση αντικειμένων με ιστορική αξία όπως π.χ ιστορικά αγάλματα, αγγεία και κολώνες αλλά χρησιμοποιείται και γενικότερα σε περιπτώσεις που ο 3d artist επιθυμεί πολύ μεγάλη ακρίβεια στο τρισεδιάστατο μοντέλο του, το οποίο δημιουργείται με βάση ένα πραγματικό αντικείμενο (Akca, Grun και Breuckmann 2007). Απαραίτητο για την χρήση της συγκεκριμένης τεχνικής επομένως είναι να υπάρχει ένα αληθινό τρισεδιάστατο αντικείμενο το οποίο θέλουμε να ψηφιοποιήσουμε. Πολλές φορές ο καλλιτέχνης, ιδιαίτερα αν έχει γνώσεις γλυπτικής, προτιμάει να δημιουργήσει ένα γλυπτό από πυλό, μάρμαρο, τερακότα κ.λπ. και στην συνέχεια να κάνει σάρωση του μοντέλου του (εικόνα 27) (Paouri, Magnenat, Thalmann και Thalmann, 2000 ).

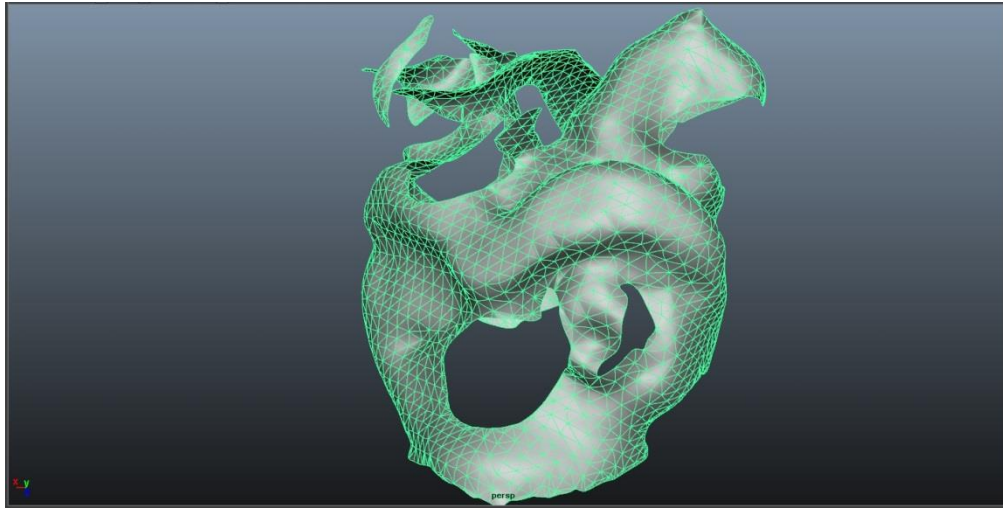
Στις μέρες μας έχουν αναπτυχθεί πολλά συστήματα τρισεδιάστατης σάρωσης, το καθένα για διαφορετικό σκοπό. Όλα όμως έχουν κάποιες αδυναμίες καθώς συνήθως δεν είναι δυνατόν να παράγουν επαρκείς σαρώσεις που καλύπτουν κάθε επιφάνεια ενός τρισεδιάστατου οργανικού μοντέλου (Angelo και Beraldin, 2006). Τα 3d scanners παρά τις διαφορές τους λειτουργούν σχεδόν το ίδιο στο μεγαλύτερο μέρος τους. Συγκεκριμένα, το 3d scanner στέλνει ακτίνες στο τρισεδιάστατο μοντέλο και ανάλογα με τον χρόνο που κάνει η ακτίνα να επιστρέψει στο μηχάνημα και ανάλογα με την θέση του τελευταίου τοποθετείται ένα σημείο στον ψηφιακό τρισεδιάστατο χώρο (εικόνα 28). Έτσι δημιουργούνται τεράστιες ομάδες σημείων (scanned point cloud) οι οποίες δημιουργούν την φόρμα του μοντέλου και καταγράφουν τις λεπτομέρειες που έχει (εικόνα 29). Όσο περισσότερα σημεία στο χώρο έχουν καταγραφεί τόσο πιο κοντά στο πραγματικό τρισεδιάστατο αντικείμενο είναι το ψηφιακό μοντέλο (Akca, Grun και Breuckmann 2007).



**Εικόνα 27:** Μικρό αγαματάκι δημιουργημένο από πηλό. Το μοντέλο αυτό κατασκευάστηκε και χρησιμοποιήθηκε για να εξεταστεί η μέθοδος μοντελοποίησης γνωστή ως 3d scanning.



**Εικόνα 28:** Το μηχάνημα της τρισδιάστατης σάρωσης καθώς αποστέλλει ακτίνες στο κεφάλι του αγάλματος. Οι άσπρες κουκίδες είναι ειδικά αυτοκόλλητα που ονομάζονται locators και βοηθούν στην ορθότερη καταγραφή του αντικειμένου.



**Εικόνα 29:** Στιγμιότυπο από το αποτέλεσμα της τρισδιάστατης σάρωσης του κεφαλιού του αγάλματος. Διακρίνονται εύκολα τα κενά στην σάρωση και η τριγωνοποιημένη μορφή των πολυγώνων που το δημιουργούν.

Τα αποτελέσματα που παίρνουμε μετά από μια τρισδιάστατη σάρωση ωστόσο απαιτούν αρκετή επεξεργασία για να τελειοποιηθούν και να χρησιμοποιηθούν για σκοπούς animation. Το mesh που παράγεται από την ένωση των σημείων στους άξονες x,y,z είναι σε μορφή triangulation, δηλαδή οι επιφάνειες (faces) του μοντέλου έχουν τριγωνική μορφή και τις περισσότερες φορές υπάρχουν απώλειες δεδομένων (holes) στο mesh. Επομένως, είναι απαραίτητο να γίνει μια συγκεκριμένη διαδικασία για να καταστούν χρηστικά τα δεδομένα που πήραμε από το 3d scanner (Ratner, 2004). Αρχικά το triangulated mesh μπαίνει σε ένα λογισμικό τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο οποίο κλείνουν οι τρύπες στο μοντέλο. Στη συνέχεια ο 3d modeler μειώνει τα vertices σε σημεία που δεν θα επηρεάσουν τυχόν λεπτομέρειες του mesh. Το βελτιωμένο μοντέλο στη συνέχεια περνάει από την διαδικασία retopology, όπου χρησιμοποιείται ως καλούπι, για την δημιουργία ενός νέου mesh με πολύ λιγότερα πολύγωνα, τα οποία είναι τετράγωνα (quads), αλλά με την ίδια βασική φόρμα. Τις περισσότερες λεπτομέρειες του αυθεντικού μοντέλου τις παίρνει ο καλλιτέχνης με την μορφή maps (Sarstedt, 2012).

Το 3d scanning χρησιμοποιείται συχνά για συλλογές καταγραφής της κίνησης, όπως για παράδειγμα συλλογές με διάφορα είδη βαδίσματος από ανθρώπους διαφορετικής ηλικίας, φύλου, βάρους και ύψους. Το point cloud ενός μοντέλου, με κατάλληλη επεξεργασία, μετατρέπεται σε ένα mesh, το οποίο προσαρμόζεται σε ένα πρότυπο μοντέλο (template model) αντιστοιχώντας τα μέλη του ενός mesh με τα

αντίστοιχα του άλλου. Το template model είναι ένα mesh το οποίο αντιπροσωπεύει μια κατηγορία μοντέλων π.χ άνθρωποι, σκύλοι, φίδια κ.λπ. και έχει animation είτε από καταγραφή κίνησης (motion capture) μέσω ειδικών αισθητήρων τοποθετημένων, σε κομβικά σημεία σε ένα πραγματικό μοντέλο, είτε έχει γίνει animate manually από κάποιον ειδικό animator. Μέσα από την αντιστοιχία ενός template model με ένα mesh από 3d scanning το δεύτερο αποκτάει ζωή και γίνεται μελέτη σχετικά με το πώς γίνεται η διαδικασία της κίνησης σε διαφορετικά είδη τρισδιάστατων μοντέλων (Paouri, Magnenat, Thalmann και Thalmann, 2000).

Το 3d scanning εξαιτίας της ακρίβειας που παρέχει στην συλλογή δεδομένων για την χρήση τους για σκοπούς τρισδιάστατης μοντελοποίησης, εκτός από την αρχαιολογία χρησιμοποιείται στις μέρες μας όλο και πιο συχνά και για σκοπούς ιατρικής και πιο συγκεκριμένα για ανατομικές μελέτες. Τα τελευταία χρόνια με μεθόδους όπως η αξονική τομογραφία (computed tomography) οι γιατροί μπορούν να παράγουν τρισδιάστατες εικόνες του σώματος του ασθενούς. Επιπλέον, με νέους ανεπτυγμένους σαρωτές ολόκληρου του σώματος ( full body 3d scanner) παρέχεται η δυνατότητα να μετρηθεί με ακρίβεια το μέγεθος του σώματος, το σχήμα και η δερματική επιφάνεια οποιασδήποτε περιοχής του σαρωμένου σώματος. Έτσι γίνεται όλο και δημοφιλέστερη η χρήση του 3d scanning για εκτεταμένες κλινικές εφαρμογές και μεγάλης κλίμακας επιδημιολογικές έρευνες (Treleaven και Wells, 2008).

### 3.3.2 Χρήση μεθόδου

Η τρισδιάστατη σάρωση χρησιμοποιήθηκε επίσης για την παραγωγή τρισδιάστατου μοντέλου. Συγκεκριμένα δημιουργήθηκε ένα μικρό αγαλματάκι από πυλό και το οποίο έγινε σάρωση, για να εξεταστεί η ταχύτητα και η ακρίβεια της μεθόδου αυτής, όσον αφορά την δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων για σκοπούς animation. Η μέθοδος αυτή είναι πολύ χρήσιμη σε περίπτωση που υπάρχει ένα πραγματικό μοντέλο το οποίο επιθυμούμε να χρησιμοποιήσουμε σε ένα τρισδιάστατο ψηφιακό χώρο (Paouri, Magnenat, Thalmann και Thalmann, 2000).

Η τρισδιάστατη σάρωση αν και είναι μια μέθοδος συγκριτικά πολύ ταχύτερη από την poly-by-poly και την ψηφιακή γλυπτική πολλές φορές δεν δίνει ολοκληρωμένα αποτελέσματα και θέλει αρκετή επεξεργασία το κάθε μοντέλο για να χρησιμοποιηθεί σε ρεαλιστικά ψηφιακά περιβάλλοντα, ενώ το αποτέλεσμα δεν είναι σχεδόν ποτέ ακριβώς το ίδιο με το πρωτότυπο (εικόνα 30). Ένα ακόμα αρνητικό της

τρισεδιάστατης σάρωσης είναι πως συχνά υπάρχουν τρύπες, στα σύννεφα σημείων που συλλέγει το μηχάνημα, τις οποίες ο δημιουργός καλείται να κλείσει μόνος του, ενώ το μοντέλο λόγω κακών επαναλήψεων των πολυγώνων πρέπει να υποστεί και σε αυτή την περίπτωση επανατοπολογία, δηλαδή σωστή τοποθέτηση των πολυγώνων που τα αποτελούν. Το σημαντικότερο όμως μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι, συνήθως μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για μικρής κλίμακας μοντέλα, διότι ο εξοπλισμός είναι σε πολλές περιπτώσεις χειροκίνητος και τοποθετημένος σε συγκεκριμένο χώρο, οπότε πρέπει να μεταφερθεί το αντικείμενο προς σάρωση στον καθορισμένο χώρο (Angelo και Beraldin, 2004).



Εικόνα 30: Η σύγκριση μεταξύ του πραγματικού αγάλματος από πύλο και του τρισεδιάστατου ψηφιακού μοντέλου, που δημιουργήθηκε μετά από την επεξεργασία των δεδομένων, που συλλέχθηκαν από την τρισεδιάστατη σάρωση.

### 3.4 Μέθοδος 3d modeling – photogrammetry

#### 3.4.1 Περιγραφή μεθόδου

Πέρα από τις μεθόδους poly-by-poly ή edge extrusion, digital sculpting και 3d scanning υπάρχει και η φωτογραμμετρία (photogrammetry), η οποία χρησιμοποιείται συχνά για την τρισεδιάστατη μοντελοποίηση με βάση πραγματικά μοντέλα. Η φωτογραμμετρία, είναι η πρακτική του καθορισμού των γεωμετρικών ιδιοτήτων των αντικειμένων από φωτογραφικές εικόνες. Δηλαδή, μέσα από μια σειρά φωτογραφιών ενός αντικειμένου, οι οποίες παίρνονται με βάση κάποια κριτήρια όπως, η σταθερή απόσταση τους από το αντικείμενο, καθορίζονται όλες οι πιθανές οπτικές γωνίες

θέασης ενός τρισδιάστατου αντικειμένου. Η φωτογραμμετρία είναι τόσο παλιά όσο και η σύγχρονη φωτογραφία και μπορεί να χρονολογηθεί στα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα (Moccozet, Dellas, Thalmann, Biasotti, Mortara, Falcidieno, Min και Veltkamp, 2006).

Στην απλούστερη μορφή της, η φωτογραμμετρία είναι η απόσταση μεταξύ δύο σημείων που βρίσκονται σε ένα επίπεδο παράλληλο προς το επίπεδο της εικόνας – φωτογραφίας του αντικειμένου. Η απόσταση μεταξύ των σημείων μπορεί να προσδιοριστεί με την μέτρηση της απόστασης τους επάνω στην εικόνα, εάν οι διαστάσεις της εικόνας είναι καθορισμένες με ακρίβεια (Acka, Grun, Brenckmann και Lahanier, 2008).

Η φωτογραμμετρία χρησιμοποιεί μεθόδους από πολλούς επιστημονικούς κλάδους, συμπεριλαμβανομένων των οπτικών και της προβολικής γεωμετρίας. Οι συντεταγμένες του τρισδιάστατου αντικειμένου καθορίζουν την απόσταση των σημείων στο τρισδιάστατο μοντέλο ενώ οι συντεταγμένες του αντικειμένου της φωτογραφίας καθορίζουν τι σχέση του με τα άλλα αντικείμενα και τον χώρο που τα περιβάλλει (Bitelli, Dubbini και Zanutta, 2005). Οι Αλγόριθμοι που αποτελούν την φωτογραμμετρία τυπικά εκφράζουν το πρόβλημα σαν την ελαχιστοποίηση του αθροίσματος ενός συνόλου από σφάλματα. Αυτή η προσαρμογή είναι γνωστή και ως προσαρμογή δέσμης και συχνά εκτελείται χρησιμοποιώντας το Levenberg- Marquardt αλγόριθμο. Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος χρησιμοποιείται κυρίως στα μαθηματικά και την πληροφορική για να εξετάζει και να προσδιορίζει μη γραμμικές επιφάνειες (Angelo και Beraldin, 2004).

Η ραγδαία εξέλιξη της ψηφιακής τεχνολογίας τα τελευταία χρόνια, παρείχε την δυνατότητα στην φωτογραμμετρία να αυτοματοποιηθεί σε ένα μεγάλο βαθμό και να χρησιμοποιηθεί από ανθρώπους, που δεν γνωρίζουν από τρισδιάστατη μοντελοποίηση για την ψηφιοποίηση πραγματικών αντικειμένων. Η ψηφιακή φωτογραμμετρία, όπως αποκαλείται συχνά σήμερα, εφαρμόζεται όλο και συχνότερα σε τομείς όπως: αρχαιολογία, αρχιτεκτονική, δασοκομία, ναυπηγική, κατασκευές μεγάλων έργων οδοποιίας κ.λπ. (εικόνα 31). Ανάλογα με τον τομέα που χρησιμοποιείται η φωτογραμμετρία παίρνει και το αντίστοιχο όνομα, ειδικότερη περίπτωση ονομασίας εφαρμογής είναι η φωτογεωλογία. Πέρα από τις ονομασίες των διαφόρων επιστημών που σχετίζονται με την φωτογραμμετρία, υπάρχει και η φωτοερμηνεία, που είναι η επιστήμη της ανάλυσης των φωτογραφιών που χρησιμοποιούνται στην φωτογραμμετρία (Treleaven και Wells, 2008).



Η φωτογραμμετρία ως μέθοδος τρισδιάστατης μοντελοποίησης μοιάζει αρκετά με το 3D scanning όσον αφορά τα θετικά και τα αρνητικά τους χαρακτηριστικά. Η μέθοδος της φωτογραμμετρίας, όπως ειπώθηκε και πιο πάνω, λόγω της αυτοματοποίησής της, μπορεί να χρησιμοποιηθεί από οποιονδήποτε άνθρωπο αρκεί αυτός να έχει βασικές γνώσεις φωτογραφίας. Υπάρχουν πολλά προγράμματα και λογισμικά όπως τα: Arc3D, 4e Software, ImageModeler, StereoScan και Photo Sculpt, τα οποία προσφέρουν δωρεάν υπηρεσίες φωτογραμμετρίας. Επιπρόσθετα, η εξέλιξη της τεχνολογίας βοηθάει ώστε να παραχθούν λεπτομερή ψηφιακά μοντέλα βασισμένα στα πραγματικά αντικείμενα (εικόνα 31). Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται πολύ συχνά ως μέθοδος για ψηφιοποίηση αρχαίων αγαλμάτων και γενικότερα έργων τέχνης. Στα αρνητικά της μεθόδου αυτής είναι πως παράγονται μοντέλα με πολύ μεγάλο αριθμό πολυγώνων (polygons) και κακή τοπολογία. Έτσι τα μοντέλα τα τρισδιάστατα μοντέλα χρειάζονται πολύ επεξεργασία εάν θέλουμε να τα χρησιμοποιήσουμε για σκοπούς animation ( Paouri, Magnenat, Thalmann και Thalmann, 2000).

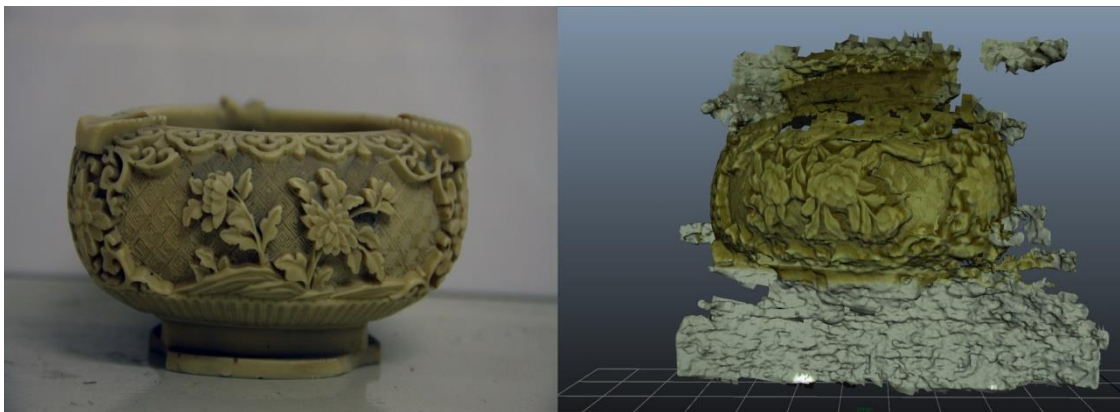


**Εικόνα 31:** Αποτέλεσμα της χρήσης της φωτογραμμετρίας για την ακριβής ψηφιοποίηση αρχαιολογικών ευρημάτων.

### **3.4.2 Χρήση μεθόδου**

Η φωτογραμμετρία διερευνήθηκε είναι ακόμα μια μέθοδος τρισδιάστατης μοντελοποίησης, που διερευνήθηκε για την διαπίστωση της αποτελεσματικότητάς της. Συγκεκριμένα, φωτογραφήθηκε ένα μαρμάρινο σκαλιστό τασάκι με πολλές

λεπτομέρειες για να εξεταστεί η αποτελεσματικότητα της μεθόδου. Ωστόσο εξαιτίας των κακών αποτελεσμάτων που λήφθηκαν αποφασίστηκε να μην χρησιμοποιηθεί το συγκεκριμένο μοντέλο στο animation που έγινε (εικόνα 32). Η μέθοδος της φωτογραμμετρίας έχει αρκετά αρνητικά στοιχεία όπως το γεγονός ότι ο δημιουργός δεν μπορεί να έχει έλεγχο του τελικού αποτελέσματος διότι η δημιουργία του γίνεται από μαθηματικούς αλγόριθμους σύμφωνα με τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί. Επιπρόσθετα, για να μπορέσουν να δουλέψουν σωστά οι αλγόριθμοι που δημιουργούν το τελικό μοντέλο χρειάζονται μεγάλες ποσότητες πληροφορίας και για τον λόγο αυτό πρέπει ο δημιουργός να διαθέτει πολύ καλής ποιότητας εξοπλισμό όπως φωτογραφικές μηχανές, τρίποδες και υψηλής ευκρίνειας βιντεοκάμερες (Bitelli, Duboni και Zanutta, 2005).



**Εικόνα 32:** Αριστερά φαίνεται το μαρμάρινο τασάκι με τις σκαλιστές λεπτομέρειες που φωτογραφήθηκε και δεξιά το ψηφιακό τρισδιάστατο μοντέλο που προέκυψε από την εφαρμογή της μεθόδου της φωτογραμμετρίας.

Στα αρνητικά της μεθόδου αυτής συγκαταλέγεται επίσης και το γεγονός ότι το μοντέλο που θα φωτογραφηθεί πρέπει να μην αποτελείται από γυαλιστερό υλικό όπως γυαλί, μέταλλο ή πορσελάνη γιατί δεν μπορεί να καταγραφεί σωστά η μορφή του από τους αλγόριθμους. Σύμφωνα με αυτά τα δεδομένα που πάρθηκαν από τις δοκιμές που έγιναν, βγήκε το συμπέρασμα πως μεταξύ του τρισδιάστατου σκάνερ και της φωτογραμμετρίας καλύτερο είναι το πρώτο, αφού δίνει πολύ ποιοτικότερα αποτελέσματα, ωστόσο εάν είναι απαραίτητο να ψηφιοποιηθεί ένα υπαρκτό αντικείμενο μεγάλης κλίμακας όπως π.χ. ένα άγαλμα, με ακριβείς αναλογίες, η μέθοδος της φωτογραμμετρίας αποτελεί πολλές φορές μοναδική επιλογή (Akca, Grun, Breuckmann και Lahanier, 2008).

### 3.5 Μέθοδος box- modeling

Τέλος, μια μέθοδος επιπλέον τρισδιάστατης μοντελοποίησης που υλοποιήθηκε για το animation που δημιουργήθηκε, στα πλαίσια του πρακτικού μέρους της εργασίας, η οποία δεν αναλύθηκε διεξοδικά στην εργασία διότι είναι απλή και εύκολη στην κατανόησή της είναι η επονομαζόμενη box modeling. Η μέθοδος αυτή στην ουσία είναι η μορφοποίηση των πολυγώνων από απλά βασικά γεωμετρικά σχήματα όπως η σφαίρα, ο κύβος, ο κώνος και ο κύλινδρος. Το box modeling ως μέθοδος έχει αρκετά πλεονεκτήματα όπως ότι είναι γρήγορη, εύκολη και επιφέρει ικανοποιητικά αποτελέσματα ενώ παράλληλα τα μοντέλα που δημιουργούνται από αυτή την μέθοδο έχουν σωστή τοπολογία (Ratner, 2004). Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιήθηκε κυρίως για την δημιουργία απλών στατικών αντικειμένων για τα περιβάλλοντα του animation όπως τραπέζια, σεντούκια και παράθυρα γιατί σαν μέθοδος αν και είναι γρήγορη και αποτελεσματική δεν μπορεί να προσφέρει μεγάλα επίπεδα λεπτομέρειας (εικόνα 33).



Εικόνα 33: Τρισδιάστατα μοντέλα που λόγω της απλής γεωμετρικής τους μορφής δημιουργήθηκαν με την μέθοδο μοντελοποίησης box modeling.

## **4 Δημιουργία ταινίας animation με τα μοντέλα που δημιουργήθηκαν**

### **4.1 Σκοπός της δημιουργίας των τρισδιάστατων μοντέλων**

Με βάση την μελέτη των διάφορων τρόπων τρισδιάστατης μοντελοποίησης, δημιουργήθηκαν στο πλαίσιο του πρακτικού τμήματος της πτυχιακής εργασίας τρισδιάστατα μοντέλα με σκοπό την δημιουργία μιας μικρού μήκους ταινία animation. Μέσα από την διαδικασία δημιουργίας τους εξετάστηκε η αποτελεσματικότητα της κάθε μεθόδου και τα θετικά αλλά και αρνητικά της στοιχεία. Σκοπός της εργασίας ήταν να ερευνηθεί η τρισδιάστατη μοντελοποίηση ως σύνολο και να βγουν συμπεράσματα που θα μπορούσαν να βοηθήσουν μελλοντικά και άλλους ανθρώπους που θέλουν να ασχοληθούν με την ανάπτυξη ψηφιακών μοντέλων και την χρήση τους σε animation.

Αποφασίστηκε από την αρχή η δημιουργία μιας μικρού μήκους ταινίας animation, η οποία θα μπορούσε να είναι μια διαφήμιση ή μια μικρή αστεία ιστορία και στην οποία να συμμετέχει μια ποικιλία τοπίων και χαρακτήρων έτσι ώστε να υπάρχει μεγαλύτερη πρόκληση όσον αφορά τη δυσκολία υλοποίησης της. Έτσι υλοποιήθηκε μια ιστορία στην οποία συμμετέχει ένα ανθρωπόμορφο μοντέλο και ένα ζώομορφο, ενώ ως περιβάλλοντα έγινε προσπάθεια να έχει η ιστορία τόσο εσωτερικούς χώρους και όσο και εξωτερικούς. Τα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση της ταινίας ήταν το Autodesk Maya 2013, το ZBrush 4, το TopoGun 2, το Adobe Premier Pro CS5, το Adobe Photoshop CS5 και το Soundbooth. Στο Maya έγινε το animation και οι τεχνικές poly-by-poly και box modeling, στο ZBrush υλοποιήθηκε η τεχνική digital sculpting και στο TopoGun έγινε η διαδικασία του retopology. Το Premier χρησιμοποιήθηκε για την μοντάζ της ταινίας, το Photoshop για την δημιουργία των δισδιάστατων γραφικών που χρησιμοποιήθηκαν στο animation και το Soundbooth για την μίξη των ήχων της ταινίας.

Από την αρχή ήταν γνωστό πως θα χρησιμοποιηθούν πολλοί τρόποι μοντελοποίησης γι' αυτό έγινε ετοιμασία δισδιάστατων σχεδίων και δημιουργήθηκε ένα πλήινο αγαματάκι το οποίο ψηφιοποιήθηκε και αναχρωματίστηκε ώστε να συμμετέχει σε ένα από τα περιβάλλοντα της ταινίας. Στο κομμάτι αυτό της εργασίας

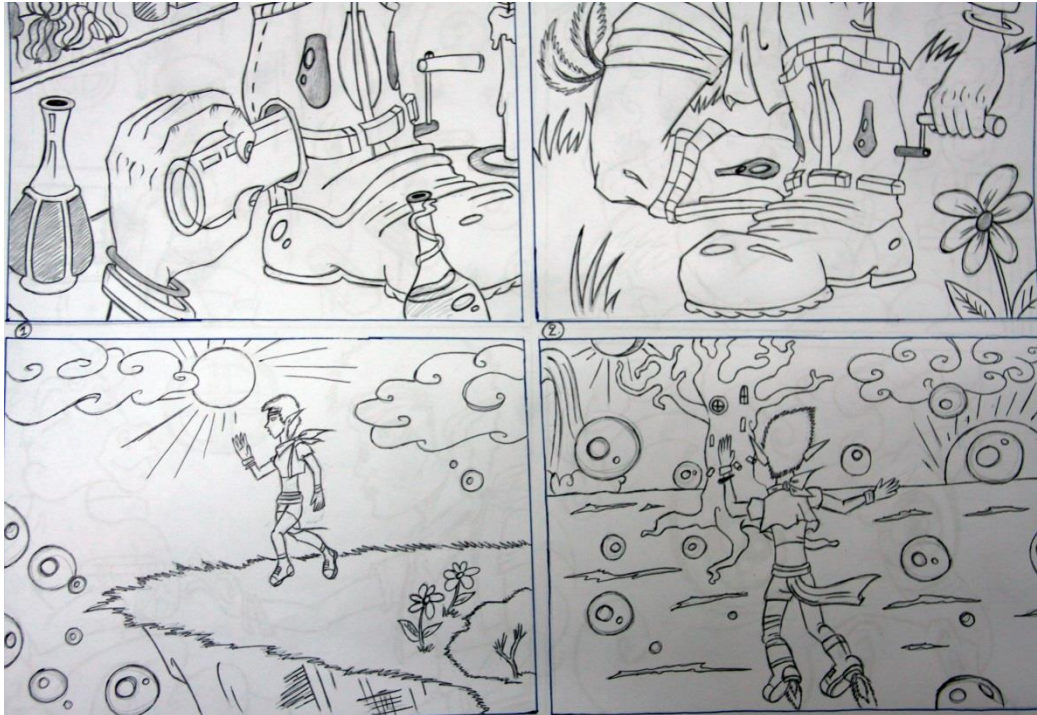
θα γίνει μια περιγραφή του σεναρίου της ταινίας animation που αναπτύχθηκε με τα μοντέλα που δημιουργήθηκαν με τους προαναφερθέντες μεθόδους τρισδιάστατης μοντελοποίησης, καθώς επίσης των σταδίων που ακολουθήθηκαν για την υλοποίησή της.

## **4.2 Σενάριο animation Treasure Hunting**

Η Ιάνα είναι ένα ξωτικό, που έχει πάθος να μαζεύει θησαυρούς και να τους πηγαίνει στο μαγικό εργαστήριό της. Στόχος της είναι να κλέψει ένα μαγικό μπλε διαμάντι, που έχει στην κατοχή του ένας μικρός πήγασος και το φυλάει στο μαγικό του ουράνιο δεντρόσπιτο. Φτιάχνει λοιπόν ένα ζευγάρι από μαγικές μπότες για να μπορέσει να πάει πετώντας στο δεντρόσπιτο. Φοράει τις μπότες και πετάει το βράδυ προς το σπίτι του πήγασου. Μπαίνει κρυφά μέσα ενώ ο πήγασος κοιμάται αμέριμνος και κλέβει το διαμάντι και στην θέση του αφήνει ένα αναψυκτικό για να τον πειράξει. Όταν ξυπνάει ο πήγασος βλέπει μουτρωμένος το διαμάντι του να λείπει και στην θέση του το αναψυκτικό και δοκιμάζει λίγο από το ποτό. Ξαφνικά του έρχεται ρέψιμο και βγάζει απότομα από το στόμα του ένα ακόμα μεγαλύτερο και πιο λαμπερό διαμάντι. Το βλέπει χαρούμενος και το φυλάει.

## **4.3 Επεξήγηση και Ανάλυση της ταινίας Treasure Hunting**

Το animation Treasure Hunting είναι μια μικρού μήκους ταινία, στην οποία συμμετέχουν τα τρισδιάστατα μοντέλα που αναπτύχθηκαν με τους τρόπους μοντελοποίησης, που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο μέρος της εργασίας. Μετά την εγγραφή του σεναρίου δημιουργήθηκε ένα storyboard (εικόνα 34), το οποίο είχε ως σκοπό να οπτικοποιήσει την ιστορία ώστε να είναι πιο εύκολο το animation και το στήσιμο της κάμερας στα μετέπειτα στάδια της ιστορίας. Το storyboard είναι η αναπαράσταση του σεναρίου με την μορφή δισδιάστατων εικόνων το οποίο δείχνει και επιπρόσθετα πράγματα που δεν καθορίζονται στο σενάριο, όπως οι διάφορες οπτικές γωνίες και το αισθητικό στυλ της ταινίας.



Εικόνα 34: Απόσπασμα από το storyboard που δημιουργήθηκε στα πρώτα στάδια της εργασίας.

Μετά την υλοποίηση του storyboard και των κύριων τρισδιάστατων μοντέλων δημιουργήθηκαν στα πλαίσια της ταινίας τρία διαφορετικά περιβάλλοντα: το μαγικό εργαστήριο της Ίλνας, η εξωτερική όψη του δεντρόσπιτου του πήγασου (εικόνα 35) και τέλος η εσωτερική όψη του σπιτιού του. Τα περιβάλλοντα είχαν αρκετά τμήματα στην ανάπτυξή τους που δεν περιλάμβαναν μόνο μοντελοποίηση αλλά και την χρήση dynamics, fluids και particles για να πάρουν ζωή και να γίνουν πιο πιστευτά. Μελετήθηκαν έτσι και άλλοι τομείς του τρισδιάστατου animation. Με τον όρο dynamics αναφερόμαστε σε κανόνες φυσικής που ορίζουμε σε έναν ψηφιακό κόσμο έτσι ώστε αυτός να δρα με ένα συγκεκριμένο τρόπο και να γίνεται πιο πιστευτός. Τα fluids και τα particles χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση υγρών στοιχείων και σωματιδίων κάθε μορφής. Με fluids συγκεκριμένα δημιουργήθηκαν τα σύννεφα έξω από το σπίτι του πήγασου και η φλόγα στο γραφείο της Ίλνας ενώ με particles και dynamics έγινε το βάζο που περιείχε την καρδιά και τα αστέρια που χρησιμοποιήθηκαν στο πλάνο που πετάει η Ίλνα.



Εικόνα 35: Στιγμιότυπο από την ταινία *Treasure Hunting*. Η εξωτερική όψη από το σπίτι του πήγασου.

Οι δύο χαρακτήρες που συμμετέχουν στην ιστορία: το ξωτικό Ιλάνα και ο μικρός πήγασος υπέστησαν αρκετή επεξεργασία για να μπορέσει να γίνει το animation τους σωστά σύμφωνα με τις οδηγίες του storyboard και του σεναρίου. Συγκεκριμένα, τοποθετήθηκε σκελετός και στα δύο μοντέλα, δημιουργήθηκαν κουμπιά χειρισμού του σκελετού τους και εκφράσεις όπως χαμόγελο, θυμός, ανοιγοκλείσιμο ματιών και στόματος και άλλες. Η επεξεργασία αυτή συνέβαλε ωστόσο στον εύκολο χειρισμό τους και την ρεαλιστική συμπεριφορά τους, ενώ μέσα από τις κινήσεις και τις εκφράσεις τους έγινε προσπάθεια να φανεί ο χαρακτήρας τους. Η Ιλάνα είναι πονηρή, εφευρετική, σκανδαλιάρα και κυνηγός του κέρδους ενώ ο πήγασος είναι πιο αμέριμνος, άμυαλος, αυθόρμητος και τυχερός (εικόνες 36 και 37).



Εικόνα 36: Σκηνή από την ταινία *Treasure Hunting*. Φαίνεται ο συνδυασμός σκελετού, εκφράσεων και particles για την δημιουργία μιας ολοκληρωμένης οπτικής εμπειρίας.



Εικόνα 37: Στιγμιότυπο από την ταινία *Treasure Hunting*. Μέσα από τις εκφράσεις και τις κινήσεις φαίνεται ο χαρακτήρας του μικρού πήγασου.

#### 4.4 Μελλοντική Εργασία

Η εργασία που υλοποιήθηκε τόσο στο θεωρητικό όσο και στο πρακτικό της επίπεδο θα μπορούσε να εξελιχθεί ακόμα περισσότερο αν υπήρχε επιπλέον χρόνος. Συγκεκριμένα, εάν υπήρχε περισσότερος χρόνος για την υλοποίηση της εργασίας, θα γίνονταν έρευνες και προσπάθειες για την χρήση δεδομένων που θα παίρνονταν από συστήματα καταγραφής της κίνησης, με σκοπό το ρεαλιστικότερο animation.

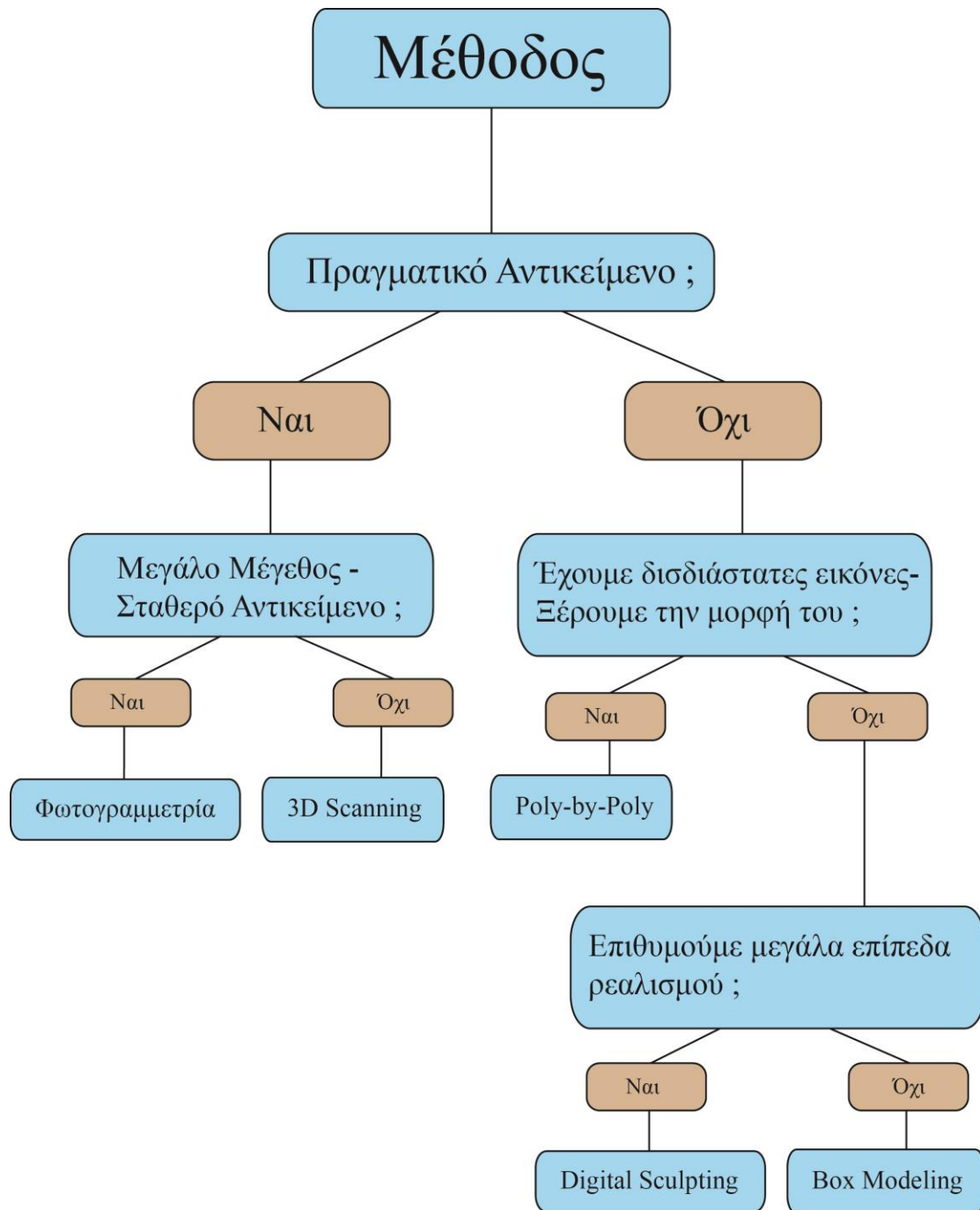


Επιπρόσθετα, θα γινόταν ηχογράφηση ενός μικρού διαλόγου και θα γινόταν έρευνα και ανάπτυξη ενός συστήματος lip synchronization για καθένα από τους δύο κύριους χαρακτήρες. Αυτό θα επέτρεπε το καθένα από τα δύο ψηφιακά μοντέλα να κουνάει συγχρονισμένα τα χείλη του με αυτά που θα έλεγε, προσδίδοντας περισσότερο ρεαλισμό αλλά και ζωντάνια στην ιστορία. Τέλος, θα γινόταν και μια προσπάθεια για την χρήση ειδικών εφέ προερχόμενων από ειδικά προγράμματα compositing για να ενισχυθεί ακόμα πιο πολύ η ιστορία οπτικά.

## 5 Συμπεράσματα από την έρευνα

Συνοψίζοντας, μετά από την χρήση των προαναφερθέντων μεθόδων για την κατασκευή τρισδιάστατων μοντέλων βγήκε το συμπέρασμα πως δεν υπάρχει μία μέθοδος που να είναι ιδανική για κάθε περίπτωση. Η επιλογή της ανάλογης μεθόδου αποφασίζεται, αφού ληφθούν κάποιιοι σημαντικοί παράγοντες υπόψη. Αυτοί είναι αρχικά, αν το μοντέλο που επιθυμούμε να δημιουργήσουμε υπάρχει στον πραγματικό κόσμο ή όχι, αν έχουμε σκίτσα ή φωτογραφίες του ή αν δεν έχουμε καθορισμένη ακόμα την μορφή του ξεκάθαρα στο μυαλό μας. Κάποιοι επιπλέον παράγοντες εξίσου καθοριστικοί για την επιλογή μας είναι ο βαθμός ρεαλισμού που επιθυμούμε να προσδώσουμε στο μοντέλο, το αν θα χρησιμοποιηθεί σε animation ή όχι και τέλος τι εξοπλισμό και χρόνο διαθέτουμε για την δημιουργία του. Τις περισσότερες περιπτώσεις πάντως συνηθίζεται να χρησιμοποιούνται παραπάνω από μια μέθοδοι για την δημιουργία ενός τρισδιάστατου μοντέλου.

Τελειώνοντας, δημιουργήθηκε ένα σύστημα (εικόνα 38) που σκοπό έχει να διευκολύνει την απόφαση οποιουδήποτε δημιουργού για το ποιος είναι ο καταλληλότερος τρόπος τρισδιάστατης μοντελοποίησης ανάλογα με τις ανάγκες του. Το σύστημα αυτό, προήλθε από τα συμπεράσματα που λήφθηκαν μετά την χρήση όλων των προαναφερθέντων μεθόδων τρισδιάστατης μοντελοποίησης και συνοψίζει αυτά που διαπιστώθηκαν κατά την διάρκεια τόσο του θεωρητικού όσο και του πρακτικού τμήματος της εργασίας. Ο βασικός σκοπός του είναι να βοηθήσει μελλοντικούς ανθρώπους που θα ασχοληθούν με τρισδιάστατη μοντελοποίηση σχετικά με το ποια μέθοδο να επιλέξουν ανάλογα με τις ανάγκες τους.



Εικόνα 38: Επιλογή μεθόδου τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Στο σημείο αυτό παραθέτω ένα σύστημα που ανέπτυξα, το οποίο αποτελείται από κάποιες μικρές ερωτήσεις, που ανάλογα με την θετική ή την αρνητική τους απάντηση, μπορούν να βοηθήσουν τον κάθε δημιουργό να επιλέξει την μέθοδο τρισδιάστατης μοντελοποίησης, που θα καλύψει τις ανάγκες του.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΑΝΑΦΟΡΕΣ (σε APA 6<sup>th</sup>) :

Akca, D., Grun, A., Brenckmann, B. και Lahanier, C. (2008), *High Definition 3D-Scanning of Arts Objects and Paintings*. Institute of Geodesy and Photogrammetry. ETH, Zurich, Switzerland.

Andaur, C. και Mullen, T. (2010), *Blender Studio Projects: Digital Movie – Making*. Indianapolis: Wiley Publishing.

Bitelli, G., Dubbini, M. και Zanutta, A. (2005), *Terrestrial Laser Scanning And Digital Photogrammetry Techniques To Monitor Landslide Bodies*. University of Bologna, Italy.

Blair, P. (1994), *Cartoon Animation*. Walter Foster Publishing, Laguna Hills, California.

Honour, H. και Fleming, J. (1998). *Ιστορία της Τέχνης* (Υποδομή).

Liu, C. (2009), *An Analysis Of The Current And Future State of 3D Facial Animation Techniques and Systems*. Simon Fraser University, Burnaby BC.

McMillan, G. (2013, January 30). *Disney's Innovative Animated Hybrid*. Retrieved from <http://wired.com/underwire/2013/01/disney-paperman-online/>.

Miles, St. (2013). *Ira Nvidia FaceWorks demo give us a glimpse of tomorrow's gaming graphics*. Retrieved from <http://pocket-lint.com/news/50521/nvidia-ira-faceworks-video-demo>.

Moccozet, L., Dellas, F., Thalmann, M., N., Biasotti, S., Mortara, M., Falcidieno, B., Min, P. και Veltkamp, R. (2006). *Animatable Human Body Model Reconstruction from 3D Scan Data using Templates*. University of Geneva, Switzerland. Utrecht University, Netherlands. CNR-IMATI, Genova Italy.

Mullen, T. (2011), *Introducing Character Animation With Blender*. Indianapolis: Wiley Publishing.

Paouri, A., Magnenat, Thalmann, N. και Thalmann, D. (2000). *Creating Realistic Three- Dimensional Human Shape Characters for Computer-Generated Films*. MIRALab, University of Geneva, Switzerland.

Priebe, A., K. (2007), *The Art of Stop – Motion Animation*. Vancouver: Course Technology Cengage learning.

Ratner, P. (2004), *Mastering 3D Animation*. New York: Allworth Press.

Roberts, S. (2007), *Character Animation: 2D Skills for Better 3D*. Oxford: Elsevier.

Sarstedt, I. (2012), *Comparisons of Sculpting Efficiency Between Mudbox and ZBrush*. University of Gävle, Sweden.

Spencer, S. (2011), *ZBrush Character Creation: Advanced Digital Sculpting*. Indianapolis: Wiley Publishing.

Treleaven, P. και Wells, J. (2008), *3D Body Scanning and Healthcare Applications*. Univesity College, London.

Williams, R. (2001), *The Animators Survival Kit: A Manual of Methods, Principles and Formulas for classical, computer, games, stop motion and internet animators*. Faber and Faber Limited 3 Queen, London.

