



Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης
Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών
Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής

Πτυχιακή Εργασία

“3D ANIMATED ΤΑΙΝΙΑ
ΜΙΚΡΟΥ ΜΗΚΟΥΣ”

Τριανταφυλλίδου Σοφία (ΑΜ:1901)

Επιβλέπων Εκπαιδευτικός: Παχουλάκης Ιωάννης

Επιτροπή Αξιολόγησης:

Ημερομηνία Παρουσίασης:

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον Επίκουρο Καθηγητή κι επιβλέποντα της πτυχιακής μου, κύριο Ιωάννη Παχουλάκη, που μου έδωσε την ελευθερία να επιλέξω ένα θέμα της αρεσκείας μου, καθώς και για την κατανόησή του.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω όλο το εκπαιδευτικό προσωπικό του Τ.Ε.Ι. Κρήτης, διότι καλύπτοντας ένα τεράστιο τεχνολογικό φάσμα, ανακάλυψα έναν τομέα που κέρδισε το ενδιαφέρον μου, αυτόν των πολυμέσων.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την αμέριστη στήριξη και για την άνευ όρων συμπαράστασή της.

Abstract

The subject of this thesis was to create a three-dimensional animated short film. The following software were used: Autodesk software Maya 2018 Student Version for modeling purposes, Mudbox 2018 Student Version for sculpting, Arnold for rendering, Adobe software Photoshop for image editing, and Premiere Pro for the final video editing.

We start with an introduction to the history of the 3D animated world and to the technologies whose use has become so widespread in the seventh art, followed by a detailed theoretical analysis about the procedures required in 3D animation process. There will be also a comparison between the existing technologies used by 3d designers and companies, followed by the software graphical environment description and a detailed explanation of their tools.

Then we present the steps that led to the final result. We begin with analyzing the modeling and sculpting process of objects and characters. We continue by explaining how we achieved a realistic effect through the creation and application of materials and two-dimensional textures on said objects and characters. In the next part, you will find representations showing how objects and cameras can be moved, and how complex models can be controlled by rigging. Finally, rendering and lighting settings and preferences will be analyzed, as well as the editing of the image sequences that compose the final short film.

Σύνοψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε με σκοπό τη δημιουργία μίας ταινίας μικρού μήκους κινουμένων σχεδίων σε τρισδιάστατη μορφή. Για τη διεξαγωγή της χρησιμοποιήθηκαν τα προγράμματα Maya 2018 Student Version για τη μοντελοποίηση, το Mudbox 2018 Student Version για τη ψηφιακή γλυπτική και το Arnold για τη διαδικασία του rendering της εταιρείας Autodesk. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε το Photoshop για την επεξεργασία εικόνων και το Premiere Pro CC 2019 για την επεξεργασία του τελικού βίντεο, της εταιρείας Adobe.

Αρχικά, θα γίνει μία αναφορά στην ιστορία του τρισδιάστατου animated κόσμου και στις τεχνολογίες με τις οποίες έχει κατακλύσει τον κολοσσιαίο χώρο της έβδομης τέχνης. Ακόμη, θα αναλυθούν σε θεωρητικό επίπεδο όλες οι απαραίτητες διαδικασίες που χρειάζονται για τη δημιουργία μιας τρισδιάστατης ταινίας animation. Έπειτα, θα συγκριθούν μεταξύ τους οι υπάρχουσες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται ενδελεχώς από σχεδιαστές και εταιρείες και θα ακολουθήσει μια περιγραφή του γραφικού περιβάλλοντος των προγραμμάτων που επιλέχθηκαν, αλλά κι επεξήγηση των εργαλείων τους που χρησιμοποιήθηκαν.

Εν συνεχεία, θα αναλυθούν όλα τα απαιτούμενα βήματα για τη διεκπεραίωση του τελικού αποτελέσματος. Ξεκινώντας με τη μοντελοποίηση των αντικειμένων και του χαρακτήρα, αλλά και την δημιουργία κι εφαρμογή υλικών και δισδιάστατων υφών πάνω σε αυτά για ένα ρεαλιστικό αποτέλεσμα. Έπειτα, θα αναφερθούν οι τρόποι με τους οποίους μπορούν να αποκτήσουν κίνηση, τόσο τα αντικείμενα όσο και οι κάμερες και πώς μπορούν να ελεγχθούν πολύπλοκα μοντέλα με την εφαρμογή σκελετού. Τέλος, θα πραγματοποιηθεί ανάλυση των ρυθμίσεων της ρεαλιστικής απόδοσης (rendering) και του φωτισμού και θα ακολουθήσει παρουσίαση για την μετατροπή της αλληλουχίας εικόνων (image sequence) σε βίντεο και η επεξεργασία αυτού που θα μας δώσει την τελική ταινία μικρού μήκους.

Περιεχόμενα

Abstract.....	iii
Σύνοψη.....	iv
1 Εισαγωγή	1
1.1 Περίληψη	3
1.2 Κίνητρο για τη Διεξαγωγή της Εργασίας – Στόχοι.....	3
1.3 Δομή Εργασίας.....	4
2. Θεωρητική Υποδομή.....	6
2.1 Η ιστορία του 3D animation	6
2.2 Τι είναι το 3D Animation;	7
2.3 Modeling.....	9
2.3.1 Box/Subdivision Modeling - Μοντελοποίηση κύβου	10
2.3.2 Edge/Contour Modeling - Μοντελοποίηση με χρήση ακμών	10
2.3.3 NURBS/Spline Modeling - Μοντελοποίηση με χρήση καμπύλων.....	11
2.3.4 Digital Sculpting - Ψηφιακή γλυπτική	12
2.3.5 Procedural Modeling - Διαδικαστική Μοντελοποίηση	13
2.3.6 Image-based Modeling / Μοντελοποίηση βάσει εικόνας.....	13
2.3.7 3D Scanning - Τρισδιάστατη σάρωση.....	14
2.4 Shaders & Textures	15
2.4.1 UV Mapping	15
2.4.2 Diffuse / Color Maps.....	16
2.4.3 Specular Maps.....	17
2.4.4 Bump Maps.....	17
2.4.5 Normal Maps	18
2.4.6 Displacement Maps	19
2.5 Layout & Animation.....	20
2.5.1 Inverse Kinematics / Αντίστροφη Κινηματική (IK)	21
2.5.2 Forward Kinematics / Άμεση Κινηματική (FK)	21
2.5.3 Dynamics / Δυναμική Ενέργεια	22
2.6 Rendering / Απόδοση	26
2.6.1 CPU Rendering	27
2.6.2 GPU Rendering	35
3 Τεχνολογική Υποδομή.....	36

3.1	Λογισμικά για Modeling.....	37
3.2	Λογισμικά για Rendering.....	45
3.3	Λογισμικά για Video Editing.....	50
3.4	Λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν	52
4	Υλοποίηση	54
4.1	Εισαγωγή στο Maya	54
4.2	Modeling.....	56
4.2.1	Εισαγωγή στο Modeling	56
4.2.2	Object Modeling – Μοντελοποίηση Αντικειμένων	66
4.2.3	Human Character Modeling – Μοντελοποίηση Χαρακτήρα.....	76
4.3	Shaders / Υλικά	81
4.4	Textures	85
4.4.1	UV Mapping	85
4.4.2	Mudbox.....	90
4.5	Rigging	95
4.6	Dynamics	99
4.7	Animation	100
4.8	Φωτισμός	104
4.9	Κάμερες	106
4.10	Rendering.....	108
4.11	Editing	111
5	Συμπεράσματα	115
	Βιβλιογραφία.....	116

Περιεχόμενα Εικόνων

Εικ. 1: Απόδοση κίνησης στο χαρτί	1
Εικ. 2: Απόδοση κίνησης στον υπολογιστή.....	1
Εικ. 3: Η 1η ταινία με CGI το 1976.....	2
Εικ. 4: Η 1η εξ' ολοκλήρου 3D ταινία το 1995.....	2
Εικ. 5: Μηχανική Καταγραφή Κίνησης	2
Εικ. 6: Ηλεκτρομαγνητική Καταγραφή Κίνησης.....	2
Εικ. 7: Οπτική Καταγραφή Κίνησης	2
Εικ. 8: Η 1η 3D απεικόνιση	6
Εικ. 9: Τα πρώτα 3D CGI σε ταινία	6
Εικ. 10: 2D Animation.....	7
Εικ. 11: Stop Motion Animation	7
Εικ. 12: Δισδιάστατο Αυτοκίνητο	8
Εικ. 13: Τρισδιάστατο Αυτοκίνητο	8
Εικ. 14: Stop-motion Animation	8
Εικ. 15: 3D Animation.....	8
Εικ. 16: 3D Μοντέλο με τρίγωνα	9
Εικ. 17: 3D Μοντέλο με τετράγωνα.....	9
Εικ. 18: Κορυφή (Vertex)	10
Εικ. 19: Ακμή (Edge).....	10
Εικ. 20: Έδρα (Face).....	10
Εικ. 21: Box/Subdivision Modeling	10
Εικ. 22: Edge/Contour Modeling	11
Εικ. 23: Απλή Μοντελοποίηση με NURBS.....	12
Εικ. 24: Πολύπλοκη Μοντελοποίηση με NURBS	12
Εικ. 25: Τεχνική Revolve με NURBS	12
Εικ. 26: Ψηφιακή Γλυπτική	12
Εικ. 27: Διαδικαστική Μοντελοποίηση.....	13
Εικ. 28: Μοντελοποίηση βάσει εικόνας	14
Εικ. 29: Μοντελοποίηση με Τρισδιάστατη Σάρωση	14
Εικ. 30: Υλικά/Shader.....	15
Εικ. 31: UV Mapping Κύβου.....	16
Εικ. 32: UV Mapping Σφαίρας	16
Εικ. 33: Diffuse Mapping	16
Εικ. 34: Specular Mapping	16
Εικ. 35: Bump Mapping	17
Εικ. 36: Bump Map vs Normal Map	18
Εικ. 37: Object Space vs Tangent Space	18
Εικ. 38: Displacement Mapping.....	19
Εικ. 39: Bump Mapping vs Displacement Mapping	19
Εικ. 40: Animation Process.....	20
Εικ. 41: IK Animation	21

Εικ. 42: FK Animation	22
Εικ. 43: Animation με Dynamics	23
Εικ. 44: Dynamics - Cloth	23
Εικ. 45: Dynamics - nHair	24
Εικ. 46: Dynamics - Particles.....	25
Εικ. 47: Dynamics - Fluid Simulation	25
Εικ. 48: Rendering.....	26
Εικ. 49: CPU vs GPU Rendering	27
Εικ. 50: Monsters Inc.....	28
Εικ. 51: Render Farm.....	28
Εικ. 52: Ray Tracing.....	28
Εικ. 53: Rendering με Ray Tracing	29
Εικ. 54: Path Tracing	30
Εικ. 55: Path Tracing (Λίγα δείγματα/Pixel vs Πολλά δείγματα/Pixel).....	31
Εικ. 56: Παράδειγμα Photon Mapping	32
Εικ. 57: Photon Mapping	32
Εικ. 58: Radiosity	33
Εικ. 59: Παράδειγμα Radiosity	34
Εικ. 60: Maya	37
Εικ. 61: Houdini	38
Εικ. 62: Cinema 4D	38
Εικ. 63: 3ds Max	39
Εικ. 64: Modo.....	40
Εικ. 65: Blender.....	41
Εικ. 66: Lightwave 3D.....	41
Εικ. 67: ZBrush	42
Εικ. 68: Mudbox.....	43
Εικ. 69: 3DCoat.....	44
Εικ. 70: Arnold Render	45
Εικ. 71: V-Ray Render	46
Εικ. 72: Redshift Render.....	46
Εικ. 73: RenderMan Render.....	47
Εικ. 74: Corona Render	47
Εικ. 75: Octane Render	48
Εικ. 76: Maxwell Render	49
Εικ. 77: Interface του Maya	54
Εικ. 78: Maya Drop-Down List Menu.....	55
Εικ. 79: Maya όλα τα Μενού	55
Εικ. 80: Maya Καρτέλες Εργαλείων	56
Εικ. 81: Δημιουργία βασικών σχημάτων.....	56
Εικ. 82: Κατάσταση Αντικειμένου.....	57
Εικ. 83: Soft Selection	58
Εικ. 84: Symmetry Settings	58
Εικ. 85: Attribute Editor	59

Εικ. 86: Insert Edge Loop	60
Εικ. 87: Multi-Cut	60
Εικ. 88: Edit Mesh.....	61
Εικ. 89: Bevel.....	61
Εικ. 90: Bridge	62
Εικ. 91: Detach & Merge.....	62
Εικ. 92: Extrude σε Έδρα.....	62
Εικ. 93: Mesh	63
Εικ. 94: Fill Hole	63
Εικ. 95: Import Image.....	64
Εικ. 96: Αλλαγή Κάμερας στα Viewports	64
Εικ. 97: Viewport Settings.....	65
Εικ. 98: Outliner.....	66
Εικ. 99: 1η Σκηνή	66
Εικ. 100: Μοντελοποίηση Βουνών με Soft Selection	67
Εικ. 101: Μοντελοποίηση Κτιρίου.....	68
Εικ. 102: 2η Σκηνή	68
Εικ. 103: Get Brush	69
Εικ. 104: Μοντελοποίηση Κολόνας	69
Εικ. 105: Μοντελοποίηση Μπαλκονιού	70
Εικ. 106: 3η Σκηνή	70
Εικ. 107: Μοντελοποίηση καρέκλας και γραφείου.....	71
Εικ. 108: Μοντελοποίηση χρονομηχανής.....	71
Εικ. 109: Μοντελοποίηση μουσικού κουτιού	72
Εικ. 110: Μοντελοποίηση με Image Reference	72
Εικ. 111: 4η Σκηνή	73
Εικ. 112: Μοντελοποίηση βάσης	73
Εικ. 113: 5η Σκηνή	74
Εικ. 114: Μοντελοποίηση καρέκλας	74
Εικ. 115: 6η Σκηνή	75
Εικ. 116: Μοντελοποίηση προσκέφαλο κρεβατιού.....	75
Εικ. 117: Μοντελοποίηση Προσώπου 1	76
Εικ. 118: Μοντελοποίηση Προσώπου 2	77
Εικ. 119: Μοντελοποίηση Ματιού	77
Εικ. 120: Μοντελοποίηση Δοντιών	78
Εικ. 121: Μοντελοποίηση Σώματος 1	78
Εικ. 122: Μοντελοποίηση Σώματος 2	79
Εικ. 123: Μοντελοποίηση Χεριών	79
Εικ. 124: Μοντελοποίηση Ποδιών	80
Εικ. 125: Μοντελοποίηση Μαλλιών	80
Εικ. 126: Μοντελοποίηση Ρούχου	81
Εικ. 127: Shaders του Arnold	82
Εικ. 128: Αλλαγή χρώματος σε Shader	82
Εικ. 129: Metalness =1 vs Metalness =0	83

Εικ. 130: Emission =1 vs Emission =0	83
Εικ. 131: Roughness =0,4 vs Roughness =1	84
Εικ. 132: Specular Weight =1 vs Specular Weight =0	84
Εικ. 133: IOR =0 vs IOR = Default vs IOR =2.....	85
Εικ. 134: UV Editor.....	85
Εικ. 135: Color Map	86
Εικ. 136: Δημιουργία Color Map	86
Εικ. 137: Ρύθμιση Opacity.....	87
Εικ. 138: Automatic UV Mapping	88
Εικ. 139: Χειροκίνητο UV Mapping	88
Εικ. 140: Αυτόματο vs Χειροκίνητο UV Mapping.....	89
Εικ. 141: Bump Mapping.....	89
Εικ. 142: Οδηγίες εφαρμογής Displacement map.....	90
Εικ. 143: Displacement Mapping	90
Εικ. 144: Mudbox Interface	91
Εικ. 145: Mudbox Tools	91
Εικ. 146: Stamp & Stencil	92
Εικ. 147: Mudbox: Sculpting Προσώπου	92
Εικ. 148: Mudbox: Sculpting Σώματος	93
Εικ. 149: Mudbox: Sculpting Ρούχου.....	93
Εικ. 150: Mudbox Painting	94
Εικ. 151: Color Map & Displacement Map	94
Εικ. 152: Μοντέλο χωρίς Texture Maps vs Μοντέλο με Texture Maps	95
Εικ. 153: Build Skeleton.....	96
Εικ. 154: Paint Skin Weights Tool.....	96
Εικ. 155: Skinning	97
Εικ. 156: Rig Controls	98
Εικ. 157: Face Rigging	98
Εικ. 158: Face Rig Control	99
Εικ. 159: Παράμετροι Dynamics	99
Εικ. 160: nCloth	100
Εικ. 161: Timeline	101
Εικ. 162: Animation: Music Box	102
Εικ. 163: Animation: Ανοιγοκλείσιμο Ματιών	102
Εικ. 164: Animation: Κίνηση μέλος του σώματος.....	103
Εικ. 165: Animation: Character	103
Εικ. 166: Spot Light	104
Εικ. 167: Παράμετροι Spot Light.....	104
Εικ. 168: Area Light	105
Εικ. 169: Skydome Light	105
Εικ. 170: Mesh Light	106
Εικ. 171: Show Original Mesh.....	106
Εικ. 172: Cameras	107
Εικ. 173: Attach Camera to Motion Path.....	107

Εικ. 174: Arnold RenderView.....	108
Εικ. 175: aiAtmosphereVolume.....	109
Εικ. 176: Ρυθμίσεις ποιότητας του Arnold	110
Εικ. 177: Render Settings	110
Εικ. 178: Adobe Premiere Pro CC 2019.....	111
Εικ. 179: Import Image Sequence	112
Εικ. 180: Lighting Effect	113
Εικ. 181: Crop & Gaussian Blur Effects	113
Εικ. 182: Δημιουργία Λάμψης.....	114

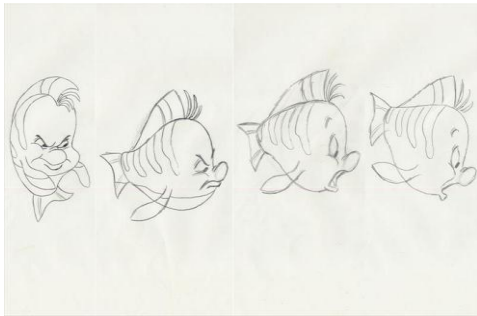
Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 1: Σύγκριση Λογισμικών 3D Modeling.....	44
Πίνακας 2: Σύγκριση Μηχανών Απόδοσης.....	49
Πίνακας 3: Σύγκριση Λογισμικών για Video Editing.....	52

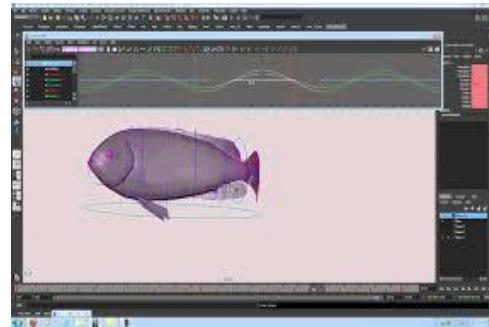
1 Εισαγωγή

Η τρισδιάστατη γραφική απεικόνιση, γνωστή και ως CGI (Computer Generated Imaginary) ανθεί σε πολλούς κλάδους της επιστήμης, όπως στην ιατρική, την αρχαιολογία, την αρχιτεκτονική καθώς και σε όλες τις φυσικές επιστήμες όπως αστρονομία, γεωλογία, γεωγραφία, χημεία και πυρηνική φυσική. Πλέον αποτελεί και αναπόσπαστο κομμάτι της ψυχαγωγίας, όπως των βιντεοπαιχνιδιών και του κινηματογράφου.

Οι πρώτες ταινίες κινουμένων σχεδίων ήταν ζωγραφισμένες στο χαρτί κι έπρεπε να σχεδιαστεί κάθε πλαίσιο (frame) για να αποδοθεί κίνηση. Οι προηγμένες τεχνολογίες και το συνεχώς αναπτυσσόμενο λογισμικό διευκολύνουν κι επιταχύνουν αυτή τη διαδικασία και προσφέρουν απεριόριστες δυνατότητες στους σχεδιαστές σήμερα. Η λογική της αλληλουχίας εικόνων παραμένει η ίδια, αλλά δε χρειάζεται πλέον να σχεδιάζεται από την αρχή μία σκηνή ή ένα μοντέλο για κάθε frame. Αντιθέτως, αφού σχεδιαστούν μπορούν με τη βοήθεια σκελετών και κλειδιών, που θα αναλυθούν παρακάτω, να αποκτήσουν κίνηση.



Εικ. 1: Απόδοση κίνησης στο χαρτί

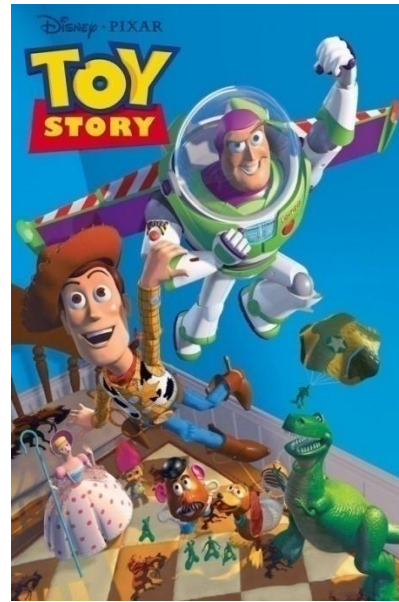


Εικ. 2: Απόδοση κίνησης στον υπολογιστή

Το 3D animation γίνεται όλο και πιο δημοφιλές στον χώρο της έβδομης τέχνης και πλέον η πλειοψηφία των τρισδιάστατων κινουμένων σχεδίων δημιουργείται με CGI. Πλέον όλες οι ταινίες μεγάλης παραγωγής χρησιμοποιούν CGI και πολλές φορές δεν γίνονται καν αντιληπτά από το κοινό λόγω του ρεαλισμού τους και της θέσης στους, διότι μπορεί, για παράδειγμα, να αποτελούν μόνο το φόντο της σκηνής. Παρόλο που τα CGI ξεκίνησαν να χρησιμοποιούνται από τα τέλη του '70, η διάρκειά τους ήταν πολύ μικρή μέσα στις ταινίες. Ενώ πλέον έχουν δημιουργηθεί τρισδιάστατες απεικονίσεις σε όλα τα είδη ταινιών, στην πραγματικότητα εκεί που έγιναν δημοφιλείς και περιζήτητες από τους θεατές ήταν μέσω των παιδικών ταινιών. Η πρώτη ταινία που δημιουργήθηκε εξ' ολοκλήρου με CGI ήταν το Toy Story της εταιρείας Pixar. Για την επίτευξη των κινήσεων χρησιμοποιήθηκαν πόζες από μοντέλο φτιαγμένο από πηλό, καθώς και από διαγράμματα σχεδιασμένα στον υπολογιστή στα οποία εφαρμόστηκαν χειρισμοί κίνησης με κώδικα.



Εικ. 3: Η 1η ταινία με CGI το 1976



Εικ. 4: Η 1η εξ' ολοκλήρου 3D ταινία το 1995

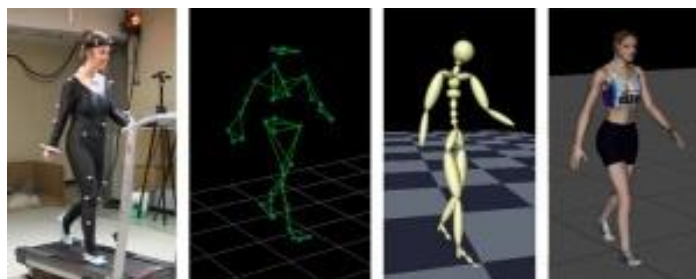
Πλέον η κινησιολογία είναι ταχύτερη και πιο ρεαλιστική από ποτέ, καθώς επιτυγχάνεται και με την καταγραφή κίνησης (Motion Capture) σε ανθρώπους πιο συνηθισμένα, αλλά και σε ζώα και αντικείμενα. Με αυτή τη μέθοδο χρησιμοποιούνται διάφορες ειδικές στολές πάνω στον ηθοποιό κι έπειτα ανιχνεύεται και καταγράφεται κάθε κίνησή του. Τέλος, τα δεδομένα καταγραφής εφαρμόζονται πάνω σε ένα τρισδιάστατο μοντέλο με αποτέλεσμα να εκτελεί τις ίδιες κινήσεις.



Εικ. 5: Μηχανική Καταγραφή Κίνησης



Εικ. 6: Ηλεκτρομαγνητική Καταγραφή Κίνησης



Εικ. 7: Οπτική Καταγραφή Κίνησης

Η τρισδιάστατη γραφική απεικόνιση είναι μία περίπλοκη και χρονοβόρα διαδικασία και χρειάζεται να εκτελεστούν πολλά στάδια για να υλοποιηθεί μία ιδέα σε κινούμενα σχέδια. Επιπροσθέτως, απαιτείται ο σωστός εξοπλισμός, η εκμάθηση πολλών τεχνολογιών, διαδικασιών και μεθόδων για να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα.

1.1 Περίληψη

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής είναι η δημιουργία μίας τρισδιάστατης ταινίας μικρού μήκους χρησιμοποιώντας δημοφιλή λογισμικά στον χώρο του 3D animation. Έπειτα από έρευνα, επιλέχθηκαν τα προγράμματα που κρίθηκαν ότι μπορούν να εξυπηρετήσουν τους στόχους που είχαν τεθεί και μετά από συνεχή μελέτη για την κατανόηση των εργαλείων τους, ξεκίνησε η εκπόνηση της εργασίας.

Αρχικά, για τις περισσότερες διαδικασίες χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Maya της εταιρείας Autodesk. Πιο συγκεκριμένα, μέσω αυτού πραγματοποιήθηκε η σχεδίαση των αντικειμένων και του μοντέλου, η δημιουργία κι εφαρμογή σκελετού στο μοντέλο (rigging) για να ελέγχεται η κίνησή του, το animation, ο φωτισμός και οι κάμερες. Για την εφαρμογή υφών και υλικών (texturing) στα αντικείμενα καθώς και για τη ρεαλιστική απόδοση (rendering) χρησιμοποιήθηκε το Arnold σαν plug-in μέσα στο Maya, καθώς είναι ανώτερο σε ποιότητα και ταχύτητα από το Maya, τόσο στο texturing, όσο και στο rendering.

Για να είναι το μοντέλο που σχεδιάστηκε πιο ρεαλιστικό μπορεί να εισαχθεί σε προγράμματα τα οποία προσφέρουν τη δυνατότητα να προστεθούν λεπτομέρειες σε αυτό με διάφορες μεθόδους. Οι πιο συνηθισμένες είναι η γλυπτική (sculpting) και η ζωγραφική (painting) και στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε το Mudbox της Autodesk. Επιπροσθέτως, για να δείχνουν τα αντικείμενα (objects) πιο ρεαλιστικά εφαρμόστηκαν πάνω σε αυτά υφές (textures) και εικόνες οι οποίες δημιουργήθηκαν ή επεξεργάστηκαν στο Photoshop της Adobe.

Εν κατακλείδι, μετά τη σχεδίαση, το texturing, το rigging και το animation, τοποθετήθηκε φωτισμός και κάμερες στις σκηνές (scenes), και προετοιμάστηκαν για τη διαδικασία του rendering. Το αποτέλεσμα του rendering είναι αλληλουχία εικόνων (image sequence), δηλαδή για κάθε frame δημιουργείται και μία εικόνα, οι οποίες εισήχθησαν στο Premiere Pro της Adobe, μετατράπηκαν σε βίντεο κι επεξεργάστηκαν για να επιτευχθεί το τελικό βίντεο.

1.2 Κίνητρο για τη Διεξαγωγή της Εργασίας – Στόχοι

Ο τρισδιάστατος κόσμος των κινουμένων σχεδίων συναρπάζει το κοινό όλων των ηλικιών με την ευρηματικότητά του. Μπορούν να σχεδιαστούν σε τρισδιάστατη μορφή φανταστικά πλάσματα, αντικείμενα και τοποθεσίες και ό,τι άλλο μπορεί να φανταστεί ο ανθρώπινος νους και να αναδειχθούν με ένα ρεαλιστικό αποτέλεσμα. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται όλο και πιο συχνά 3D CGI στον κινηματογράφο και προτιμούνται από το να κατασκευαστούν, για παράδειγμα, σκηνικά με απτά υλικά, διότι το κόστος είναι χαμηλότερο και ο χρόνος δημιουργίας πολύ μικρότερος.

Η δημιουργικότητα αυτού του κλάδου και η συνεχής ανάπτυξη και ζήτησή του ήταν τα κύρια κίνητρα για τη διεξαγωγή αυτής της εργασίας. Επιπλέον, η ποικιλία της γνώσης που

απαιτείται για την επίτευξη του τελικού αποτελέσματος κρατάει το ενδιαφέρον του σχεδιαστή. Παρ' όλο που στις μεγάλες εταιρείες, υπάρχουν διαφορετικά πόστα για κάθε στάδιο παραγωγής animation, οι μικρές εταιρείες, καθώς και οι ελεύθεροι επαγγελματίες αναλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος, ή ακόμα και ολόκληρο το project. Για την εκπόνηση της πτυχιακής ήταν απαραίτητη η εκμάθηση σχεδίασης, κινησιολογίας, σκηνοθεσίας, φωτισμού και πολλών ακόμα διαδικασιών, καθώς και η εκμάθηση διαφόρων προγραμμάτων με τα εργαλεία και τις ρυθμίσεις τους. Διανύοντας όλα τα στάδια παραγωγής, υπήρξε μία σφαιρική κατανόηση των μεθόδων που διαμορφώνουν μία ταινία κινουμένων σχεδίων και ως αποτέλεσμα είχε την απόκτηση εμπειρίας στον τομέα του 3D animation και την κατανόηση των τεχνολογιών που τον απαρτίζουν.

1.3 Δομή Εργασίας

Η παρούσα πτυχιακή εργασία, εκτός από το πρώτο εισαγωγικό κεφάλαιο, αποτελείται από τέσσερα ακόμα, των οποίων το περιεχόμενο έχει ως εξής:

- Το 2^ο κεφάλαιο αποτελείται από βιβλιογραφική έρευνα σχετική με την ιστορία του 3D animation και τη θεωρητική υποδομή όλων των διαδικασιών που θα χρησιμοποιηθούν.
- Στο 3^ο κεφάλαιο θα επεξηγηθούν οι λόγοι που επιλέχθηκαν τα προγράμματα για την διεκπεραίωση την εργασίας, θα γίνει μία σύγκριση με τα υπόλοιπα υπάρχοντα λογισμικά και θα αναλυθούν τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα για κάθε ένα από αυτά.
- Στο 4^ο κεφάλαιο θα αναλυθεί το περιβάλλον των προγραμμάτων και θα παρουσιαστούν όλες οι διαδικασίες που εφαρμόστηκαν για την εκπόνηση την εργασίας:
 - **Modeling:** Μοντελοποίηση των αντικειμένων και του χαρακτήρα κι επεξήγηση όλων των εργαλείων που χρησιμοποιήθηκαν.
 - **Shaders:** Η διαδικασία εφαρμογής υλικών στα αντικείμενα, τα οποία υπάρχουν σε κάθε μηχανή απόδοσης.
 - **Texture mapping:** Θα αναλυθούν διάφορες μέθοδοι με τις οποίες μπορούμε να δημιουργήσουμε λεπτομέρειες στα μοντέλα με υφές και χρώματα, εφαρμόζοντας δισδιάστατες εικόνες στην επιφάνεια των τρισδιάστατων αντικειμένων.
 - **Rigging:** Η εφαρμογή σκελετού και αρθρώσεων στο μοντέλο με σκοπό τη δημιουργία κίνησης.
 - **Dynamics:** Η χρήση κανόνων φυσικής για την προσομοίωση φυσικών δυνάμεων από το λογισμικό, όπως π.χ. η βαρύτητα.
 - **Animation:** Η εφαρμογή κλειδιών (key frames) στα αντικείμενα με σκοπό τη δημιουργία κίνησης.
 - **Κάμερες:** Θα πραγματοποιηθεί παρουσίαση των διαφορετικών καμερών που διαθέτει το Maya και των εργαλείων τους.
 - **Φωτισμός:** Θα αναλυθούν τα είδη φωτισμού που παρέχονται στο πρόγραμμα (Maya), καθώς και οι ρυθμίσεις τους.

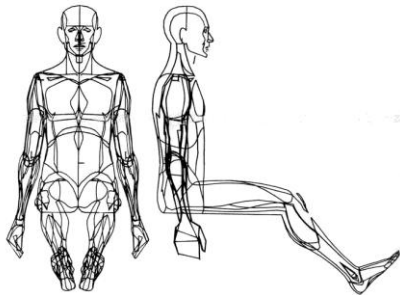
- **Rendering:** Θα γίνει επεξήγηση στους τρόπους παραγωγής της τελικής φωτορεαλιστικής απεικονισμένης σκηνής, καθώς κι επεξήγηση των εργαλείων που διαθέτει το Arnold, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τη συγκεκριμένη διαδικασία.
- **Editing:** Τέλος, θα ακολουθήσει περιγραφή με τα βήματα που τελέστηκαν για την επεξεργασία του τελικού βίντεο στο Premiere.
- Το 5^ο κεφάλαιο περιλαμβάνει την αποτίμηση της πτυχιακής εργασίας και τα συμπεράσματα που προέκυψαν.

2. Θεωρητική Υποδομή

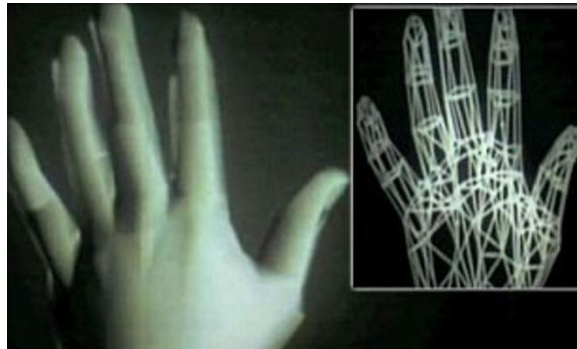
2.1 Η ιστορία του 3D animation

Παρόλο που το δισδιάστατο animation κυκλοφόρησε από το 1800, το 1960 ένας εργαζόμενος στη Boeing, άρχισε να πειραματίζεται στον υπολογιστή με πρώιμες μορφές τρισδιάστατης απεικόνισης των πιλότων της αεροπορικής εταιρείας. Ο γραφίστας και καλλιτέχνης, William Fetter, δημιούργησε την πρώτη πραγματική τρισδιάστατη εικόνα ανθρώπινης μορφής που χρησιμοποιήθηκε σε ταινίες μικρού μήκους για τη Boeing. Επιπλέον, θεωρείται πως ο ίδιος δημιούργησε πρώτος τον όρο "γραφικά υπολογιστή".

Το 1976, οι δυνατότητες του 3D animation ξεκίνησαν να εξελίσσονται και οι σχεδιαστές Frederic Parker και Edwin Catmull δημιούργησαν ρεαλιστικά CGI. Οι σχεδιαστές χρησιμοποίησαν τρισδιάστατα πρόσωπα και χέρια στην πρώτη ταινία με τεχνολογία CGI, το Futureworld. Ο Edwin Catmull αργότερα έγινε ένας από τους ιδρυτές της Pixar, μαζί με τον δημιουργό των Star Wars, George Lucas.



Εικ. 8: Η 1η 3D απεικόνιση



Εικ. 9: Τα πρώτα 3D CGI σε ταινία

Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1970, οι νέες τεχνολογίες άρχιζαν να εισέρχονται και στα μέσα ενημέρωσης. Καθώς άρχισε να βελτιώνεται η ισχύς των υπολογιστών άρχισαν να γίνονται περισσότερες προσπάθειες για την επίτευξη ρεαλισμού, αλλά παρ' όλα αυτά η πλειοψηφία των γραφικών που προβάλλονταν αφορούσαν δισδιάστατες εικόνες. Στα τέλη της δεκαετίας του 1980, το φωτορεαλιστικό 3D άρχισε να εμφανίζεται σε κινηματογραφικές ταινίες και μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1990 είχε αναπτυχθεί μέχρι το σημείο όπου θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί 3D animation για ολόκληρη την παραγωγή μεγάλου μήκους ταινιών.

Το 3D animation έγινε πραγματικά δημοφιλές τη δεκαετία του '90. Ο Στίβεν Σπίλμπεργκ και ο Τζέιμς Κάμερον χάραξαν την πορεία για όλους του επόμενους κινηματογραφιστές με την τεράστια επιτυχία των ταινιών Jurassic Park και Terminator 2: Judgment Day. Η μεγαλύτερη, όμως, αλλαγή στο Χόλιγουντ ήρθε μετά την απόφαση της Disney και της Pixar να ενώσουν τις δυνάμεις τους για να δημιουργήσουν μια κινούμενη ταινία που δημιουργήθηκε εξ' ολοκλήρου από 3D animation. Το 1995 η Pixar Animation Studios κυκλοφόρησε την πρώτη ταινία CGI που φτιάχτηκε ποτέ, το Toy Story, η οποία άλλαξε για πάντα το κινηματογραφικό τοπίο. Πλέον μπορεί κανείς να δει τρισδιάστατο animation στην πλειοψηφία των ταινιών, σε διαφημίσεις μέχρι και σε παιδικές σειρές με εβδομαδιαία επεισόδια.

Εκτός από τον κινηματογράφο, τα τρισδιάστατα μοντέλα χρησιμοποιούνται σε επιστημονικά και σε πολλά άλλα διαφορετικά πεδία. Οι βιομηχανίες βιντεοπαιχνιδιών τα χρησιμοποιούν για παιχνίδια ηλεκτρονικών υπολογιστών και βίντεο. Ο ιατρικός κλάδος χρησιμοποιεί λεπτομερή μοντέλα οργάνων, τα οποία μπορούν να δημιουργηθούν με πολλαπλές δισδιάστατες εικόνες από μαγνητικές ή αξονικές τομογραφίες. Ο κλάδος της αρχιτεκτονικής τα χρησιμοποιεί για να παρουσιάσει καινούρια κτίρια και αρχιτεκτονικά μοντέλα και οι μηχανικοί ως σχέδια για νέες συσκευές, οχήματα και κατασκευές, καθώς και για πλήθος άλλων χρήσεων. Επιπλέον, τις τελευταίες δεκαετίες η κοινότητα της γεωλογίας καθιέρωσε την κατασκευή τρισδιάστατων γεωλογικών μοντέλων ως μια συνήθη πρακτική. Τέλος, τα τρισδιάστατα μοντέλα μπορούν επίσης να αποτελέσουν τη βάση για αντικείμενα και συσκευές που κατασκευάζονται με τρισδιάστατους εκτυπωτές.

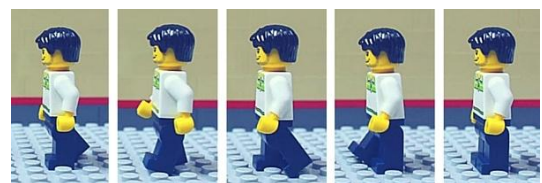
2.2 Τι είναι το 3D Animation;

3D Animation ονομάζεται η διαδικασία δημιουργίας κινούμενων εικόνων σε ψηφιακό τρισδιάστατο περιβάλλον. Μέσω του χειρισμού των τρισδιάστατων αντικειμένων στο λογισμικό, μπορούμε να εξάγουμε ακολουθίες εικόνων, οι οποίες δίνουν την ψευδαίσθηση της κίνησης με βάση τους χειρισμούς που πραγματοποιήσαμε. Αυτό που συμβαίνει είναι ότι το animation προσομοιώνεται με τέτοιο τρόπο που το ανθρώπινο μάτι αντιλαμβάνεται πραγματική κίνηση, ενώ στην πραγματικότητα δε μπορεί να γίνει αντιληπτή η ταχεία προσπέλαση των διαδοχικών εικόνων.

Αυτή η θεωρία ισχύει και στα δισδιάστατα κινούμενα σχέδια και στο stop motion animation. Στο παραδοσιακό 2D animation, οι εικόνες είναι ζωγραφισμένες με το χέρι και η κάθε μία εμφανίζει μικρές αλλαγές από την προηγούμενη. Όταν αναπαράγονται διαδοχικά, δημιουργείται την ψευδαίσθηση της κίνησης. Στο stop motion animation, τα απτά μοντέλα μετακινούνται από τον άνθρωπο ελάχιστα κάθε φορά και η κάθε αλλαγή καταγράφεται στην κάμερα. Και σε αυτή την περίπτωση, οι τελικές εικόνες θα δημιουργήσουν την ψευδαίσθηση της κίνησης κατά την αναπαραγωγή. Στο 3D animation, όλα γίνονται ψηφιακά στον υπολογιστή και εξάγονται από τον υπολογιστή.



Εικ. 10: 2D Animation



Εικ. 11: Stop Motion Animation

Το δισδιάστατο και το τρισδιάστατο animation αναφέρονται στη διάσταση στην οποία δημιουργήθηκαν τα κινούμενα σχέδια. Στο 2D animation, τα αντικείμενα δημιουργούνται σε μια πλατφόρμα 2 διαστάσεων, με μήκος (x) και ύψος (y). Οι εικόνες είναι επίπεδες, χωρίς βάθος και αναπαράγουν μόνο μία προοπτική. Τις περισσότερες φορές τα αντικείμενα και οι χαρακτήρες σχεδιάζονται χωρίς τις λεπτομέρειες που βλέπουμε στην πραγματική ζωή, όπως για παράδειγμα χωρίς απαλές σκιές και χρησιμοποιούνται λίγες αποχρώσεις χρωμάτων. Στο 3D animation, όλα σχεδιάζονται σε μια τρισδιάστατη πλατφόρμα, η οποία διαθέτει μήκος (x),

ύψος (y) και βάθος (z). Τα λογισμικά προσφέρουν πολλαπλές προοπτικές και τα αντικείμενα μπορούν επεξεργαστούν από όλες τις πλευρές. Οι δισδιάστατοι χαρακτήρες φαίνονται γελοιογραφικοί και μη ρεαλιστικοί. Οι τρισδιάστατοι χαρακτήρες μπορούν να φαίνονται γελοιογραφικοί, αλλά ταυτόχρονα να δείχνουν ρεαλιστικοί.



Εικ. 12: Δισδιάστατο Αυτοκίνητο



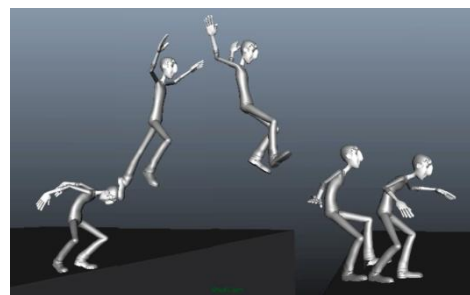
Εικ. 13: Τρισδιάστατο Αυτοκίνητο

Ένας άλλος τρόπος που θα μπορούσαν να περιγραφούν οι διαφορές τους είναι να αντιληφθούμε τη σχεδίαση στις 2 διαστάσεις ως ζωγραφική και στις 3 ως γλυπτική. Σε δισδιάστατη μορφή απεικονίζεται, για παράδειγμα, ένα τετράγωνο σε μια επίπεδη επιφάνεια, ενώ σε τρισδιάστατη απεικονίζεται ένας κύβος σε ευρύχωρο εικονικό περιβάλλον, αποτελούμενο από φώτα, αντανάκλασεις και σκιές.

Πολλοί πιστεύουν ότι το 3D animation προήλθε από την εξέλιξη του 2D animation κι ενώ αυτό δεν είναι εντελώς αναληθές, στην πραγματικότητα έχει περισσότερες επιρροές από την τεχνική του stop-motion animation. Στο stop-motion animation γίνεται λήψη με κάμερα του μοντέλου για κάθε καρέ. Πραγματοποιούνται συνεχώς μικρές κινήσεις στο μοντέλο και σε κάθε αλλαγή γίνεται πάλι λήψη. Όταν στο τέλος γίνει αναπαραγωγή όλων των καρέ, με τη σειρά που τραβήχτηκαν, συνήθως από 12 μέχρι 70 καρέ το δευτερόλεπτο, δημιουργείται η ψευδαίσθηση της κίνησης.



Εικ. 14: Stop-motion Animation



Εικ. 15: 3D Animation

Οι τρισδιάστατες κινούμενες εικόνες δημιουργούνται με παρόμοια μέθοδο, αλλά χρησιμοποιώντας υπολογιστή. Οι αλλαγές θέσεων γίνονται μέσα στο λογισμικό και για να “θυμάται” το πρόγραμμα κάθε αλλαγή κίνησης που έγινε στο μοντέλο, μπαίνουν κλειδιά για να αποθηκευτούν. Αφού γίνει η εισαγωγή των κλειδιών κι επιλεχθούν οι ρυθμίσεις για την ποιότητα των εικόνων, το τελικό αποτέλεσμα παράγεται αυτόματα από τον υπολογιστή με τη διαδικασία rendering. Αυτή η μέθοδος είναι λιγότερο κουραστική σε σύγκριση με το stop-

motion animation, αλλά η βασική λογική πίσω από την παραγωγή είναι παρόμοια. Ακόμη και ο φωτισμός, οι υφές και οι κάμερες και των δύο περιπτώσεων κινούμενης εικόνας μοιράζονται τις ίδιες αρχές, με εξαίρεση ότι η μία δημιουργείται στην πραγματικότητα και η άλλη ψηφιακά.

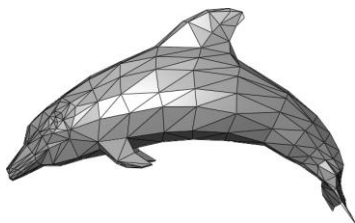
Η δημιουργία 3D animation μπορεί να χωριστεί σε 4 βασικά στάδια:

1. **Modeling** που είναι η διαδικασία δημιουργίας τρισδιάστατων μοντέλων μέσα στη σκηνή ενός 3D προγράμματος.
2. **Shaders & Textures** που είναι η εφαρμογή υλικών, υφών, εικόνων και χρωμάτων πάνω στα αντικείμενα που σχεδιάστηκαν για να φαίνονται ρεαλιστικά.
3. **Layout & Animation** που είναι η διαδικασία διάταξης των αντικειμένων στη σκηνή και οι τρόποι δημιουργίας κίνησης.
4. **Rendering** που είναι το τελικό φωτορεαλιστικό αποτέλεσμα των γραφικών που φτιάχτηκαν στο λογισμικό.

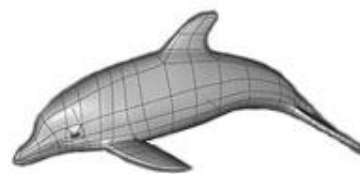
Μέσω του συνδυασμού των παραπάνω φάσεων και μερικών ακόμα υπο-φάσεων, που θα αναλυθούν παρακάτω, ολοκληρώνεται η διαδικασία παραγωγής τρισδιάστατων κινούμενων σχεδίων.

2.3 Modeling

Τρισδιάστατη μοντελοποίηση είναι η διαδικασία δημιουργίας τρισδιάστατων επιφανειών και αντικειμένων σε λογισμικό του οποίου η πλατφόρμα είναι σε τρεις διαστάσεις. Ένα τρισδιάστατο μοντέλο αποτελείται από σημεία που ονομάζονται κορυφές (vertices), οι οποίες ορίζουν το σχήμα και τα πολύγωνα. Ένα πολύγωνο είναι μια περιοχή που σχηματίζεται από τουλάχιστον τρεις κορυφές (τρίγωνο). Στο animation συνηθίζεται να κατασκευάζονται μοντέλα που αποτελούνται από τετράγωνα. Η συνολική ακεραιότητα του μοντέλου και η καταλληλότητά του για χρήση σε κινούμενα σχέδια εξαρτάται από τη δομή των πολυγώνων.

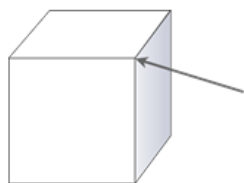


Εικ. 16: 3D Μοντέλο με τρίγωνα

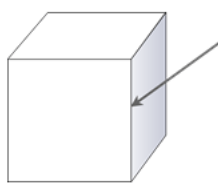


Εικ. 17: 3D Μοντέλο με τετράγωνα

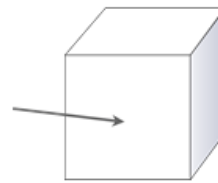
Όπως και στη στερεομετρία, τα γεωμετρικά στερεά που διαθέτουν τα προγράμματα αποτελούνται από κορυφές (vertices), ακμές (edges) και έδρες (faces). Για να δημιουργηθεί ένα μοντέλο υπάρχουν διάφορες τεχνικές, οι οποίες με το δικό τους τρόπο επεξεργάζονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των στερεών σχημάτων.



Εικ. 18: Κορυφή (Vertex)



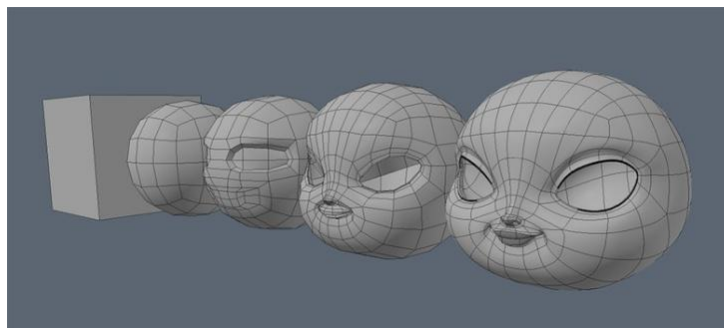
Εικ. 19: Ακμή (Edge)



Εικ. 20: Έδρα (Face)

2.3.1 Box/Subdivision Modeling - Μοντελοποίηση κύβου

Η μοντελοποίηση κύβου είναι μια πολυγωνική τεχνική στην οποία ο σχεδιαστής ξεκινά με ένα απλό γεωμετρικό στερεό και στη συνέχεια βελτιώνει το σχήμα του μέχρι να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Οι μοντελιστές κύβων λειτουργούν συχνά σταδιακά, ξεκινώντας με ένα πλέγμα (mesh) χαμηλής ανάλυσης, βελτιώνοντας το σχήμα και στη συνέχεια υποδιαιρώντας το για την εξομάλυνση των έντονων ακμών και την προσθήκη λεπτομερειών.

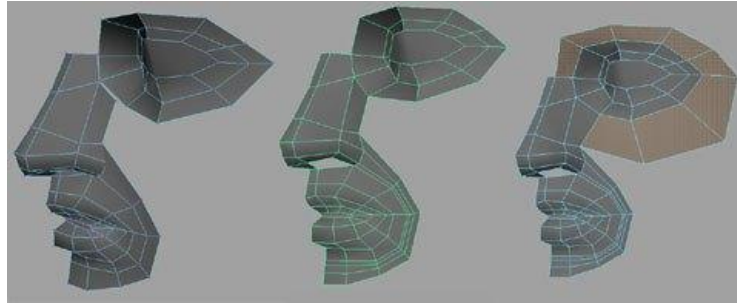


Εικ. 21: Box/Subdivision Modeling

Η διαδικασία υποδιαιρέσεως επαναλαμβάνεται μέχρις ότου το πλέγμα να περιέχει αρκετές πολυγωνικές λεπτομέρειες που θα κάνουν εμφανή την αρχική ιδέα του σχεδιαστή. Η μοντελοποίηση κύβου είναι ίσως η πιο συνηθισμένη μορφή πολυγωνικής μοντελοποίησης και χρησιμοποιείται συχνά σε συνδυασμό με άλλες τεχνικές.

2.3.2 Edge/Contour Modeling - Μοντελοποίηση με χρήση ακμών

Η μοντελοποίηση ακμών/περιγράμματος είναι και αυτή μια πολυγωνική τεχνική, αν και τελείως διαφορετική από την μοντελοποίηση κύβου. Στη μοντελοποίηση των ακμών, αντί να αρχίζει η σχεδίαση με ένα βασικό στερεό σχήμα, το μοντέλο κατασκευάζεται κομμάτι-κομμάτι ξεκινώντας από ένα δισδιάστατο απλό σχήμα του οποίου εξωθούνται (extrude) οι ακμές και από το καινούριο σχήμα που προκύπτει, εξωθούνται οι νέες ακμές κ.ό.κ.. Στη συνέχεια γεμίζονται οποιαδήποτε κενά έχουν δημιουργηθεί μεταξύ τους.



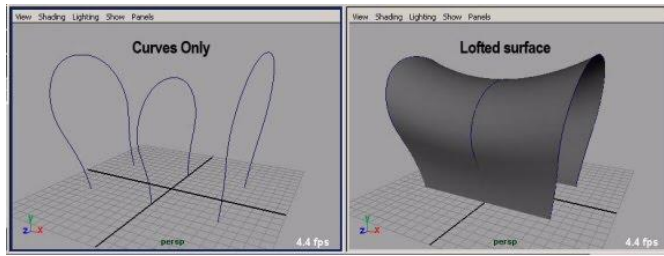
Εικ. 22: Edge/Contour Modeling

Αυτή η τεχνική είναι πολύ χρήσιμη για τη σχεδίαση πολύπλοκων μοντέλων όπως, το ανθρώπινο πρόσωπο. Αντί να διαμορφωθεί το περίγραμμα ματιών, για παράδειγμα, από έναν πολυγωνικό κύβο, είναι πολύ πιο εύκολο να δημιουργήσουμε εξ' αρχής το περίγραμμα του ματιού και να συνεχίσουμε τη μοντελοποίηση από εκεί. Μόλις διαμορφωθούν τα κυριότερα χαρακτηριστικά (τα μάτια, η μύτη, τα χείλη, το μέτωπο και η γνάθος) συμπληρώνονται βήμα-βήμα τα κενά μεταξύ τους.

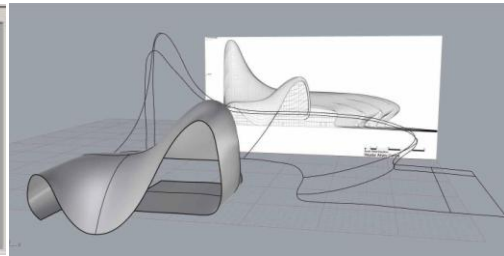
Για να είναι σωστό το μοντέλο ενός προσώπου απαιτεί πολύ αυστηρή διαχείριση των ακμών και της τοπολογίας. Για παράδειγμα όταν δημιουργείται ένα πρόσωπο οι ροές ακμών πρέπει να βρίσκονται σε σημεία που όταν μπει αργότερα κίνηση οι εκφράσεις να φαίνονται φυσικές, γι' αυτό και συνηθίζεται οι ροές ακμών να περιβάλλουν τα μάτια, τα χείλη και διάφορες ρυτίδες έκφρασης, όπως γύρω από το στόμα. Η ακρίβεια που παρέχεται από τη μοντελοποίηση περιγράμματος είναι πολύτιμη τόσο στο σχεδιασμό όσο και στο animation.

2.3.3 NURBS/Spline Modeling - Μοντελοποίηση με χρήση καμπύλων

Το NURBS (Non-Uniform Rational B-Spline/ανομοιόμορφη λογική καμπύλη) είναι μια τεχνική μοντελοποίησης που χρησιμοποιείται περισσότερο για την αυτοκινητιστική και τη βιομηχανική μοντελοποίηση. Σε αντίθεση με την πολυγωνική γεωμετρία, ένα πλέγμα από NURBS δεν έχει έδρες, ακμές ή κορυφές. Αντ' αυτού, τα μοντέλα NURBS αποτελούνται από λεπτές επιφάνειες, που δημιουργήθηκαν μετά την ένωση πλέγματος ανάμεσα σε δύο ή περισσότερες καμπύλες Bezier (Μπεζιέ). Οι καμπύλες NURBS δημιουργούνται με ένα εργαλείο που λειτουργεί πολύ παρόμοια με το εργαλείο pen στο MS paint ή στο Adobe Illustrator. Η καμπύλη δημιουργείται σε τρισδιάστατο χώρο και επεξεργάζεται μετακινώντας μια σειρά από λαβές που ονομάζονται CVs (control vertices/κορυφές ελέγχου). Για γίνει μοντελοποίηση μιας επιφάνειας NURBS, ο σχεδιαστής τοποθετεί τα σημεία για να σχηματίσει τις καμπύλες κι έπειτα τις τοποθετεί στο περίγραμμα του σχεδίου και το λογισμικό αυτόματα υπολογίζει με παρεμβολή το διάστημα μεταξύ τους.

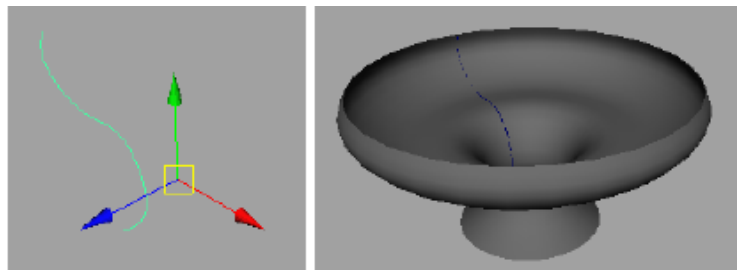


Εικ. 23: Απλή Μοντελοποίηση με NURBS



Εικ. 24: Πολύπλοκη Μοντελοποίηση με NURBS

Εναλλακτικά, μπορεί να δημιουργηθεί μια επιφάνεια NURBS περιστρέφοντας (revolve) μια καμπύλη γύρω από έναν κεντρικό άξονα. Αυτή είναι μια συνηθισμένη και γρήγορη τεχνική μοντελοποίησης για αντικείμενα που είναι ακτινικά από τη φύση τους, όπως ποτήρια, βάζα, πιάτα κλπ.



Εικ. 25: Τεχνική Revolve με NURBS

2.3.4 Digital Sculpting - Ψηφιακή γλυπτική

Η ψηφιακή γλυπτική είναι μια ανατρεπτική τεχνολογία με την έννοια ότι έχει βοηθήσει τους ελεύθερους μοντελιστές από τους περιορισμούς της τοπολογίας και της ροής ακμών και τους επιτρέπει να δημιουργούν διαισθητικά τρισδιάστατα μοντέλα με τρόπο πολύ παρόμοιο με τον ψηφιακό πηλό. Στην ψηφιακή γλυπτική, τα μοντέλα δημιουργούνται οργανικά, συνήθως χρησιμοποιώντας μια συσκευή tablet (Wacom) για να καλουπωθεί και να διαμορφωθεί το μοντέλο με αντίστοιχα εργαλεία και τεχνικές που ένας γλύπτης θα χρησιμοποιούσε σε πραγματικό πηλό.



Εικ. 26: Ψηφιακή Γλυπτική

Η ψηφιακή γλυπτική έχει φτάσει τη μοντελοποίηση χαρακτήρων και αντικειμένων σε νέο επίπεδο, καθιστώντας τη διαδικασία πιο γρήγορη, αποτελεσματικότερη και επιτρέποντας

στους καλλιτέχνες να δουλεύουν με πλέγμα υψηλής ανάλυσης που περιέχουν εκατομμύρια πολύγωνα. Κι ενώ ο ρεαλισμός τους είναι ανυπέρβλητος, τα μοντέλα δε χρησιμοποιούνται ως έχουν στο animation, διότι λόγω του τεράστιου αριθμού πολυγώνων το animation και το rendering θα καθυστερούσαν πολύ. Μπορεί να γίνει, όμως, εξαγωγή διαφόρων maps (που θα αναλυθούν παρακάτω) από το λογισμικό που δημιουργήθηκαν και να εφαρμοστούν σε ένα πιο απλό μοντέλο, με αποτέλεσμα να δείχνει όλες τις λεπτομέρειες, χωρίς να είναι δύσκολο και χρονοβόρο να επεξεργαστούμε το μοντέλο. Τα πλέγματα που έχουν δημιουργηθεί με ψηφιακή γλυπτική είναι γνωστά για τα αδιανόητα επίπεδα λεπτομέρειας στην επιφάνειά τους και τη φυσική αισθητική τους.

2.3.5 Procedural Modeling - Διαδικαστική Μοντελοποίηση

Η λέξη διαδικαστική στα γραφικά του υπολογιστή αναφέρεται σε οτιδήποτε παράγεται αλγοριθμικά, αντί να δημιουργείται χειροκίνητα από το χέρι ενός σχεδιαστή. Στη διαδικαστική μοντελοποίηση, δημιουργούνται σκηνές ή αντικείμενα βάσει κανόνων ή παραμέτρων που μπορούν να καθοριστούν από τον χρήστη. Μπορούν να δημιουργηθούν ολόκληρα τοπία, καθορίζοντας και τροποποιώντας περιβαλλοντικές παραμέτρους.



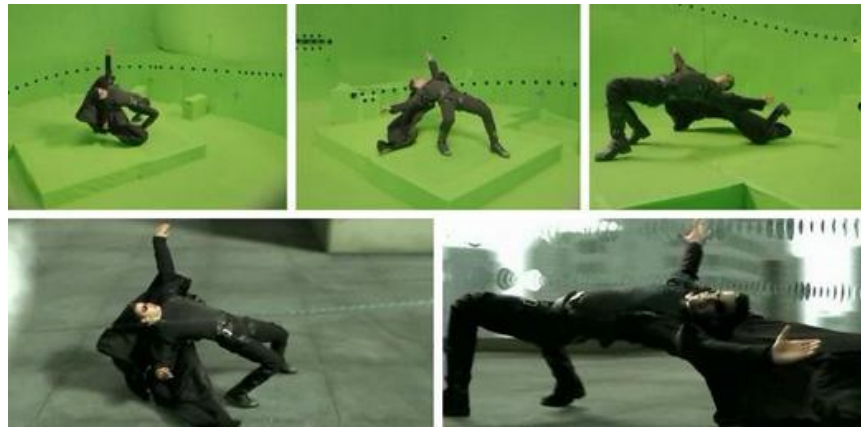
Εικ. 27: Διαδικαστική Μοντελοποίηση

Η διαδικαστική μοντελοποίηση χρησιμοποιείται συχνά για οργανικές κατασκευές, όπως για δέντρα, λουλούδια και θάμνους, όπου υπάρχουν σχεδόν άπειρες παραλλαγές και η πολυπλοκότητά τους θα ήταν πολύ χρονοβόρα για να δημιουργηθεί εξ' αρχής από τον σχεδιαστή. Συνήθως χρησιμοποιούνται έτοιμοι αλγόριθμοι για τη δημιουργία τους, οι οποίοι μπορούν να τροποποιηθούν μέσω επεξεργάσιμων ρυθμίσεων στο λογισμικό. Έτσι, ο χρήστης μπορεί να καθορίσει για παράδειγμα το ύψος του κορμού ενός δέντρου, την πυκνότητα των κλαδιών του, το χρώμα του φυλλώματός του και δεκάδες ακόμα επιλογές.

2.3.6 Image-based Modeling / Μοντελοποίηση βάσει εικόνας

Η μοντελοποίηση βάσει εικόνας είναι μια διαδικασία με την οποία μεταμορφώσιμα αντικείμενα 3D προέρχονται από ένα σύνολο στατικών δισδιάστατων εικόνων μέσω αλγορίθμου. Η μοντελοποίηση βάσει εικόνας χρησιμοποιείται συχνά σε περιπτώσεις όπου οι

περιορισμοί χρόνου ή προϋπολογισμού δεν επιτρέπουν τη δημιουργία δια χειρός ενός πλήρως υλοποιημένου τρισδιάστατου στοιχείου.



Εικ. 28: Μοντελοποίηση βάσει εικόνας

Ίσως το πιο διάσημο παράδειγμα μοντελοποίησης με βάσει εικόνας ήταν στην ταινία *The Matrix*, όπου λόγω έλλειψης χρόνου και πόρων γύρισαν ακολουθίες δράσης με συστοιχίες φωτογραφικών μηχανών 360 μοιρών και στη συνέχεια χρησιμοποίησαν έναν αλγόριθμο για να επιτρέψουν την "εικονική", τρισδιάστατη κίνηση κάμερας στα σκηνικά του πραγματικού κόσμου.

2.3.7 3D Scanning - Τρισδιάστατη σάρωση

Η τρισδιάστατη σάρωση είναι μια μέθοδος ψηφιοποίησης αντικειμένων του πραγματικού κόσμου όταν απαιτείται ένα απίστευτα υψηλό επίπεδο φωτορεαλισμού. Ένα αντικείμενο πραγματικού κόσμου (ή ακόμα κι ένας ηθοποιός) σκανάρεται και αναλύεται και τα ακατέργαστα δεδομένα χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία ενός ακριβούς πολυγωνικού ή NURBS πλέγματος.



Εικ. 29: Μοντελοποίηση με Τρισδιάστατη Σάρωση

Εξακολουθούν να υπάρχουν ακόμα πολλοί περιορισμοί στο είδος των αντικειμένων που μπορούν να ψηφιοποιηθούν. Για παράδειγμα, η οπτική τεχνολογία μπορεί να συναντήσει

πολλές δυσκολίες με γυαλιστερά, ανακλαστικά ή διαφανή αντικείμενα. Τα τρισδιάστατα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί είναι χρήσιμα για μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών. Οι συσκευές σάρωσης χρησιμοποιούνται εκτενώς από τη βιομηχανία της ψυχαγωγίας για την παραγωγή ταινιών και βιντεοπαιχνιδιών, συμπεριλαμβανομένης της εικονικής πραγματικότητας.

2.4 Shaders & Textures

Τα υλικά/shaders είναι ιδιότητες που υπάρχουν σε κάθε μηχανή απόδοσης, που εάν εφαρμοστούν πάνω στα μοντέλα τούς δίνουν τα χαρακτηριστικά υλικών, όπως για παράδειγμα μετάλλου, πλαστικού, γυαλιού κ.ό.κ.. Ο σχεδιαστής μπορεί επίσης να ρυθμίσει τις παραμέτρους για το πόσο μια επιφάνεια είναι ανακλαστική, γυαλιστερή, τραχιά, λεία κ.λ.π.. Για να είναι ορατά πρέπει να χρησιμοποιηθεί μια μηχανή απόδοσης (rendering) για να εξάγει το μοντέλο με τα υλικά που του εφαρμόσαμε.

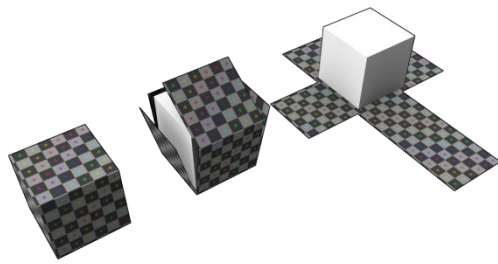


Εικ. 30: Υλικά/Shader

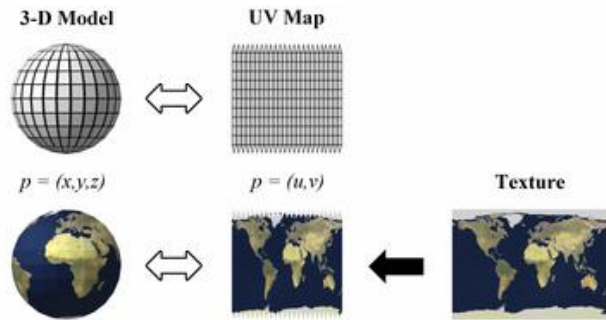
Ένας άλλος τρόπος για να φαίνονται τα αντικείμενα πιο ρεαλιστικά είναι η εφαρμογή δισδιάστατων εικόνων πάνω στην επιφάνειά τους. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί ένα μοντέλο με χαμηλό αριθμό πολυγώνων να φαίνεται πιο πολύπλοκο. Το texture mapping είναι μία μέθοδος η οποία προσφέρει λεπτομέρειες υψηλής ποιότητας στα αντικείμενα που δημιουργήθηκαν. Πιο συγκεκριμένα, μπορεί να προσθέσει χρώμα, υφή και να ρυθμίσει την ανακλαστικότητα και την ορατότητα των μοντέλων. Τα texture maps σχεδιάζονται έτσι ώστε να αντιστοιχούν στις συντεταγμένες UV ενός μοντέλου.

2.4.1 UV Mapping

Οτιδήποτε δημιουργείται σε ένα λογισμικό 3D έχει **UV map**, το οποίο είναι η επίπεδη αναπαράσταση ενός τρισδιάστατου αντικειμένου. Τα γράμματα U και V αναφέρονται στον οριζόντιο και στον κατακόρυφο άξονα του δισδιάστατου χώρου, καθώς τα X, Y και Z χρησιμοποιούνται ήδη από τα λογισμικά για να περιγράψουν τον τρισδιάστατο χώρο. Για να εφαρμοστεί ένα texture map πάνω σε ένα μοντέλο, πρέπει πρώτα αυτό να "ξετυλιχτεί" (**unwrap**) σε ένα δισδιάστατο UV map ή σε ανάπτυγμα στη γλώσσα της στερεομετρίας.



Εικ. 31: UV Mapping Κύβου



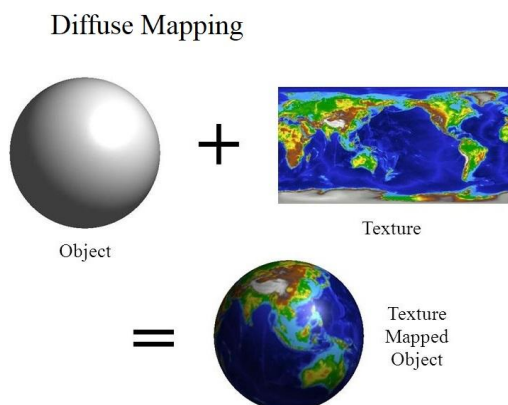
Εικ. 32: UV Mapping Σφαίρας

Αυτή η διαδικασία είναι πολύ σημαντική, διότι για να εφαρμόσουμε μία δισδιάστατη εικόνα σε ένα τρισδιάστατο μοντέλο, πρέπει πρώτα να μεταφραστεί το 3D αντικείμενο σε μία 2D εικόνα, η οποία εξάγεται από το λογισμικό ως μία τετράγωνη εικόνα. Τα textures maps σχεδιάζονται ή επεξεργάζονται σε νέο layer πάνω από τη δισδιάστατη εικόνα, η οποία χρησιμοποιείται ως σημείο αναφοράς. Επιπλέον, οι υφές μπορούν είτε να δημιουργηθούν από πραγματικές εικόνες, είτε να σχεδιαστούν από την αρχή σε λογισμικά όπως το Photoshop ή το Corel Painter. Τέλος, αφού δημιουργηθούν τα textures maps, εισάγονται στο λογισμικό έτσι ώστε να μπορέσουν να “τυλιχτούν” (**wrap**) σωστά γύρω από το τρισδιάστατο μοντέλο ως δισδιάστατες εικόνες υφών.

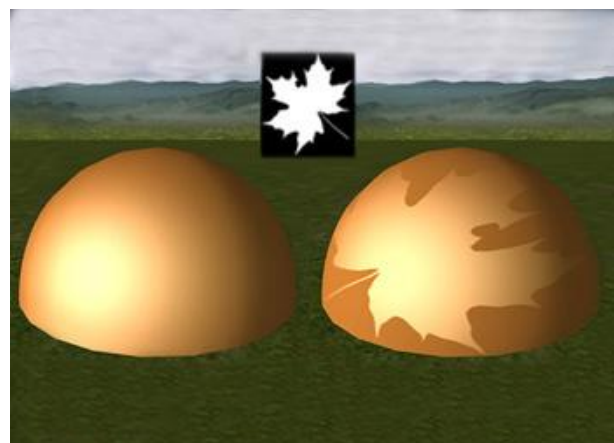
Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία του UV mapping, υπάρχουν διάφοροι τρόποι που μπορούν να δώσουν ρεαλισμό στα αντικείμενα, με πιο συνηθισμένες τις τεχνικές diffuse, specular, normal, bump και displacement mapping.

2.4.2 Diffuse / Color Maps

Το diffuse mapping είναι το πιο συνηθισμένο είδος texture mapping, το οποίο για να λειτουργήσει, πρέπει να εισαχθεί μία εικόνα στην παράμετρο του χρώματος του αντικειμένου. Μόλις εφαρμοστεί στην επιφάνειά του, προβάλλεται το περιεχόμενο της εικόνας.



Εικ. 33: Diffuse Mapping



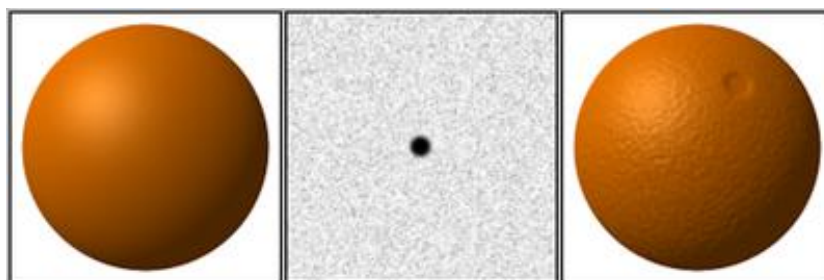
Εικ. 34: Specular Mapping

2.4.3 Specular Maps

Τα specular maps (κατοπτρικές απεικονίσεις) ενημερώνουν το λογισμικό για το ποια μέρη ενός μοντέλου πρέπει να είναι λαμπερά ή γυαλιστερά, καθώς και την ένταση αυτών. Την ονομασία τους την πήραν για το γεγονός ότι γυαλιστερές επιφάνειες, όπως τα μέταλλα, τα κεραμικά και ορισμένα πλαστικά, διαθέτουν τις ιδιότητες ενός κατόπτρου, αντανακλούν δηλαδή μια ισχυρή πηγή φωτός. Τα specular maps είναι μία ασπρόμαυρη εικόνα, όπου το άσπρο αντιπροσωπεύει τη γυαλιστερή επιφάνεια και είναι απαραίτητα για μοντέλα που δεν είναι ομοιόμορφα γυαλιστερά. Για παράδειγμα, ένας χαρακτήρας ηλεκτρονικού παιχνιδιού που αποτελείται από πολλά υλικά, θα βοηθούσε να του εφαρμοστεί ένα specular map για να αναδείξει τη διαφορετικότητα των υλικών που φοράει, όπως για παράδειγμα εάν φορούσε μία μεταλλική ζώνη.

2.4.4 Bump Maps

Τα bump maps δημιουργούν την ψευδαίσθηση του βάθους και της υφής στην επιφάνεια ενός τρισδιάστατου μοντέλου αφού γίνει ρεαλιστική απόδοση. Οι υφές δημιουργούνται τεχνητά στην επιφάνεια των αντικειμένων χρησιμοποιώντας την κλίμακα του γκρι κι έτσι δε χρειάζεται να σχεδιαστούν δια χειρός μικρές λεπτομέρειες. Στο bump mapping οι λεπτομέρειες που δημιουργούνται είναι ψεύτικες και το μοντέλο δεν επιβαρύνεται με πρόσθετη ανάλυση. Συνήθως, τα bump maps είναι ασπρόμαυρες εικόνες που περιορίζονται σε 8-bit πληροφορίες χρώματος, δηλαδή μόνο σε 256 διαφορετικές αποχρώσεις του μαύρου, του γκρι ή του λευκού χρώματος. Αυτές οι τιμές χρησιμοποιούνται για να πουν το λογισμικό ποιες είναι οι εξοχές και ποιες οι εσοχές. Όταν οι τιμές ενός bump map βρίσκονται κοντά στο 50% γκρίζο, εμφανίζονται ελάχιστες ή και καθόλου λεπτομέρειες στην επιφάνεια του τρισδιάστατου αντικειμένου. Όταν οι τιμές γίνονται πιο φωτεινές και πλησιάζουν το λευκό, οι λεπτομέρειες δείχνουν να απομακρύνονται από την επιφάνεια και δημιουργούν την αίσθηση ότι το μοντέλο έχει εξοχές, ενώ όταν οι τιμές πλησιάζουν το μαύρο, φαίνονται να εισέρχονται στην επιφάνεια και να δημιουργούν εσοχές.



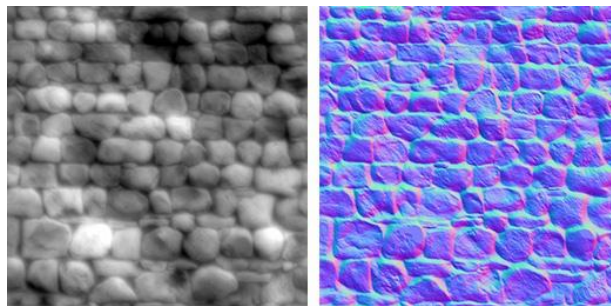
Εικ. 35: Bump Mapping

Τα bump maps είναι κατάλληλα για τη δημιουργία μικροσκοπικών λεπτομερειών και δεν αλλάζουν τη γεωμετρία του μοντέλου, δηλαδή ενώ η επιφάνειά του μπορεί να δείχνει στο rendering πως έχει εξοχές και εσοχές, στην πραγματικότητα έχει παραμείνει επίπεδη. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα των bump maps είναι ότι αυτό μπορεί να ανιχνευτεί αν η κάμερα τα βλέπει από λάθος γωνία. Δεδομένου ότι οι λεπτομέρειες που δημιουργούν είναι ψεύτικες και

δεν προστίθεται πραγματική ευκρίνεια, το περίγραμμα του πλέγματος που εφαρμόζει το bump map θα είναι πάντοτε ανεπηρέαστο από αυτό.

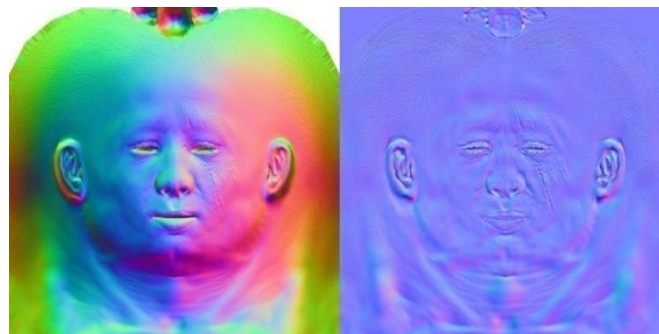
2.4.5 Normal Maps

Τα normal maps είναι μία καλύτερη και νεότερη έκδοση των bump maps. Όπως και τα bump maps, οι λεπτομέρειες που δημιουργούν στο τρισδιάστατο αντικείμενο είναι επίσης ψεύτικες και δε δημιουργείται πρόσθετη γεωμετρία στη σκηνή. Ένα normal map δημιουργεί την ψευδαίσθηση του βάθους στην επιφάνεια ενός μοντέλου, αλλά διαφέρει από ένα bump map. Το bump map χρησιμοποιεί τιμές στην κλίμακα του γκρι για να παρέχει πληροφορίες για εσοχές και εξοχές. Ένα normal map χρησιμοποιεί πληροφορίες RGB που αντιστοιχούν άμεσα με τους άξονες X, Y και Z στον τρισδιάστατο χώρο. Αυτή η πληροφορία RGB λέει στο λογισμικό την ακριβή κατεύθυνση που πρέπει να ακολουθήσουν οι επιφάνειες των πολυγώνων και πώς να σκιάζονται.



Εικ. 36: Bump Map vs Normal Map

Υπάρχουν δύο είδη normal maps, τα οποία φαίνονται τελείως διαφορετικά όταν προβάλλονται σε δισδιάστατη μορφή. Το πρώτο είδος normal map, που χρησιμοποιείται και πιο συχνά, είναι το Tangent Space και είναι μία δισδιάστατη εικόνα με αποχρώσεις του μοβ και του μπλε. Αυτοί οι χάρτες λειτουργούν καλύτερα για πλέγματα που πρέπει να μεταποιηθούν κατά τη διάρκεια του animation, όπως οι χαρακτήρες. Το δεύτερο είδος που ανήκει στην κατηγορία του normal map είναι το Object Space, το οποίο είναι ιδανικό για μοντέλα που δεν χρειάζεται να μεταποιηθούν. Το Object Space αποτελείται από τα χρώματα τις ίριδας κι έχει ελαφρώς βελτιωμένη απόδοση σε σχέση με τα Tangent Space maps.

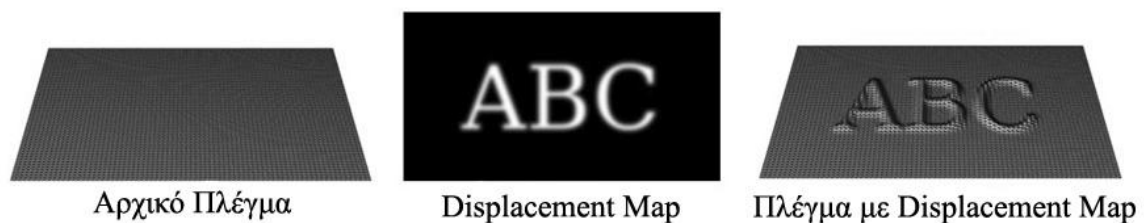


Εικ. 37: Object Space vs Tangent Space

Σε αντίθεση με ένα bump map, αυτοί οι τύποι μπορεί να είναι πολύ πιο δύσκολο να δημιουργηθούν ή να επεξεργαστούν σε ένα 2D λογισμικό όπως το Photoshop και μόνο πρόσφατα ξεκίνησαν να χρησιμοποιούνται normal maps σε εφαρμογές παιχνιδιών στα κινητά.

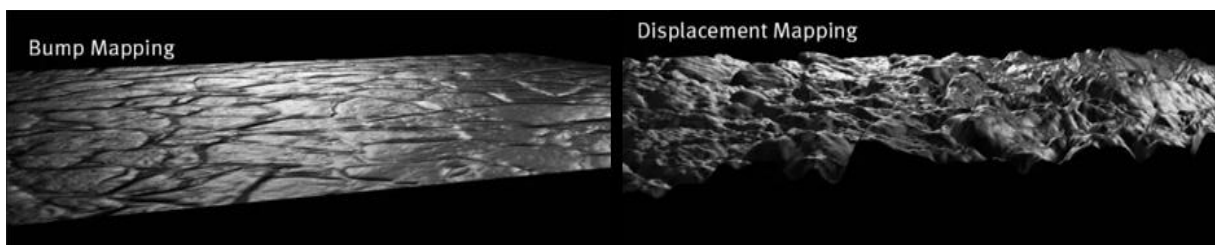
2.4.6 Displacement Maps

Στο displacement mapping χρησιμοποιείται η ίδια μέθοδος με την τεχνική του bump mapping, με τη διαφορά ότι η γεωμετρική θέση των σημείων της επιφάνειας που έχει εφαρμοστεί κάποια υφή, μετατοπίζεται. Οι επιφάνειες αποκτούν βάθος, λεπτομέρεια και τη δυνατότητα αυτο-σκίασης, δίνοντας πιο ρεαλιστικό αποτέλεσμα από το bump mapping, αλλά καταναλώνοντας περισσότερους πόρους του συστήματος.



Εικ. 38: Displacement Mapping

Προκειμένου να δημιουργηθούν λεπτομέρειες χρησιμοποιώντας ένα displacement map, συνήθως το πλέγμα πολυγώνων πρέπει να υποδιαιρεθεί έτσι ώστε να δημιουργηθεί πραγματική γεωμετρία. Ένα displacement map αποτελείται από τιμές του γκρι και παρόλο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί εικόνα 8 bit (όσα χρησιμοποιεί κι ένα bump map), εμφανίζει καλύτερα αποτελέσματα χρησιμοποιώντας 16 ή 32 bit. Ενώ τα αρχεία 8-bit μπορεί να φαίνονται ωραία στο δισδιάστατο χώρο, όταν φέρονται σε τρισδιάστατο μπορούν μερικές φορές να προκαλέσουν διάφορες ατέλειες, λόγω του μικρού φάσματος των τιμών. Όπως και στο bump mapping, οι τιμές που πλησιάζουν το μαύρο χρώμα δημιουργούν εσοχές και οι τιμές που πλησιάζουν το λευκό, πραγματικές εξοχές.



Εικ. 39: Bump Mapping vs Displacement Mapping

Η δημιουργία όλης αυτής της πρόσθετης γεωμετρίας σε πραγματικό χρόνο είναι εξαιρετικά δύσκολη για το σύστημα. Εξαιτίας αυτού, οι περισσότερες εφαρμογές 3D υπολογίζουν τα τελικά αποτελέσματα στο rendering. Σε σύγκριση με τα προηγούμενα maps, ένα displacement map θα προσθέσει σημαντικό χρόνο στο rendering, αλλά η πρόσθεση

γεωμετρίας στα αντικείμενα, θα κάνει το τελικό αποτέλεσμα καλύτερο από τα υπόλοιπα. Δεδομένου ότι η επιφάνεια είναι στην πραγματικότητα τροποποιημένη, το περίγραμμα των μοντέλων αντικατοπτρίζει την πρόσθετη γεωμετρία.

Τις περισσότερες φορές χρησιμοποιείται displacement map για τις μεγάλες αλλαγές στο μοντέλο μαζί με bump map ή normal map για τις μικρές λεπτομέρειες. Ανάλογα με τη χρήση και τις ανάγκες κάθε project ο σχεδιαστής αποφασίζει ποιος συνδυασμός maps θα χρησιμοποιηθεί και θα πρέπει να υπάρχει μια ισορροπία στον χρόνο του rendering και την ποιότητα του αποτελέσματος.

2.5 Layout & Animation

Αφού εφαρμοστούν υφές και χρώματα στα πλέγματα, τα μοντέλα και οι κάμερες πρέπει να στηθούν στην σκηνή. Το layout καθορίζει τις χωρικές σχέσεις μεταξύ τους, συμπεριλαμβανομένης της θέσης και του μεγέθους. Σε συνεννόηση με τον σκηνοθέτη και με γνώμονα το εικονογραφημένο σενάριο (storyboard), στήνονται οι κάμερες, καθορίζονται οι κινήσεις τους, καθώς και οι βασικές θέσεις των μοντέλων.

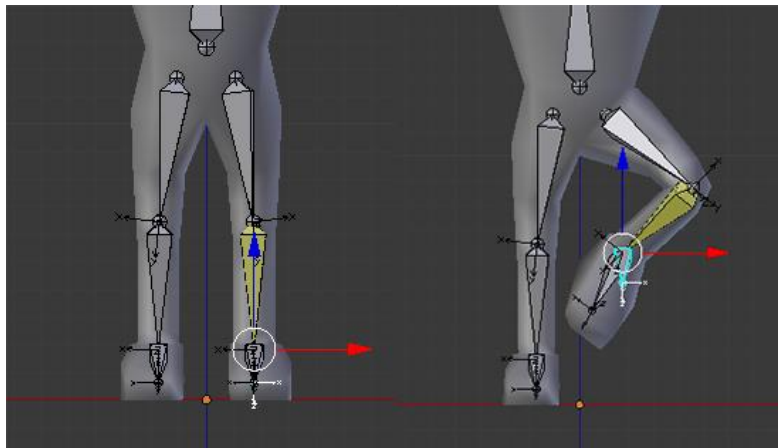


Εικ. 40: Animation Process

Το animation αναφέρεται στη χρονική περιγραφή ενός αντικειμένου (δηλαδή, πώς κινείται και παραμορφώνεται με την πάροδο του χρόνου). Οι δημοφιλείς μέθοδοι περιλαμβάνουν την Inverse Kinematics (IK), 3D Skeletal Animation και Fluid Simulation. Αυτές οι τεχνικές χρησιμοποιούνται συχνά σε συνδυασμό. Όπως και με το κινούμενο σχέδιο, η φυσική προσομοίωση καθορίζει επίσης την κίνηση.

2.5.1 Inverse Kinematics / Αντίστροφη Κινηματική (IK)

Τα περισσότερα κινούμενα σχέδια παράγονται με το χειρισμό των αρθρώσεων ενός σκελετού που εφαρμόζεται στο μοντέλο για να του δώσει κίνηση. Η αντίστροφη κινηματική (IK) είναι μια τέτοια τεχνική στην οποία οι φυσικές κινήσεις του σώματος ενός χαρακτήρα προσομοιώνονται με τη χρήση σκελετών. Μετά, δηλαδή που εφαρμόζεται ένας σκελετός στο μοντέλο, επηρεάζει και το πλέγμα πολυγώνων που το περικλείουν. Το IK είναι εξαιρετικά χρήσιμο στα τρισδιάστατα κινούμενα σχέδια διότι απλοποιεί τη διαδικασία και βοηθά στη δημιουργία προηγμένων κινούμενων εικόνων με μεγαλύτερη ευκολία. Επιπλέον, χρησιμοποιείται συχνά ως αποτελεσματική λύση για τη δημιουργία κίνησης των άνω και κάτω άκρων ενός χαρακτήρα. Η Αντίστροφη Κινηματική επιτυγχάνεται με την εφαρμογή σκελετού του οποίου τα οστά και οι αρθρώσεις έχουν μία αλυσιδωτή σχέση μεταξύ τους, δηλαδή εάν κινήσουμε μία άρθρωση, θα κινηθεί το οστό που εφάπτεται σε αυτή και το οστό με τη σειρά του θα επηρεάσει την προηγούμενη άρθρωση.



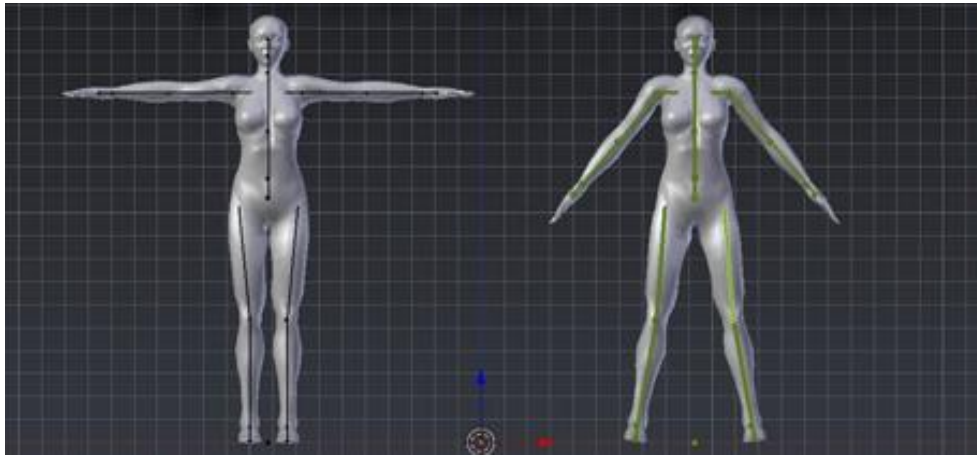
Εικ. 41: IK Animation

Με τον χειρισμό του IK μετακινώντας το τελευταίο οστό στην ιεραρχία, τα άλλα οστά να μετακινούνται αυτόματα, ακολουθώντας μία αλυσιδωτή αντίδραση. Δηλαδή, αν για παράδειγμα αλλάξουμε θέση στον αστράγαλο ενός χαρακτήρα, μέσα στην σκηνή του προγράμματος, θα αλλάξει θέση όλο πόδι και θα ακολουθήσει τη συνεχή κίνηση με φυσικό τρόπο. Για τη δημιουργία κίνησης, θα πρέπει να τοποθετούνται keyframes (κλειδιά) μετά την κάθε αλλαγή που κάνουμε στον σκελετό του μοντέλου, για να την αποθηκεύσει το λογισμικό.

2.5.2 Forward Kinematics / Άμεση Κινηματική (FK)

Η Άμεση Κινηματική είναι μια διαδικασία όπου ένα μοντέλο κινείται, μετά την εφαρμογή σκελετού, χρησιμοποιώντας ένα σύνολο διασυνδεδεμένων οστών. Για να επιτευχθεί κίνηση, σε αντίθεση με την Αντίστροφη Κινηματική (IK), θα πρέπει να μετακινήσουμε στο πρόγραμμα ξεχωριστά τα οστά και τις αρθρώσεις που επιθυμούμε. Παρ' όλα αυτά, και στις δύο περιπτώσεις Κινηματικής χρησιμοποιείται ιεραρχία στις αρθρώσεις και τα οστά κατά τη δημιουργία του σκελετού, με αποτέλεσμα να έχουμε parent (γονέα) και child (παιδί). Η διαφορά που παρατηρείται είναι ότι στο IK το παιδί επηρεάζει τον γονέα, ενώ

στο FK αυτό δεν ισχύει. Για παράδειγμα, ο καρπός είναι παιδί του αγκώνα και ο αγκώνας παιδί του ώμου. Δηλαδή η ιεραρχία είναι (Ωμος -> Αγκώνας -> Καρπός). Εάν δώσουμε κίνηση στον καρπό δεν επηρεάζει τα προηγούμενα, αλλά αν μετακινήσουμε τον ώμο, θα ακολουθήσουν τα υπόλοιπα.



Εικ. 42: FK Animation

Μια άλλη διαφορά που έχει με το IK είναι ότι η κίνηση των οστών δεν είναι φυσική και θα πρέπει να γίνουν αλλαγές και στις υπόλοιπες αρθρώσεις. Ο σωστός τρόπος για να αποδοθεί κίνηση στο μοντέλο με αυτή τη μέθοδο, είναι να ξεκινούν οι αλλαγές στον σκελετό από τον γονέα και να συνεχίζουν ακολουθώντας την ιεραρχία προς τα κάτω. Μετά από την παραμικρή αλλαγή θα πρέπει να τοποθετείται keyframe στο timeline του προγράμματος για να αποθηκευτεί.

2.5.3 Dynamics / Δυναμική Ενέργεια

Με τον όρο dynamics εννοούμε τους τρόπους με τους οποίους κινούνται τα αντικείμενα με τη χρήση κανόνων φυσικής, προσομοιώνοντας δυνάμεις του πραγματικού κόσμου. Είναι μια πολύπλοκη μηχανή φυσικής με την οποία μπορούν να καθοριστούν όλες οι ενέργειες στα αντικείμενα που θέλει ο σχεδιαστής και το λογισμικό μπορεί να τις μεταφράσει δίνοντας ζωή στα αντικείμενα μες τον πλέον ρεαλιστικό τρόπο. Αυτή η διαδικασία είναι πολύ σημαντική για τη δημιουργία ρεαλιστικής κίνησης και πολύ ταχύτερη από τον συνηθισμένο τρόπο, προσθέτοντας keyframes.

Τα dynamics είναι ένα είδος προσομοίωσης κινουμένων σχεδίων, αλλά διαφέρουν ως προς τον τρόπο με τον οποίο υπολογίζονται από τον υπολογιστή. Κανονικά οι κινήσεις υπολογίζονται ανά κάθε frame και η θέση του αντικειμένου στο παρόν frame καταλαμβάνεται από τη θέση που έχουμε ορίσει στο επόμενο frame. Τα dynamics διαφέρουν από αυτή τη μέθοδο, δηλαδή από το να καθορίζεται η θέση του αντικειμένου από τα keyframes που έχουμε εισάγει. Αντ' αυτού, χρησιμοποιούν φυσική και παρέχουν τη δυνατότητα να προσομοιώνουν γρήγορα κι εύκολα τις κινήσεις.

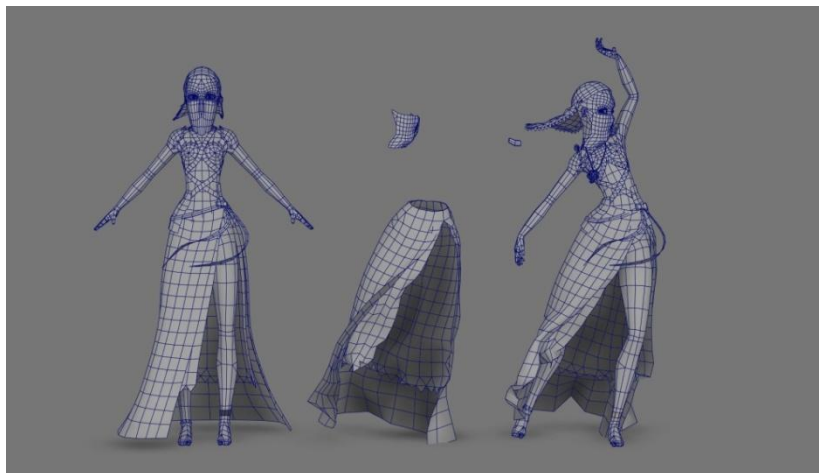


Εικ. 43: Animation με Dynamics

Ένα παράδειγμα για τα πού θα μπορούσαν να φανούν χρήσιμα είναι στο να δημιουργήσουμε κίνηση σε αλυσίδα από ντόμινο. Αντί να αλλάζουμε τη θέση από κάθε ένα ντόμινο, θα χρησιμοποιούσαμε dynamics και θα προσομοιώναν τις κινήσεις εισάγοντας βαρύτητα και κινητική ενέργεια. Επιπλέον, μπορούν να τροποποιηθούν, ανάλογα με τις ανάγκες του καθενός, όλες αυτές οι δυνάμεις, μιας και παρέχονται πολλές διαφορετικές ρυθμίσεις χαρακτηριστικών.

Cloth / Ύφασμα

Μία ακόμα χρήσιμη λειτουργία που χρησιμοποιεί dynamics είναι η προσομοίωση υφάσματος. Οποιοδήποτε πολυγωνικό αντικείμενο μπορεί να μετατραπεί σε ύφασμα εφαρμόζοντας πάνω σε αυτό τη λειτουργία cloth. Τα αντικείμενα αποκτούν στη στιγμή κίνηση και ροή και παρέχονται δεκάδες ρυθμίσεις χαρακτηριστικών. Με το cloth μπορούν να δημιουργηθούν ρούχα που μετακινούνται ανάλογα με το χαρακτήρα, τραπεζομάντηλο, κουρτίνα, σημαία και ότι άλλο μπορεί να φανταστεί ο σχεδιαστής. Αλλάζοντας τις ρυθμίσεις μπορεί να καθοριστεί η μάζα του υφάσματος, η ελαστικότητά του, το πόσο κολλητικό μπορεί να είναι στα αντικείμενα που ακουμπάει και πολλές ακόμα επιλογές.

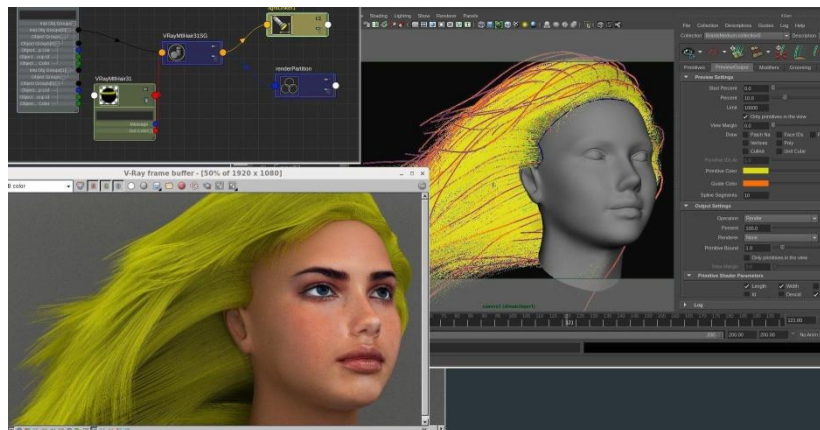


Εικ. 44: Dynamics - Cloth

Το μειονέκτημα αυτής της λειτουργίας είναι ότι χρησιμοποιεί πολλή υπολογιστική ισχύ, με αποτέλεσμα ακόμη και με έναν γρήγορο υπολογιστή, η χρήση dynamics σε υψηλό επίπεδο ακρίβειας να διαρκέσει πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα για την επεξεργασία τους.

nHair / Τρίχωμα

Το σύστημα nHair είναι κατάλληλο για τη δημιουργία τριχώματος, όπως μαλλιά και γούνα και αποτελείται από μια συλλογή τριχοθυλακίων. Ανήκει στο λογισμικό Maya της Autodesk και χρησιμοποιεί το ίδιο πλαίσιο λειτουργίας με το nCloth. Μια NURBS ή πολυγωνική επιφάνεια μπορεί να έχει πολλαπλά συστήματα nHair στην ίδια επιφάνεια και ένα σύστημα nHair μπορεί να εκτείνεται σε πολλαπλές επιφάνειες. Στην πραγματικότητα κάθε θύλακας τρίχας φιλοξενεί μια τρίχα, ενώ στο Maya κάθε θύλακας φιλοξενεί μια καμπύλη NURBS η οποία αντιπροσωπεύει τη θέση μιας δέσμης τριχών που ανήκουν σε αυτήν. Ο θύλακας ελέγχει τα χαρακτηριστικά και τις καμπύλες που σχετίζονται με μια συγκεκριμένη τούφα μαλλιών και τον τρόπο με τον οποίο οι τρίχες συνδέονται με μια NURBS ή πολυγωνική επιφάνεια.



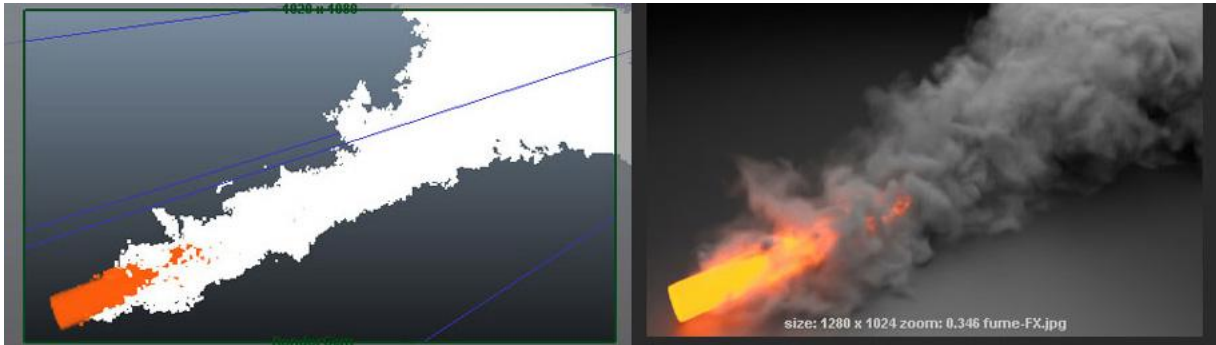
Εικ. 45: Dynamics - nHair

Υπάρχουν διάφορα χαρακτηριστικά σε ένα σύστημα nHair για την τροποποίηση της εμφάνισης και της συμπεριφοράς των τριχών στο σύνολό τους. Για παράδειγμα υπάρχουν ρυθμίσεις για το βάρος τους, όπου εάν θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε το σύστημα για να δημιουργήσουμε μαλλιά το βάρος πρέπει να αυξηθεί, ενώ εάν θέλουμε να δημιουργήσουμε μια γούνα ενός ζώου, τα μαλλιά δεν είναι απαραίτητο να πέφτουν, αλλά πιθανότερα να στέκονται. Επιπλέον υπάρχουν ρυθμίσεις για την πυκνότητά τους, για το αν θέλουμε να είναι ίσια ή σγουρά, για την ελαστικότητά τους, το μήκος τους, το χρώμα τους, τη λάμψη τους και πολλές ακόμα τροποποιήσεις. Το σύστημα nHair, παρόλο που προσφέρει ευκολία και ταχύτητα στη δημιουργία μαλλιών και γούνας, χρησιμοποιεί πολλούς πόρους του συστήματος, κάνοντάς το αργό τόσο στην επεξεργασία του στη σκηνή του προγράμματος όσο και στο rendering.

Particles / Σωματίδια

Ένα από τα πιο δυνατά χαρακτηριστικά ενός συστήματος dynamics είναι τα particles (σωματίδια). Τα particles μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αναπαράγουν φωτιά, εκρήξεις, καπνό, νερό, ομίχλη και άλλα. Ενώ κάποια έτοιμα εφέ που εμπεριέχονται στις περισσότερες

εφαρμογές 3D είναι εξαιρετικά, η χρήση σωματιδίων επιτρέπουν τη ρύθμιση του αποτελέσματος και τον πλήρη έλεγχο της δυναμικής προσομοίωσης. Τα σωματίδια μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να δημιουργήσουν γρασίδι και γούνα. Τα σωματίδια ελέγχονται από έναν πομπό ο οποίος δρα ως πηγή των σωματιδίων. Ο πομπός έχει πολλά διαφορετικά χαρακτηριστικά που μπορεί να ρυθμιστούν από τον σχεδιαστή, όπως ο ρυθμός εκπομπής σωματιδίων, η ταχύτητα και πολλές άλλες επιλογές που μπορούν να τροποποιηθούν.

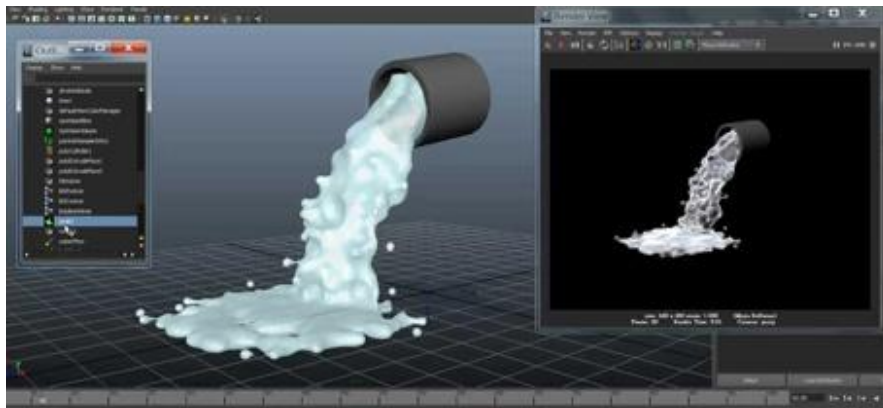


Εικ. 46: Dynamics - Particles

Σε αντίθεση με τα εφέ που εμπεριέχονται στα προγράμματα, τα σωματίδια δεν παράγουν την επιθυμητή εμφάνιση από την αρχή και θα πρέπει αναγκαστικά να ρυθμιστούν για να δημιουργήσουν το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Fluid Simulation / Προσομοίωση Ρευστών

Ο όρος Fluid Simulation αναφέρεται σε τεχνικές που χρησιμοποιούνται σε προγράμματα που παράγουν γραφικά υπολογιστών ώστε να αναπαραστήσουν την κίνηση υγρών και αέριων. Πρόκειται για τεχνικές που επικεντρώνονται στην κατά προσέγγιση οπτική προσομοίωση της συμπεριφοράς ενός ρευστού, με λιγότερη έμφαση στην ακριβή και με σωστά φυσικά αποτελέσματα προσομοίωσης της κίνησης του. Με την προσομοίωση ρευστών μπορεί να παραχθεί ρεαλιστική κίνηση ρευστών σωμάτων όπως το νερό, η φωτιά, το σύννεφο, ο καπνός και οι εκρήξεις. Πιο συγκεκριμένα, μπορούν να δημιουργηθούν θάλασσες, ρεαλιστικά ατμοσφαιρικά φαινόμενα, πυροτεχνήματα, παχύρευστα υγρά και πολλά ακόμα.



Εικ. 47: Dynamics - Fluid Simulation

Στις τεχνικές αυτές υπάρχουν πολλά διαφορετικά επίπεδα πολυπλοκότητας, που μπορεί να είναι αρκετά χρονοβόρα και να απαιτούν μεγάλη υπολογιστική ισχύ ώστε να παράγουν υψηλής ποιότητας αισθητικά αποτελέσματα. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται πολύ για τη δημιουργία οπτικών εφέ σε ταινίες, καθώς και σε παιχνίδια υπολογιστών.

2.6 Rendering / Απόδοση

Το rendering (απόδοση) είναι μια δημιουργική διαδικασία που είναι παρόμοια με τη φωτογραφία ή την κινηματογραφία, επειδή εφαρμόζεται φωτισμός, στήνονται οι σκηνές και παράγονται εικόνες. Σε αντίθεση από την κανονική φωτογραφία, οι σκηνές που φωτογραφίζονται στο rendering είναι φανταστικές και ό,τι απεικονίζεται πρέπει να δημιουργηθεί στον υπολογιστή πριν να καταστεί δυνατό το rendering. Παρά τη δυσκολία αυτής της διαδικασίας, ο σχεδιαστής έχει πλήρη έλεγχο στην άνευ όρων δημιουργικότητα που του προσφέρεται, τόσο σε αυτά που εμφανίζονται στη σκηνή, όσο και στον τρόπο που απεικονίζονται.

Τα τρισδιάστατα δεδομένα που απεικονίζονται θα μπορούσαν να είναι μια ολοκληρωμένη σκηνή που περιλαμβάνει γεωμετρικά μοντέλα διαφορετικών τρισδιάστατων αντικειμένων, όπως κτίρια, φυσικά τοπία και χαρακτήρες με κίνηση. Αφού ολοκληρωθούν τα στάδια του Modeling, του Texturing και του Animation σειρά έχει το rendering. Το rendering είναι η φωτορεαλιστική απόδοση όλων αυτών που έχουν δημιουργηθεί στην τρισδιάστατη σκηνή του λογισμικού, από συγκεκριμένη θέση και προοπτική, απεικονίζοντάς τα σε μία αλληλουχία δισδιάστατων εικόνων. Το rendering μπορεί να προσομοιώσει ρεαλιστικό φωτισμό, σκιές, να κάνει ορατά χρώματα, υφές και οπτικά εφέ, όπως διάθλαση του φωτός ή θόλωση στα μοντέλα όταν έχουν κίνηση.

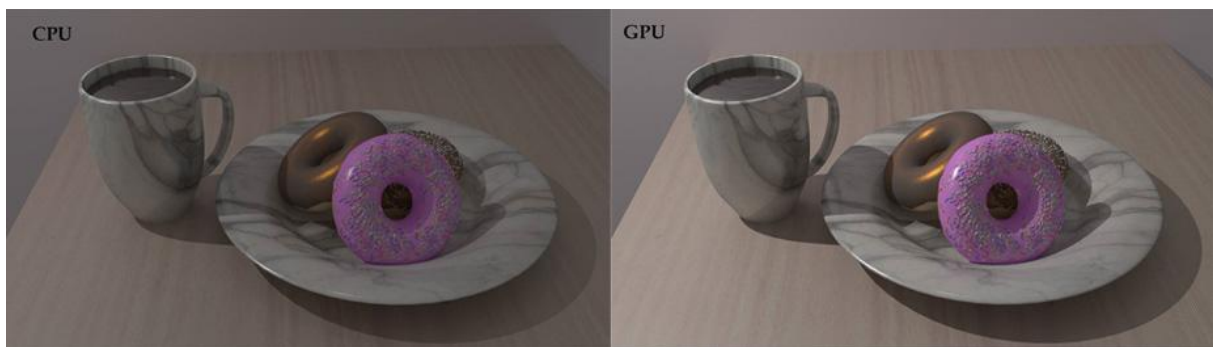


Εικ. 48: Rendering

Η διαδικασία του rendering είναι πολύ χρονοβόρα, ακόμα και σε πολύ γρήγορους υπολογιστές. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το λογισμικό ουσιαστικά υπολογίζει κάθε pixel της εικόνας. Το rendering του χρώματος μόνο ενός εικονοστοιχείου μπορεί να περιλαμβάνει πολλούς υπολογισμούς, όπως, για παράδειγμα, να εντοπίσει τις ακτίνες φωτός που αντανακλώνται από κάποια αντικείμενα στην τρισδιάστατη σκηνή. Ένα δευτερόλεπτο έχει συνήθως τουλάχιστον 24 frames, που αυτό σημαίνει ότι ένα λεπτό animation αποτελείται από 1440 καρέ. Το rendering ενός μόνο frame μιας ολοκληρωμένης σκηνής μπορεί να διαρκέσει

από μερικά λεπτά μέχρι ώρες. Για να γίνουν rendering όλα τα frames μιας ολόκληρης ταινίας κινουμένων σχεδίων μεγάλης παραγωγής, θα πρέπει να περιλαμβάνονται εκατοντάδες υπολογιστές που λειτουργούν συνεχώς για μήνες ή ακόμα και χρόνια.

Γενικά υπάρχουν δύο τύποι rendering: CPU rendering (που σημαίνει ότι το λογισμικό χρησιμοποιεί τον επεξεργαστή του υπολογιστή για τη φωτορεαλιστική απόδοση) και rendering GPU (όπου το λογισμικό χρησιμοποιεί την κάρτα γραφικών του υπολογιστή). Ο τύπος που χρησιμοποιεί επεξεργαστική ισχύ (CPU) είναι χρήσιμος και αποδοτικός στο να εκτελεί ταυτόχρονα πολλαπλές μικρότερες εργασίες, ενώ ο τύπος που χρησιμοποιεί την κάρτα γραφικών (GPU) λειτουργεί καλύτερα πιο περίπλοκους υπολογισμούς. Και οι δύο είναι πολύ σημαντικοί για τη γενική απόδοση ενός υπολογιστή, αλλά η χρησιμότητά τους διαφέρει στη διαδικασία rendering.



Εικ. 49: CPU vs GPU Rendering

Γενικά, η απόδοση με GPU είναι πολύ πιο γρήγορη από την απόδοση με CPU. Αυτό επιτρέπει στα σύγχρονα παιχνίδια να τρέχουν με περίπου 60 frames/δευτερόλεπτο. Η απόδοση με επεξεργαστική ισχύ είναι καλύτερη για την επίτευξη ακριβέστερων αποτελεσμάτων στον φωτισμό και στους σύνθετους αλγόριθμους υφής. Ωστόσο, οι οπτικές διαφορές μεταξύ αυτών των δύο μεθόδων στις σύγχρονες μηχανές απόδοσης είναι σχεδόν δυσέυρετες, εκτός από τις πιο περίπλοκες σκηνές.

2.6.1 CPU Rendering

Η τεχνική της απόδοσης με χρήση του επεξεργαστή χρησιμοποιείται κυρίως από τα κινηματογραφικά στούντιο και από τους σχεδιαστές που ασχολούνται με την αρχιτεκτονική απεικόνιση. Αυτό οφείλεται στην ακρίβειά του κατά την παραγωγή φωτορεαλιστικών εικόνων. Το πρόβλημα του χρόνου δεν είναι πρωτεύον κριτήριο για αυτές τις βιομηχανίες, παρόλο που η διάρκειά τους μπορεί να έχει μεγάλες διακυμάνσεις. Μια σκηνή με βασικό φωτισμό, υλικά και με απλά σχήματα μπορούν να κάνουν rendering ένα frame σε λίγα δευτερόλεπτα, αλλά μια σκηνή με περίπλοκο φωτισμό και μοντέλα μπορεί να πάρει ώρες. Ένα ακραίο παράδειγμα είναι η ταινία της Pixar του 2001 Monsters Inc. Ο βασικός χαρακτήρας είχε περίπου 5,4 εκατομμύρια τρίχες, πράγμα που σήμαινε ότι για να αποδοθούν οι σκηνές που ήταν εκείνος μέσα χρειάστηκαν έως και 13 ώρες για ένα μόνο frame. Για να καταπολεμηθούν αυτοί οι μεγάλοι χρόνοι απόδοσης, πλέον τα μεγάλα στούντιο παραγωγής χρησιμοποιούν ένα render farm. Το render farm αποτελείται από ένα μεγάλο αριθμό

υπολογιστών ή διακομιστών υψηλής ισχύος που επιτρέπουν την ταυτόχρονη απόδοση πολλαπλών καρτέ. Μερικές φορές υπάρχει η δυνατότητα μια εικόνα να χωρίζεται σε τμήματα τα οποία γίνονται rendering από κάθε τμήμα του farm.



Εικ. 50: Monsters Inc.

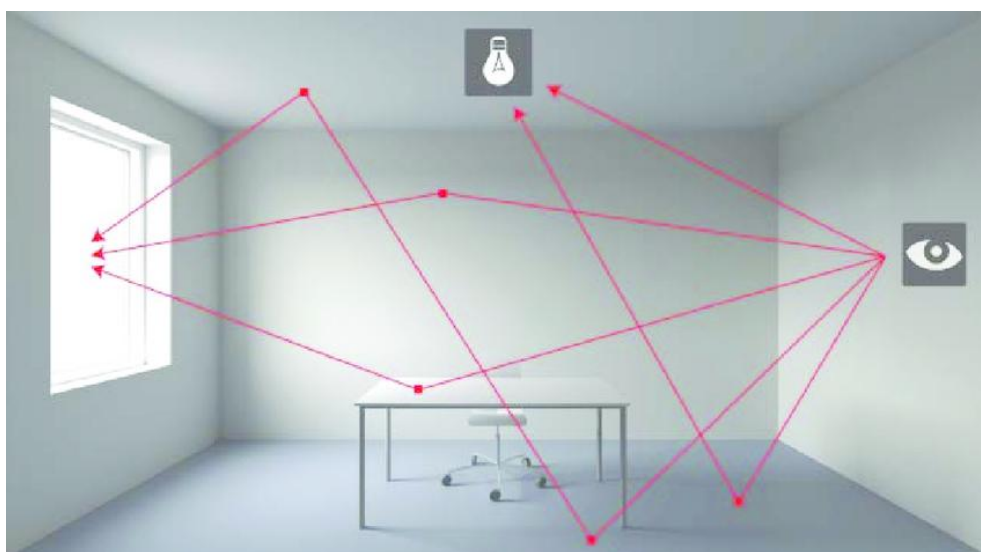


Εικ. 51: Render Farm

Για γίνει rendering σε πιο προηγμένα εφέ με τη χρήση του επεξεργαστή, χρησιμοποιούνται οι παρακάτω τεχνικές:

1. Ray Tracing / Ανίχνευση Ακτίνων

Το ray tracing είναι μια τεχνική απόδοσης που παράγει απίστευτα ρεαλιστικά εφέ φωτισμού. Ουσιαστικά, ένας αλγόριθμος μπορεί να εντοπίσει τη διαδρομή του φωτός και στη συνέχεια να προσομοιώσει τον τρόπο με τον οποίο το φως αλληλοεπιδρά με τα αντικείμενα που δημιουργήθηκαν στον υπολογιστή. Στην πραγματική ζωή, το φως έρχεται στα μάτια. Κύματα που απαρτίζονται από αμέτρητα μικρά φωτόνια εκτοξεύονται από μια πηγή φωτός, αναπηδούν από διάφορες επιφάνειες σε άλλες, και στη συνέχεια φτάνουν στα μάτια. Τότε το μυαλό ερμηνεύει όλες αυτές τις διαφορετικές ακτίνες φωτός ως μια ολοκληρωμένη εικόνα.



Εικ. 52: Ray Tracing

Το ray tracing λειτουργεί σχεδόν με τον ίδιο τρόπο, εκτός από το ότι όλα κινούνται προς την αντίθετη κατεύθυνση. Στο λογισμικό το φως, που ανιχνεύεται με ακτίνες, ξεκινά από τον θεατή (ουσιαστικά από τον φακό της κάμερας) και κινείται προς τα πίσω, σχεδιάζοντας ένα μονοπάτι που αναπηδά σε πολλαπλά αντικείμενα, μερικές φορές παίρνοντας ακόμη και το χρώμα και τις αντανάκλαστικές ιδιότητές τους, μέχρι να προσδιορίσει το λογισμικό την πηγή φωτός που θα επηρέαζε τη συγκεκριμένη ακτίνα. Αυτή η τεχνική προσομοίωσης της όρασης προς τα πίσω είναι πολύ πιο αποδοτική για να τη χειριστεί ένας υπολογιστής, από το να προσπαθήσει να ανιχνεύσει τις ακτίνες από την πηγή φωτός. Με αυτόν τον τρόπο τα μόνα μονοπάτια φωτός που πρέπει να παραχθούν είναι αυτά που χωράνε στο οπτικό πεδίο του χρήστη. Καταναλώνεται πολύ λιγότερη υπολογιστική ισχύ για να αποδοθούν οι ακτίνες που βρίσκονται στο πλάνο από το να υπολογιστούν οι ακτίνες που εκπέμπονται από όλες τις πηγές φωτός σε μια σκηνή.



Εικ. 53: Rendering με Ray Tracing

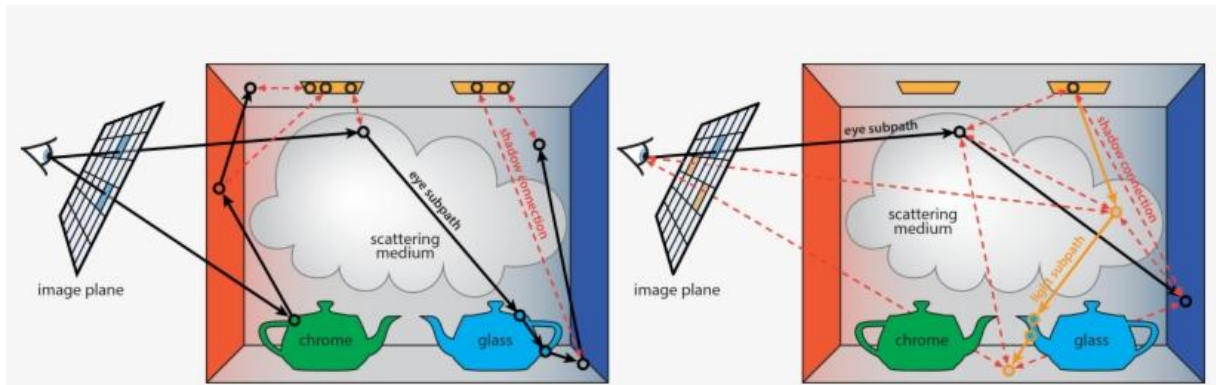
Το ray tracing παράγει πιο ρεαλιστικές σκιές και αντανάκλασεις και πολύ βελτιωμένη σαφήνεια και διάχυση φωτός. Ο αλγόριθμος λαμβάνει υπόψη το σημείο όπου πέφτει το φως και υπολογίζει τις αλληλεπιδράσεις, όπως το ανθρώπινο μάτι θα επεξεργαζόταν το πραγματικό φως, όπως για παράδειγμα τις σκιές και τις αντανάκλασεις. Επιπλέον, εάν το υλικό ενός αντικείμενου είναι διαφανές, όπως το γυαλί, το μονοπάτι του φωτός θα συνέχιζε, ενώ αν μία επιφάνεια είναι αντανάκλαστική, όπως το μέταλλο, οι ακτίνες του φωτός θα εκτοπίζονταν, κάνοντας μια γωνία, μακριά από το αντικείμενο. Ο τρόπος που το φως πέφτει πάνω στα πραγματικά αντικείμενα επηρεάζει επίσης τα χρώματα που βλέπουμε. Με αρκετή διαθέσιμη υπολογιστική ισχύ, είναι δυνατό να παράγονται απίστευτα ρεαλιστικές εικόνες CG που είναι σχεδόν πανομοιότυπες με την πραγματική ζωή.

Λόγω των πρόσφατων εξελίξεων στις κάρτες γραφικών της Nvidia, το ray tracing ξεκίνησε να εισάγεται στα παιχνίδια υπολογιστών ως μέθοδος απόδοσης και μέσω του τύπου GPU rendering.

2. Path Tracing / Ανίχνευση Μονοπατιού

Το path tracing είναι ένας αλγόριθμος απόδοσης, παρόμοιος με τον ray tracing, στον οποίο οι ακτίνες μεταδίδονται από μια εικονική κάμερα και εντοπίζονται μέσω μίας προσομοιωμένης σκηνής. Το path tracing χρησιμοποιεί τυχαία δειγματοληψία για να υπολογίσει σταδιακά μια τελική εικόνα. Η τυχαία διαδικασία δειγματοληψίας καθιστά δυνατό

το rendering κάποιων πολύπλοκων φαινομένων, τα οποία δεν αντιμετωπίζονται με τη διαδικασία ray tracing, αλλά γενικά χρειάζεται περισσότερος χρόνος για την παραγωγή μιας εικόνας υψηλής ποιότητας. Η τυχαία δειγματοληψία προκαλεί την εμφάνιση θορύβου στην απεικονιζόμενη εικόνα, ο οποίος, για να μπορέσει να εξαλειφθεί, θα πρέπει ο αλγόριθμος να δημιουργήσει περισσότερα δείγματα, δηλαδή τιμές χρώματος που προκύπτουν από μία μόνο ακτίνα.



Εικ. 54: Path Tracing

Στο path tracing οι ακτίνες φωτός κατανέμονται τυχαία μέσα σε κάθε εικονοστοιχείο (pixel) που βλέπει η κάμερα και σε κάθε επαφή με ένα αντικείμενο στη σκηνή παράγεται μια νέα ακτίνα αντανάκλασης που δείχνει σε τυχαία κατεύθυνση. Μετά από κάμποσες αναπήδησεις, στο τέλος κάθε ακτίνα εξέρχεται από τη σκηνή ή απορροφάται. Όταν μια ακτίνα έχει τελειώσει την αναπήδηση στη σκηνή, υπολογίζεται μια τιμή δείγματος βάσει των αντικειμένων που αναπήδησε η ακτίνα. Η τιμή δείγματος προστίθεται στον μέσο όρο για το εικονοστοιχείο (pixel) πηγής. Τα δείγματα σε μια εικόνα που έχει αποδοθεί με path tracing κατανέμονται ομοιόμορφα σε όλα τα εικονοστοιχεία. Το χρώμα κάθε pixel είναι ο μέσος όρος όλων των δειγματικών τιμών που υπολογίστηκαν για το εικονοστοιχείο. Τα τυχαία συστατικά στην ανίχνευση μονοπατιού προκαλούν θόρυβο στην απόδοση της εικόνας, ο οποίος μειώνεται, καθώς υπολογίζονται όλο και περισσότερα δείγματα.

Μικρές, αλλά φωτεινές πηγές φωτός, όπως οι φακοί, προσθέτουν πολύ θόρυβο σε μια σκηνή και χρειάζεται πολύς χρόνος για να γίνει σωστό rendering σε μια σκηνή φωτισμένη κυρίως από μερικούς φακούς. Πρόκειται για ένα δυσάρεστο και αναπόφευκτο μειονέκτημα αυτής της μεθόδου απόδοσης. Ο λόγος βασίζεται στη μικρή πιθανότητα να συμπεριληφθούν οι φακοί σε κάθε δειγματοληπτικό μονοπάτι φωτός. Το τελικό rendering αποδίδει τον μέσο όρο όλων των τιμών δειγματοληψίας, αλλά ο μέσος όρος μπορεί να είναι "πολύ υψηλός" για μεγάλο χρονικό διάστημα λόγω της υψηλής φωτεινότητας. Ο μέσος όρος θα μειωθεί με την πάροδο του χρόνου, αλλά μπορεί να υπάρχουν pixels που να έχουν φωτιστεί από μια συγκεκριμένη πηγή φωτός και να ξεχωρίζουν έντονα έναντι των άλλων που δεν έχουν ακόμη φωτιστεί από την ίδια πηγή, γι' αυτόν τον λόγο, σε χαμηλές μετρήσεις δείγματος, εμφανίζονται φωτεινές κουκίδες στην τελική εικόνα.



Εικ. 55: Path Tracing (Λίγα δείγματα/Pixel vs Πολλά δείγματα/Pixel)

Καθοριστικός παράγοντας για την απόδοση της ποιότητας είναι ο αριθμός των δειγμάτων ανά εικονοστοιχείο (SPP / Samples Per Pixel). Όσο περισσότερα είναι τα δείγματα ανά pixel που ρυθμίστηκαν στη μηχανή rendering, τόσο λιγότερο ορατός θα είναι ο θόρυβος. Αυτό βέβαια θα καταναλώνει μεγαλύτερη υπολογιστική ισχύ και θα διαρκεί περισσότερο. Ο γενικός κανόνας για τους χρόνους είναι ότι όσο περισσότερο διαρκεί το rendering μιας εικόνας, τόσο καλύτερο είναι το αποτέλεσμα. Ο χρόνος που απαιτείται για την απόδοση μιας ωραίας εικόνας εξαρτάται από το πόσο καλά φωτίζεται η σκηνή, από πόσα pixels αποτελείται η εικόνα και πόσα δείγματα ανά δευτερόλεπτο μπορεί να παράγει μία μηχανή rendering, το οποίο εξαρτάται από το πόσο γρήγορος είναι ο επεξεργαστής του χρήστη. Το μέγεθος της εικόνας έχει επίδραση στον χρόνο απόδοσης ανάλογα με τον αριθμό των εικονοστοιχείων. Μια εικόνα με 800x800 pixels θα χρειαστεί τέσσερις φορές περισσότερο χρόνο για να επιτύχει την ίδια ποιότητα με μια εικόνα των 400x400 pixels, αφού ο συνολικός αριθμός των εικονοστοιχείων έχει τετραπλασιαστεί.

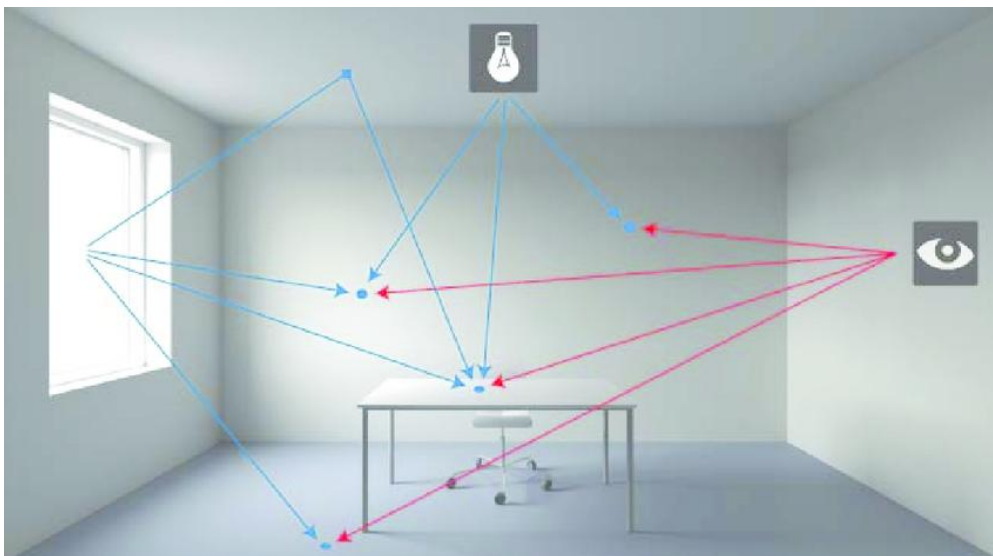
3. Photon Mapping / Χαρτογράφηση Φωτονίων

Στα γραφικά υπολογιστών, το photon mapping είναι ένας αλγόριθμος φωτισμού βασισμένος στο ray tracing, που χρησιμοποιείται για την ρεαλιστική προσομοίωση της αλληλεπίδρασης του φωτός με διαφορετικά αντικείμενα. Συγκεκριμένα, είναι σε θέση να προσομοιώνει τη διάθλαση φωτός μέσω ενός διάφανου υλικού, όπως είναι το γυαλί ή το νερό, να διαχέει φως, που έχει προέλθει από αντανάκλαση σε αντικείμενο και όχι από πηγή, μεταξύ των φωτισμένων αντικειμένων. Το αποτέλεσμα της διάθλασης του φωτός μέσω ενός διαφανούς μέσου ονομάζεται caustic. Το caustic είναι ένα σχέδιο φωτός όπου μετά το αρχικό μονοπάτι του φωτός, οι ακτίνες κάμπτονται από μια ενδιάμεση επιφάνεια και στο τέλος καταλήγουν σε μια άλλη επιφάνεια. Ένα παράδειγμα είναι ένα ποτήρι κρασί πάνω σε ένα τραπέζι. Καθώς οι ακτίνες φωτός περνούν μέσα από το γυαλί και το υγρό, διαθλώνται και στο τέλος συγκεντρώνονται πάνω στο τραπέζι. Επιπλέον, το κρασί στο ποτήρι αλλάζει τη διάταξη και το χρώμα του φωτός.



Εικ. 56: Παράδειγμα Photon Mapping

Με το photon mapping, τα φωτόνια αποστέλλονται στη σκηνή από την πηγή του φωτός. Κάθε φορά που ένα φωτόνιο τέμνει με μια επιφάνεια, το σημείο τομής, η κατεύθυνση και η ενέργεια του φωτονίου αποθηκεύονται σε μια μνήμη που ονομάζεται χάρτης φωτονίων (photon map). Καθώς κάθε φωτόνιο αναπηδά ή διαθλάται στις επιφάνειες που παρεμβάλλονται, η ενέργεια απορροφάται μέχρι να μην έχει απομείνει άλλη. Μπορούμε λοιπόν τότε να σταματήσουμε τον εντοπισμό του μονοπατιού που διέσχισε το φωτόνιο. Συχνά ο εντοπισμός σταματάει μετά από έναν προκαθορισμένο αριθμό αναπηδήσεων για να εξοικονομήσουμε χρόνο.



Εικ. 57: Photon Mapping

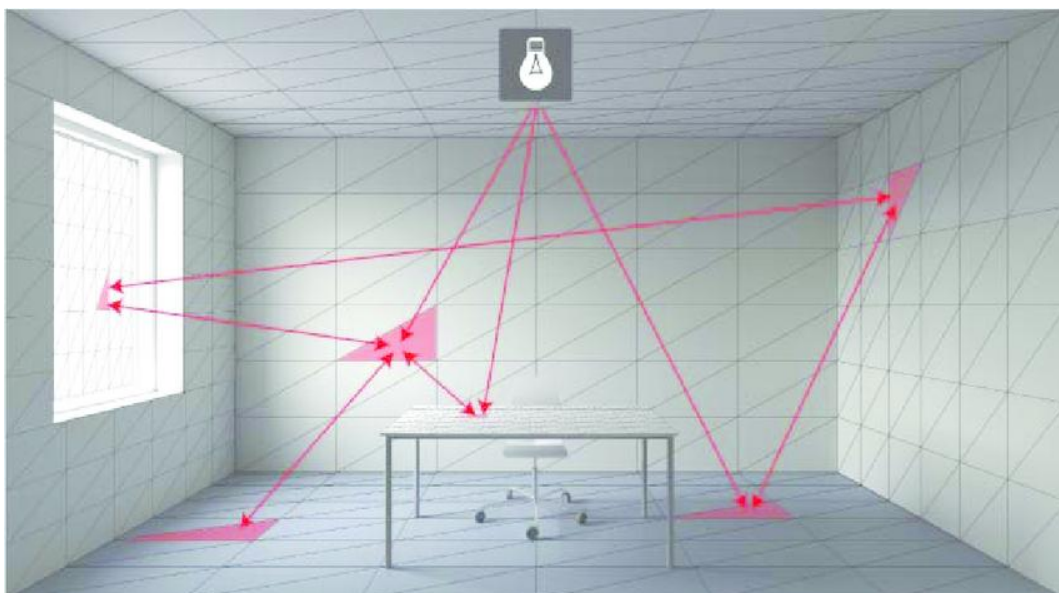
Μια άλλη τεχνική είναι να σταλούν ομάδες φωτονίων αντί για μεμονωμένα φωτόνια. Σε αυτή την περίπτωση, κάθε ομάδα φωτονίων έχει πάντα την ίδια ενέργεια, οπότε ο χάρτης φωτονίων δεν χρειάζεται να αποθηκεύει ενέργεια. Όταν μια ομάδα διασταυρώνεται με μια επιφάνεια, είτε μεταδίδεται πλήρως είτε απορροφάται πλήρως. Αυτή είναι μια μέθοδος Monte Carlo που ονομάζεται ρωσική ρουλέτα. Για να αποφευχθεί η εκπομπή μη απαραίτητων φωτονίων, η κατεύθυνση των εξερχόμενων ακτίνων είναι συχνά βεβαιασμένη. Αντί να σταλούν φωτόνια σε τυχαίες κατευθύνσεις, στέλνονται προς την κατεύθυνση ενός γνωστού αντικειμένου, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί ως χειριστής φωτονίων, για να πραγματοποιηθεί

εστίαση ή να διάχυση του φωτός. Υπάρχουν πολλές άλλες βελτιώσεις που μπορούν να γίνουν σε αυτόν τον αλγόριθμο, όπως το να καθορίζει εξ' αρχής πόσα φωτόνια να σταλούν, τον προορισμό, καθώς και τον τρόπο αποστολής.

4. Radiosity / Ραδιοσυχνότητα

Η ραδιοσυχνότητα είναι παρόμοια με το path tracing, με τη διαφορά ότι προσομοιώνει μονοπάτια φωτισμού που αντανακλώνται από μια επιφάνεια στην κάμερα. Είναι μια τεχνική φωτισμού, που προσομοιώνει τη διανομή του έμμεσου φωτός σε ένα περιβάλλον, χρησιμοποιώντας ένα φυσικά ακριβές μοντέλο φωτισμού. Υπολογίζει την κατανομή του φωτός που ανακλάται από μία ή περισσότερες διάχυτες επιφάνειες σε μια σκηνή. Η μέθοδος ραδιοσυχνότητας διαιρεί τη σκηνή σε μέρη και υπολογίζει πώς το φως αναπηδά από το ένα μέρος της σκηνής στα υπόλοιπα. Η φυσική ακρίβεια των υπολογισμών ραδιοσυχνότητας έχει ως αποτέλεσμα εικόνες που είναι δυνητικά πιο ρεαλιστικές. Εάν τα δεδομένα εισόδου είναι σωστά με βάση τη φυσική, τότε οι τελικές εικόνες είναι πιστές αναπαραστάσεις του πραγματικού κόσμου.

Η ραδιοσυχνότητα είναι ένα σύστημα μέτρησης της ακτινοβολούμενης ενέργειας και η αρχή που διέπει αυτήν την τεχνική είναι να διαιρέσει όλες τις επιφάνειες του μοντέλου σε μικρά τμήματα και να υπολογίσει μια τιμή ακτινοβολίας για κάθε τμήμα. Αυτά τα δεδομένα στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για την παραγωγή μιας εικόνας, που αποτελείται από όλα τα τμήματα που είναι ορατά, από μια επιλεγμένη οπτική γωνία. Τα τμήματα με υψηλές τιμές ραδιοσυχνότητας εξάγουν ένα πιο φωτεινό αποτέλεσμα κατά τη διαδικασία του rendering, ενώ τα τμήματα με χαμηλές τιμές ραδιοσυχνότητας εξάγουν ένα σκοτεινό αποτέλεσμα.

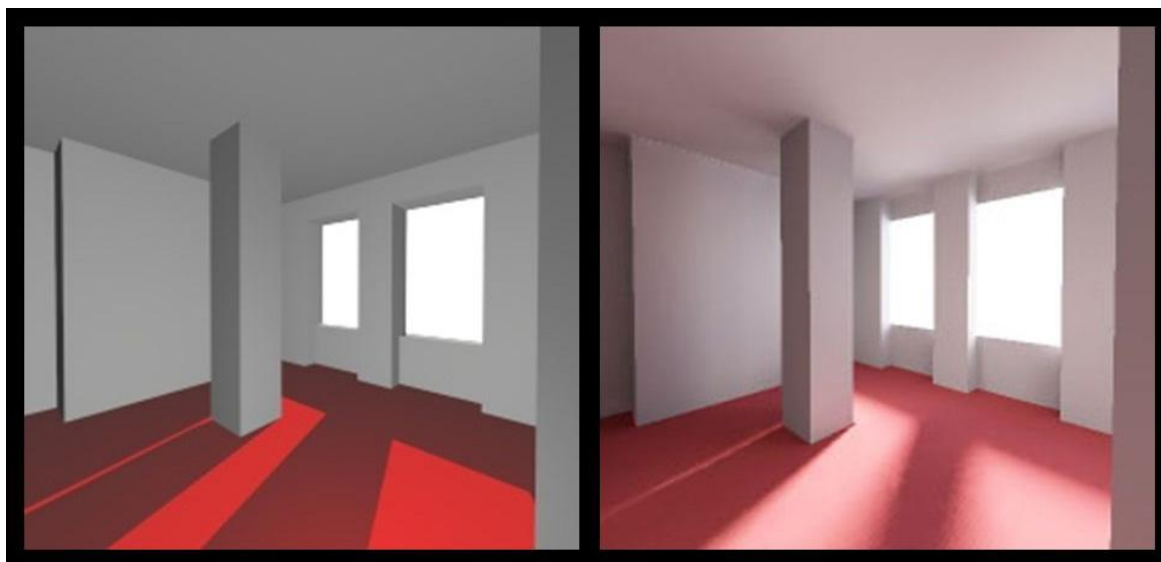


Εικ. 58: Radiosity

Με τη χρήση αυτής της μεθόδου μπορούν να προσομοιωθούν ορισμένες σημαντικές επιδράσεις, όπως ο έμμεσος φωτισμός τμημάτων ενός περιβάλλοντος, που δεν φωτίζονται άμεσα από μια κύρια πηγή φωτός. Αυτή η διαδικασία είναι πολύ σημαντική επειδή πολλές επιφάνειες, σε ένα εσωτερικό περιβάλλον, δεν φωτίζονται καθόλου από τον άμεσο φωτισμό

και είναι ορατές μόνο από το φως που αντανακλάται από άλλες επιφάνειες. Η ραδιοσυχνότητα μπορεί επίσης να συνυπολογίζει τις πηγές φωτισμού της περιοχής, με αποτέλεσμα την ακριβέστερη και πιο απαλή σκίαση, καθώς και τον χρωματισμό μιας επιφάνειας αφού έχει έρθει σε επαφή με έμμεσο φως, το οποίο βρισκόταν πριν σε άλλο αντικείμενο και μετέφερε το χαρακτηριστικό του χρώματός του.

Το κύριο πλεονέκτημα της χρήσης της τεχνικής είναι ότι μελετά με ακρίβεια το είδος των χώρων όπου υπάρχουν ματ επιφάνειες, οι οποίες αντανακλούν το φως σε όλες τις κατευθύνσεις και σε άλλες ματ επιφάνειες. Το εσωτερικό ενός κτιρίου είναι ένα πολύ κοινό παράδειγμα ενός τέτοιου χώρου και η ραδιοσυχνότητα είναι επομένως μια σημαντική τεχνική για αρχιτέκτονες, οικοδόμους, ηλεκτρολόγους και σχεδιαστές γραφικών υπολογιστών που μοντελοποιούν εσωτερικούς χώρους. Παρόλο που αυτή η τεχνική είναι χρονοβόρα, είναι και η μόνη που μπορεί να αναπαράγει φυσικά ακριβείς συνθήκες φωτισμού.



Εικ. 59: Παράδειγμα Radiosity

Η ραδιοσυχνότητα είναι μια τεχνική επεξεργασίας που εφαρμόζεται μετά την απόδοση μιας εικόνας. Παίρνει ως είσοδο τη γεωμετρία που σχεδιάστηκε και παράγει πάλι σαν αποτέλεσμα γεωμετρία. Τα αποτελέσματα είναι μια εναλλακτική αναπαράσταση της γεωμετρίας που παρέχεται ως είσοδος, αλλά υποδιαιρείται σε μικρά στοιχεία και τοποθετούνται τιμές ραδιοσυχνότητας σε κάθε κορυφή (vertex). Αυτή η γεωμετρία μπορεί να γίνει rendering, χρησιμοποιώντας οποιαδήποτε από τις τυπικές μεθόδους απόδοσης.

Η τεχνική της ραδιοσυχνότητας υποδεικνύει διάχυτες αντανακλάσεις μεταξύ διαφορετικών επιφανειών σε μια σκηνή, γι' αυτόν τον λόγο πρέπει να καθοριστεί το μέρος του φωτός που κάθε επιφάνεια αντανακλά. Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή υλικών (shaders) έτσι ώστε οι επιφάνειες να είναι πλήρως βελτιστοποιημένες τόσο για την προσομοίωση ραδιοσυχνότητας όσο και για τη μεταγενέστερη απόδοση, χωρίς την ανάγκη κάποιας αλλαγής. Για τη προσομοίωση της ραδιοσυχνότητας χρησιμοποιούνται μόνο δύο κατηγορίες υλικών: χρώμα και ανάκλαση. Μπορούν να εφαρμοστούν και άλλα υλικά και υφές, τα οποία θα αγνοηθούν από τον υπολογισμό της ραδιοσυχνότητας, αλλά θα

χρησιμοποιηθούν από τις υπόλοιπες μεθόδους απόδοσης, μετά την ολοκλήρωσή της. Χρησιμοποιώντας μια φωτορεαλιστική μέθοδο για την διαδικασία της απόδοσης, θα επιτρέψει το αποτέλεσμα της ραδιοσυχνότητας στην τελική εικόνα, το οποίο θα συμβάλλει στη δημιουργία μιας εικόνας που μοιάζει πραγματική και όχι τεχνητή.

2.6.2 GPU Rendering

Η απόδοση της GPU (χρησιμοποιείται για απόδοση σε πραγματικό χρόνο) είναι όταν ο υπολογιστής χρησιμοποιεί μια κάρτα γραφικών (GPU) ως κύρια πηγή για τους υπολογισμούς. Αυτός ο τύπος απόδοσης χρησιμοποιείται συνήθως σε βιντεοπαιχνίδια και άλλες διαδραστικές εφαρμογές, όπου πρέπει να γίνει rendering από 30 έως 120 καρέ το δευτερόλεπτο για να υπάρχει μια ομαλή ροή. Για να επιτευχθεί αυτό το αποτέλεσμα, η απόδοση σε πραγματικό χρόνο δεν μπορεί να χρησιμοποιήσει μερικές από τις προηγμένες υπολογιστικές επιλογές που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Έτσι, πολλές από αυτές προστίθενται στην μετέπειτα επεξεργασία κατά προσέγγιση. Για την επίτευξη καλύτερου αποτελέσματος χρησιμοποιούνται διάφορα εφέ για να ξεγελάσουν τα μάτια όπως, για παράδειγμα, θαμπάδα κατά την κίνηση (motion blur).

Λόγω της ταχείας εξέλιξης της τεχνολογίας και των προγραμματιστών που δημιουργούν φθηνότερες υπολογιστικές μεθόδους για εξαιρετικά αποτελέσματα, οι περιορισμοί του GPU rendering γίνονται γρήγορα παρελθόν. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο τα παιχνίδια και παρόμοια μέσα βελτιώνονται με κάθε νέα γενιά κονσόλας. Καθώς τα chipsets και οι γνώσεις προγραμματιστών βελτιώνονται, το ίδιο συμβαίνει και με τα γραφικά αποτελέσματα. Η απόδοση της GPU δεν χρειάζεται πάντα να χρησιμοποιείται σε πραγματικό χρόνο, καθώς μπορεί να πραγματοποιήσει και rendering μεγαλύτερης διάρκειας. Είναι πολύ χρήσιμο να είναι ορατό ένα αποτέλεσμα απόδοσης χωρίς να υπάρχει αναμονή ωρών για να φανεί η τελική σκηνή. Αυτό καθιστά τη μέθοδο GPU rendering ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο διότι υπάρχει η δυνατότητα να εργάζεται ο σχεδιαστής στο 3d λογισμικό και να κάνει παράλληλα ρυθμίσεις στον φωτισμό και τις υφές και να βλέπει τα αποτελέσματα σε πραγματικό χρόνο.

3 Τεχνολογική Υποδομή

Για τη δημιουργία animation και την εκτέλεση όλων των θεωρητικών μεθόδων, που αναλύθηκαν παραπάνω, ο σχεδιαστής θα πρέπει να κατέχει τον απαραίτητο εξοπλισμό και τα κατάλληλα μέσα για να τα φέρει σε εφαρμογή. Το ποια λογισμικά θα επιλέξει για την κάθε διαδικασία, μπορεί να εξαρτηθεί από διάφορους παράγοντες:

1. Προσωπική προτίμηση

Πολύ απλά, ο σχεδιαστής μπορεί να έχει εξοικειωθεί και να έχει συνηθίσει τους τρόπους λειτουργίας ενός προγράμματος, καθώς και να τον καλύπτουν οι δυνατότητες που του παρέχει για την εργασία του.

2. Συμβατότητα

Τα αρχεία που εξάγονται από ένα λογισμικό, είναι πιθανό να μην αναγνωρίζονται από κάποιο άλλο λογισμικό. Αν, για παράδειγμα, ένας σχεδιαστής δημιουργήσει ένα μοντέλο σε ένα λογισμικό Modeling και θέλει να το εισάγει σε ένα άλλο, που διαθέτει Sculpting για να του προσθέσει λεπτομέρειες, θα πρέπει το format του αρχείου να διαβάζεται από το ένα πρόγραμμα στο άλλο. Γι' αυτό επιλέγονται λογισμικά που υπάρχει συμβατότητα μεταξύ των αρχείων τους.

3. Οικονομικοί λόγοι

Κάποια λογισμικά μπορεί να είναι πολύ ακριβά για κάποιον σχεδιαστή και να προτιμήσει μια οικονομική λύση. Υπάρχουν προγράμματα που είναι δωρεάν, άλλα που η πληρωμή τους γίνεται με μηνιαία ή με ετήσια συνδρομή και άλλα που εξοφλούνται σε μία πληρωμή.

4. Ευκολία χρήσης

Κάποια προγράμματα μπορεί να είναι πιο φιλικά προς τον χρήστη σε σύγκριση με κάποια άλλα. Ειδικά στην περίπτωση που ο σχεδιαστής είναι καινούριος στο επάγγελμα, μπορεί να αποθαρρυνθεί με τον βαθμό δυσκολίας κάποιων λογισμικών.

5. Λειτουργικό σύστημα

Κάποια προγράμματα δεν έχουν κατασκευαστεί για όλα τα λειτουργικά συστήματα και είναι πολύ πιθανό ο σχεδιαστής να επιλέξει κάποιο που είναι συμβατό με το λειτουργικό σύστημα που έχει στον υπολογιστή του.

Παρακάτω θα περιγραφούν τα πιο δημοφιλή λογισμικά που χρησιμοποιούνται από freelancers μέχρι και μεγάλες εταιρείες παραγωγής animation και παιχνιδιών υπολογιστή σε όλον τον κόσμο. Θα αναλυθούν και θα συγκριθούν ανάλογα με την κατηγορία που ανήκουν, δηλαδή λογισμικά για Modeling, Animation, Rendering και Video Editing.

3.1 Λογισμικά για Modeling

1. Maya

Οι περισσότεροι επαγγελματίες σχεδιαστές animation θα επιλέξουν το λογισμικό Maya της εταιρείας Autodesk. Το Maya θεωρείται ως το βιομηχανικό πρότυπο για τα γραφικά υπολογιστών και διαθέτει μια απaráμιλλη γκάμα εργαλείων και χαρακτηριστικών. Αυτή η εξαιρετικά επεκτάσιμη εφαρμογή διαθέτει ένα σύνολο πολύπλοκων εργαλείων που η εκμάθησή του χρειάζεται χρόνο. Το λογισμικό Maya το χρησιμοποιούνε στις βιομηχανίες animation και visual effects οι εταιρείες ILM, Pixar, DNEG και Framestore. Το Maya είναι ιδανικό για τη μοντελοποίηση, τη δημιουργία υφών, τον φωτισμό και το rendering. Το τεράστιο πλήθος χαρακτηριστικών της περιλαμβάνει σωματίδια (particles), τρίχωμα (nHair), φυσική του σώματος, υφάσματα (cloth), προσομοιώσεις υγρών και animation χαρακτήρων. Λόγω των πολλαπλών λειτουργιών που διαθέτει το πρόγραμμα, ίσως να μην είναι κατάλληλο για αρχάριους, διότι μπορεί να μη χρειαστεί να χρησιμοποιήσει τις περισσότερες λειτουργίες.



Εικ. 60: Maya

Αυτό το επίπεδο παροχών, όμως, στοιχίζει αρκετά. Μια συνδρομή στο Maya στοιχίζει 2.033€ το χρόνο, αλλά για εκείνους που έχουν το χρόνο, την ικανότητα και την υπομονή να μάθουν το πρόγραμμα, είναι μία καλή επένδυση, διότι το Maya έχει να προσφέρει μερικά από τα καλύτερα 3D εργαλεία. Αξίζει να σημειωθεί ότι για ακαδημαϊκούς λόγους και για προσωπική χρήση, διατίθεται το Maya Student Version δωρεάν με τα ίδια ακριβώς χαρακτηριστικά.

2. Houdini

Το Houdini της εταιρείας SideFX χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία οπτικών εφέ για τη δημιουργία μιας σειράς εκπληκτικών τρισδιάστατων εικόνων. Η διαδικαστική προσέγγιση του Houdini που βασίζεται σε κόμβους, παρέχει στους ψηφιακούς καλλιτέχνες ένα άνευ προηγουμένου επίπεδο ισχύος, ευελιξίας και ελέγχου. Αυτός ο τρόπος δεν είναι φιλικός προς όλους τους χρήστες, αλλά το Houdini διαθέτει και πιο συνηθισμένα εργαλεία για την άμεση αλληλεπίδραση με πολύγωνα στην οθόνη.

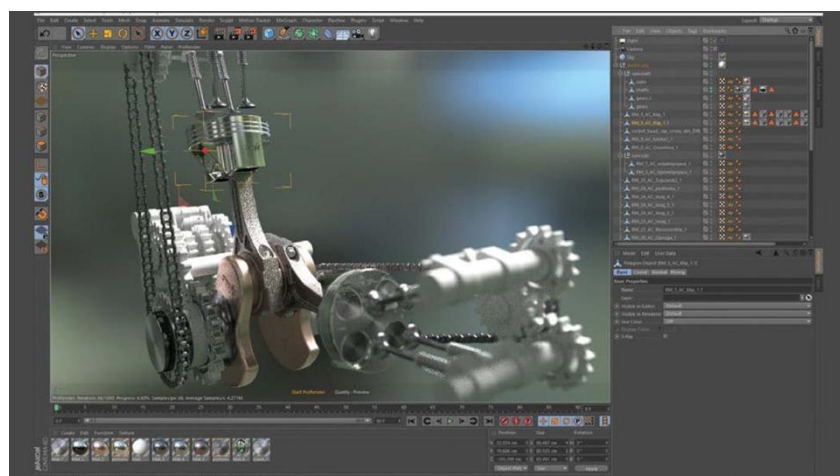


Εικ. 61: Houdini

Όπως και με το Maya, αυτό το επίπεδο ελέγχου και η μη τυποποιημένη ροή εργασίας, κάνει το πρόγραμμα δύσκολο να μαθευτεί. Παρά την υψηλή του χρηματική αξία, 4,052€ το χρόνο, η εταιρεία SideFX προσφέρει το Houdini Apprentice, μια δωρεάν έκδοση του Houdini FX, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί από φοιτητές και σχεδιαστές για προσωπικά και μη εμπορικά projects. Η δωρεάν έκδοση δίνει πρόσβαση σε όλα τα χαρακτηριστικά του βραβευμένου προγράμματος κι έτσι δίνεται η δυνατότητα σε όλους να αναπτύξουν τις ικανότητές τους και να εργαστούν σε προσωπικά έργα. Το πλήρως εξοπλισμένο Houdini Indie προσφέρει επίσης μια προσιτή εμπορική τιμή για τα μικρά στούντιο στα 243€ το χρόνο.

3. Cinema 4D

Το Cinema 4D της εταιρείας Maxon έχει κυκλοφορήσει εδώ και πολλά χρόνια και θεωρείται ιδιαίτερα γνωστό στον κόσμο των γραφικών και της απεικόνισης. Πρόκειται για ένα επαγγελματικό και πολύπλοκο λογισμικό, γνωστό για τη συνολική του σταθερότητα και ως την εφαρμογή γραφικών υπολογιστών με την ευκολότερη χρήση. Επιπλέον, το Cinema 4D διαθέτει μία τεράστια διαδικτυακή βιβλιοθήκη οδηγιών και συμβουλών.

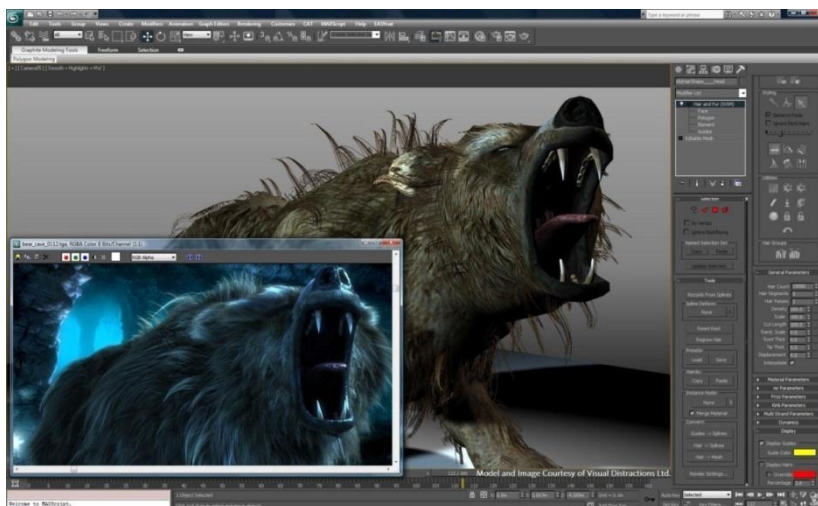


Εικ. 62: Cinema 4D

Τα εργαλεία παραμετρικής μοντελοποίησης C4D είναι γενικά πολύ άρτια και ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να προσθέσει ακόμα περισσότερες επιλογές λειτουργικότητας με μια σειρά από οικονομικά plug-in. Παρέχει επίσης ογκομετρική μοντελοποίηση, η οποία είναι κατάλληλη για τη δημιουργία στερεών μοντέλων όταν υπάρχει έλλειψη χρόνου ή εμπειρίας. Το C4D είναι και αυτό ένα ακριβό λογισμικό, αλλά ο σχεδιαστής μπορεί να ξεκινήσει με τη φθηνότερη έκδοση Prime, η οποία όμως δεν παρέχει όλα τα εργαλεία της Studio έκδοσης και να το αναβαθμίσει με την πάροδο του χρόνου. Μπορεί να αγοραστεί μία έκδοση, χωρίς τη δυνατότητα αναβάθμισης σε επόμενες εκδόσεις, στα 3567€ ή να γίνει συνδρομή με 1548€ το χρόνο. Η εταιρεία Maxon προσφέρει επίσης μικρής διάρκειας και φοιτητικές άδειες με μειωμένο κόστος.

4. 3ds Max

Το 3ds Max είναι ένα πρόγραμμα γραφικών υπολογιστή της Autodesk που χρησιμοποιείται στην παραγωγή τηλεοπτικών ταινιών, βιντεοπαιχνιδιών, στην αρχιτεκτονική και για την οπτικοποίηση προϊόντων για διαφημίσεις. Παρόλο που είναι ευκολότερο στην εκμάθηση από το λογισμικό Maya, διαθέτει και αυτό πολύ ισχυρά εργαλεία για τρισδιάστατη μοντελοποίηση, για τις προσομοιώσεις υγρού, για τα μαλλιά και τη γούνα, καθώς και για τη διαδικασία του rigging και του animation.



Εικ. 63: 3ds Max

Χρησιμοποιεί τεχνικές άμεσου χειρισμού και διαδικαστικής μοντελοποίησης και παρέχει μια τεράστια βιβλιοθήκη με διαφορετικούς τροποποιητές (modifiers), η οποία καθιστά τη διαδικασία μοντελοποίησης ευκολότερη για αρχάριους και έμπειρους σχεδιαστές 3D. Το μεγαλύτερο μειονέκτημά του είναι ότι είναι συμβατό μόνο με το λειτουργικό σύστημα των Windows.

Το 3ds Max προσφέρει ένα επαγγελματικό σύνολο εργαλείων και γι' αυτό στοιχίζει 1,545€ το χρόνο. Ωστόσο, η ακαδημαϊκή κοινότητα μπορεί να λάβει το λογισμικό δωρεάν και υπάρχει επίσης μια δοκιμαστική έκδοση με ισχύ 30 ημερών.

5. Modo

Με την εξέλιξη της ομάδας προγραμματιστών της εταιρείας Foundry, το Modo αναπτύχθηκε από ένα πολύ βασικό πρόγραμμα μοντελοποίησης επιφανειών με τη μέθοδο της

υποδιαίρεσης, στην πλήρως εξοπλισμένη εφαρμογή δημιουργίας ψηφιακού περιεχομένου που γνωρίζουμε σήμερα. Τα εργαλεία του έχουν μελετηθεί διεξοδικά και υλοποιήθηκαν με τρόπο, που το καθιστούν φιλικό προς το χρήστη. Με τη χρήση μιας καλής μηχανής απόδοσης μπορούν να φανούν οι πραγματικές δυνατότητες του προγράμματος.



Εικ. 64: Modo

Με κύριο χαρακτηριστικό του το Modeling, το Modo είναι μία από τις καλύτερες εφαρμογές για τη δημιουργία πολυγωνικών μορφών, χρησιμοποιώντας άμεσα εργαλεία και διαδικαστικές τεχνικές. Με την προσθήκη του συστήματος Boolean MeshFusion το λογισμικό μπορεί να επεκτείνει το ρεπερτόριο μοντελοποίησης. Το Modo μπορεί να μην διαθέτει τα εργαλεία δυναμικής ενέργειας και προσομοίωσης υψηλού επιπέδου που μπορεί να υπάρχουν σε άλλα προγράμματα, αλλά μπορεί να παράγει φανταστικά έργα τέχνης όπως κάθε άλλο διαθέσιμο πακέτο. Για να αγοράσει κάποιος σχεδιαστής μία έκδοση στοιχίζει 1619€ και η ετήσια συνδρομή με δυνατότητα αναβάθμισης κοστίζει 359€.

6. Blender

Για σχεδιαστές γραφικών υπολογιστών που δεν έχουν τη δυνατότητα να αγοράσουν ή να γίνουν συνδρομητές σε κάποιο πρόγραμμα, συνίσταται η καλύτερη δωρεάν εφαρμογή μοντελοποίησης, υφών, animation και rendering, το Blender. Το Blender παρέχει μια σύγχρονη, πιο σταθερό περιβάλλον, σε σχέση με παλιότερες εκδόσεις, καθώς και υψηλής ποιότητας viewport, διαδραστική απόδοση σε πραγματικό χρόνο, πολλές διορθώσεις και πλήθος χαρακτηριστικών. Το πρόγραμμα ανοιχτού κώδικα κυκλοφορεί εδώ και πολλά χρόνια, με αποτέλεσμα να συμβάλλουν στην συνεχή εξέλιξή του σχεδιαστές και δάσκαλοι. Διαθέτει εξαιρετικά εντυπωσιακά εργαλεία τρισδιάστατης μοντελοποίησης και γλυπτικής και θεωρείται μια πλήρως βιώσιμη εναλλακτική λύση στα ακριβά προγράμματα μοντελοποίησης.

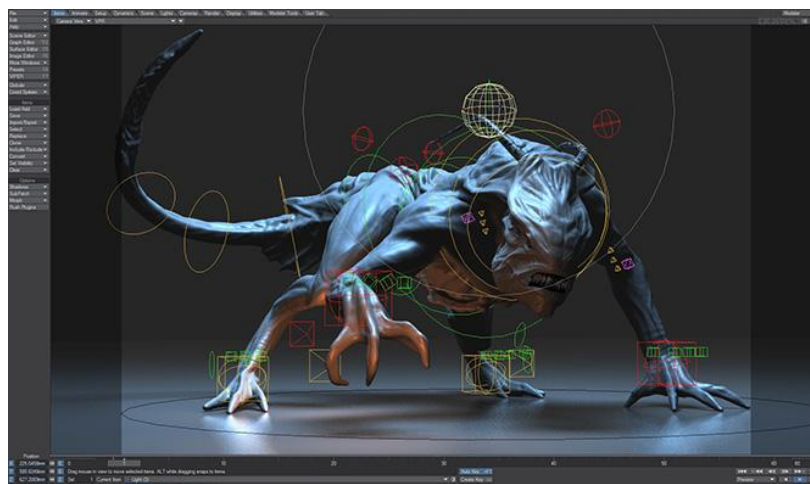


Εικ. 65: Blender

Το Blender ήταν γνωστό για τον μη τυποποιημένο τρόπο εργασίας του, αλλά οι τελευταίες εκδόσεις λύνουν πολλά από αυτά τα θέματα. Με τις νέες αλλαγές ένας σχεδιαστής θα νιώθει πλέον πιο οικεία να αλλάξει λογισμικό και να δουλέψει στο Blender. Επιπλέον, το Blender είναι κατάλληλο για να ξεκινήσει να μαθαίνει κάποιος αρχάριος για το 3D Modeling. Παρά το γεγονός ότι διατίθεται δωρεάν είναι σε θέση να παράγει εικόνες και animation που να ανταγωνίζονται σχεδόν οποιοδήποτε άλλο λογισμικό του είδους του στην αγορά.

7. LightWave 3D

Το LightWave 3D ήταν κάποτε η εφαρμογή που χρησιμοποιούσαν στις τηλεοπτικές σειρές επιστημονικής φαντασίας, αλλά μετά από μια αποτυχημένη προσπάθεια παραγωγής μιας εκσυγχρονισμένης έκδοσης, η εφαρμογή της εταιρείας NewTek έμεινε ακρησιμοποιήτη για αρκετά χρόνια. Ωστόσο, πρόσφατα άρχισε να έρχεται και πάλι στο προσκήνιο και στις αρχές του 2019 βγήκε μια ενημερωμένη έκδοση. Το Lightwave λειτουργεί ως δύο εφαρμογές, το Modeler, για τη δημιουργία αντικειμένων και το Layout για την υφή, τον φωτισμό, το animation και την απόδοση.

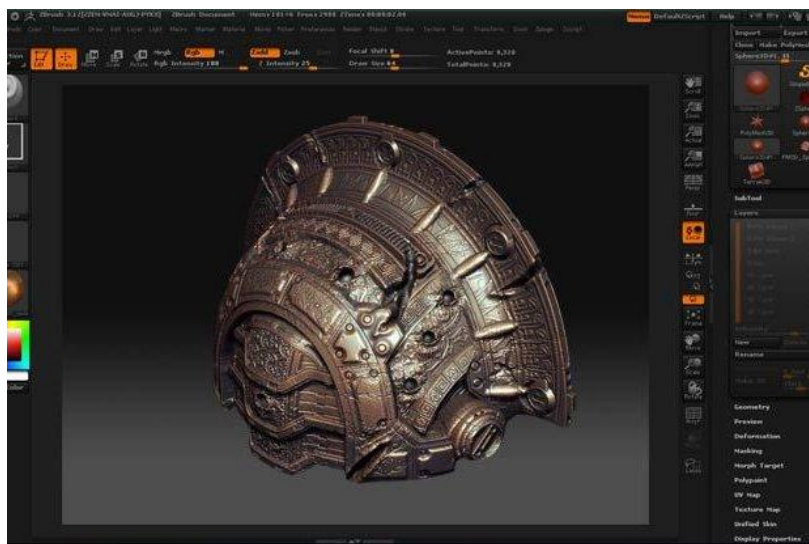


Εικ. 66: Lightwave 3D

Πολλά από τα εργαλεία είναι αρκετά παλιά (αν και υπάρχουν πολλά νέα χαρακτηριστικά που προστέθηκαν τα τελευταία χρόνια), αλλά αυτό δεν το εμποδίζει να είναι ένα λογισμικό δημιουργίας ψηφιακού περιεχομένου με πολλά χαρακτηριστικά και ένα γρήγορο διαδραστικό renderer. Έτσι, παρά την παλιά φήμη του LightWave, είναι μια πολύ καλή εφαρμογή 3D μοντελοποίησης για την εκμάθηση των βασικών στοιχείων. Παρέχει δωρεάν δοκιμή 30 ημερών, οι φοιτητές μπορούν να πάρουν ένα αντίγραφο με 176€, ενώ η πλήρης έκδοση στοιχίζει 897€.

8. ZBrush

Το Zbrush, της εταιρείας Pixologic, είναι μια αυτόνομη εφαρμογή γλυπτικής (Sculpting) και μοντελοποίησης που ταιριάζει καλύτερα στη δημιουργία οργανικών μορφών - αν και οι πρόσφατες ενημερώσεις βελτίωσαν σταδιακά τις ικανότητές του σε σκληρές επιφάνειες. Λειτουργεί με μη τυποποιημένο τρόπο και διαθέτει ένα περιβάλλον εργασίας που αρχικά είναι πολύ δύσκολο να μάθει ο χρήστης, γι' αυτό χρειάζεται απασχολείται καθημερινά για πολλές ώρες μέχρις ότου να εξοικειωθεί.



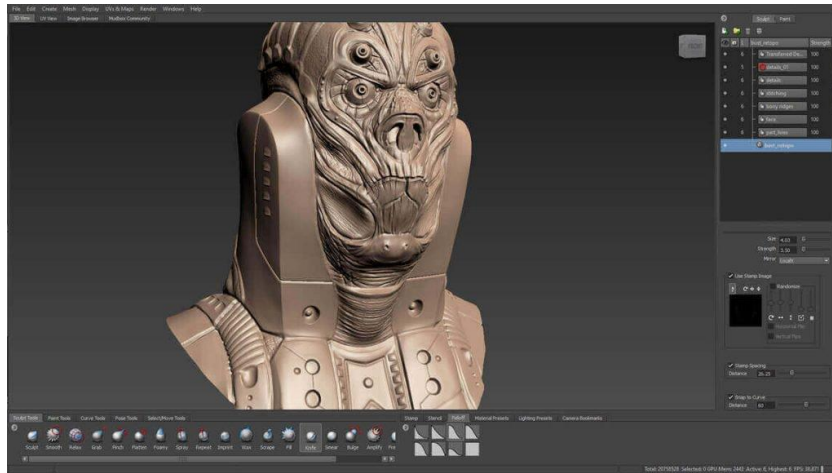
Εικ. 67: ZBrush

Ωστόσο, το ZBrush δεν είναι μόνο για γλυπτική και μοντελοποίηση. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία UV maps και textures χρωμάτων, επιτρέποντας σε έμπειρους καλλιτέχνες να κατασκευάζουν ολόκληρους χαρακτήρες, με ρούχα και σκηνικά, έτοιμα για απόδοση. Το ZBrush είναι μια δημοφιλής επιλογή στους σχεδιαστές που επιθυμούν να εκτυπώσουν 3D παιχνίδια και φιγούρες δράσης (action figures), με ειδικά εργαλεία που στοχεύουν ειδικά στην τρισδιάστατη εκτύπωση. Το κόστος αυτής της εφαρμογής ανέρχεται στα 679€ και της φοιτητικής έκδοσης στα 428€.

9. Mudbox

Ο άμεσος ανταγωνιστής του ZBrush είναι το Mudbox της Autodesk. Όπως και το ZBrush, είναι ένα λογισμικό γλυπτικής που ανήκει στην κατηγορία του τρισδιάστατου λογισμικού μοντελοποίησης. Στα προγράμματα γλυπτικής ο σχεδιαστής δε ξεκινά με ένα

μοντέλο πολύ υψηλής ανάλυσης, αλλά από μοντέλα με λίγα πολύγωνα και προσθέτει γεωμετρία όποτε θέλει να αυξήσει το επίπεδο των λεπτομερειών.

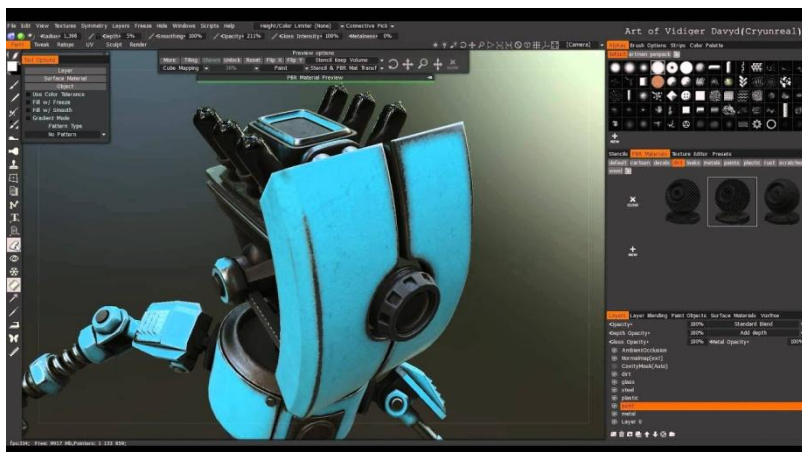


Εικ. 68: Mudbox

Παρόλο που το ZBrush και το Mudbox έχουν πολλά κοινά στοιχεία και φιλοσοφία, διαφέρουν ελαφρώς στην εφαρμογή. Το Mudbox θεωρείται πιο φιλικό για τους αρχάριους χρήστες στη γλυπτική, ιδίως εάν έχουν εξοικειωθεί με και με τα υπόλοιπα προγράμματα modeling της Autodesk. Από την άλλη πλευρά, το ZBrush διαθέτει μία πιο ευρεία γκάμα εργαλείων και συνίσταται για τους πιο προχωρημένους χρήστες. Το κύριο μειονέκτημα του Mudbox, όμως, είναι η εξάρτησή του από τα λογισμικά μοντελοποίησης Maya ή 3ds Max. Συνήθως οι σχεδιαστές δημιουργούν και χειρίζονται τη βασική γεωμετρία σε αυτά τα λογισμικά και στη συνέχεια την εισάγουν στο Mudbox για να προσθέσουν λεπτομέρειες με τη ψηφιακή γλυπτική, ενώ το ZBrush είναι απόλυτα αυτόνομο σε αυτόν τον τομέα. Γι' αυτόν το λόγο, το Mudbox είναι πολύ χρήσιμο για όποιον θέλει να ενσωματώσει το εργαλείο γλυπτικής στις άλλες σουίτες λογισμικού 3D της οικογένειας Autodesk, σε μια πιο οικονομική τιμή. Η τιμή του προγράμματος ανέρχεται στα 103€ το χρόνο και η φοιτητική έκδοση είναι δωρεάν, όπως και στα υπόλοιπα 3D λογισμικά της Autodesk.

10. 3DCoat

Το 3Dcoat δημιουργήθηκε από την ουκρανική εταιρεία Pilgway και είναι γνωστό ως μία εφαρμογή ψηφιακής γλυπτικής που βασίζεται στο σχεδιασμό με voxel (το voxel είναι ένα στοιχείο γραφικών πληροφοριών που ορίζει ένα σημείο στον τρισδιάστατο χώρο). Με την πάροδο του χρόνου έχει προσθέσει κι άλλα χαρακτηριστικά όπως UV mapping, δημιουργία υφών με ζωγραφική, υλικά, μηχανή απόδοσης και πολλά ακόμα.



Εικ. 69: 3DCoat

Από το ξεκίνημά του το 2007, το 3DCoat χρησιμοποιείται τώρα στα studio dev studios σε όλο τον κόσμο και συνεχίζει να αναπτύσσεται και να επεκτείνει το σύνολο χαρακτηριστικών του. Η αγορά του, για επαγγελματίες, κοστίζει 341€ και για ερασιτέχνες 89€. Επιπλέον διατίθεται δωρεάν φοιτητική έκδοση, αλλά για συγκεκριμένες σχολές στο κόσμο.

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ	ΔΥΣΚΟΛΙΑ ΕΚΜΑΘΗΣΗΣ	ANIMATION	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	ΤΙΜΗ	ΦΟΙΤΗΤΙΚΗ ΕΚΔΟΣΗ
MAYA	NAI	✓	Windows, Mac, Linux	1545€/χρόνο	ΔΩΡΕΑΝ
HOUDINI	NAI	✓	Windows, Mac, Linux	4,052€/χρόνο	68€/χρόνο
CINEMA 4D	OXI	✓	Windows, Mac	3567€ ή 1548€/χρόνο	253€
3DS MAX	NAI	✓	Windows	1545€/χρόνο	ΔΩΡΕΑΝ
MODO	OXI	✓	Windows, Mac, Linux	1619€ ή 359€/χρόνο	188€
BLENDER	NAI	✓	Windows, Mac, Linux	ΔΩΡΕΑΝ	-
LIGHTWAVE 3D	OXI	✓	Windows, Mac	897€	176€
ZBRUSH	NAI	-	Windows, Mac	679€	428€
MUDBOX	OXI	-	Windows, Mac, Linux	103€/χρόνο	ΔΩΡΕΑΝ
3DCoat	OXI	-	Windows, Mac, Linux	341€	ΔΩΡΕΑΝ (για κάποιες σχολές)

Πίνακας 1: Σύγκριση Λογισμικών 3D Modeling

3.2 Λογισμικά για Rendering

1. Arnold

Το Arnold είναι μία γρήγορη μηχανή απόδοσης που αναπτύχθηκε από το στούντιο VFX της Sony Pictures Imageworks. Χρησιμοποιεί επεξεργαστική ισχύ, αν και πρόσφατα ξεκίνησαν να κυκλοφορούν εκδόσεις που χρησιμοποιούν την κάρτα γραφικών. Είναι σε θέση να αποδίδει σε πραγματικό χρόνο, που σημαίνει ότι όταν πραγματοποιούνται αλλαγές στην σκηνή κατά τη διάρκεια του rendering, οι υπολογισμοί δε σταματούν με αποτέλεσμα να εμφανίζει το νέο αποτέλεσμα εκείνη τη στιγμή. Αυτή η τεχνική επιταχύνει τη διαδικασία και το επιθυμητό αποτέλεσμα είναι πιο εύκολο να επιτευχθεί.



Εικ. 70: Arnold Render

Με αυτό το λογισμικό τρισδιάστατης απεικόνισης, μπορούν να δημιουργηθούν πολλά είδη υλικών τα οποία διαθέτουν πολλές παραμέτρους για την επεξεργασία των χαρακτηριστικών τους, με αποτέλεσμα να δίνουν στο σχεδιαστή τεράστιο έλεγχο στην τελική επιθυμητή εμφάνιση. Όντας μία από τις προτιμώμενες μηχανές απόδοσης, το Arnold υποστηρίζει τα volumetrics (ογκομετρικά), όπως για παράδειγμα την ομίχλη. Επιπλέον, ο επεξεργαστής υλικών του βασίζεται σε κόμβους καθιστώντας τη διαδικασία αισθητά πιο εύκολη. Το ευρύ φάσμα των χαρακτηριστικών του καθιστά το Arnold ένα από τα καλύτερα λογισμικά τρισδιάστατης απεικόνισης για ειδικά εφέ.

2. V-Ray

Το V-Ray θεωρείται ένα από τα καλύτερα λογισμικά τρισδιάστατης απεικόνισης στην αγορά, καθώς παράγει υψηλής ποιότητας αποτέλεσμα σε γρήγορο χρόνο. Το V-Ray μπορεί να αξιοποιήσει τόσο μια CPU όσο και μια GPU και μπορεί να υπάρχει ενσωματωμένο σε μια μεγάλη γκάμα τρισδιάστατων προγραμμάτων. Αφενός, αυτό το λογισμικό είναι αρκετά προσιτό ώστε τόσο οι επαγγελματίες σχεδιαστές, όσο και οι ερασιτέχνες, να μπορούν να παράγουν εξαιρετικά αποτελέσματα από αυτό.



Εικ. 71: V-Ray Render

Το V-Ray διαθέτει, επίσης, ένα πλήρες σύνολο χαρακτηριστικών με αποτέλεσμα οι σχεδιαστές να μπορούν να επιτύχουν εκπληκτική ποιότητα. Ωστόσο, τα προηγμένα χαρακτηριστικά του είναι δύσκολο να μαθευτούν από τους χρήστες και επιβάλλεται πολύωρη απασχόληση για την κατανόησή του. Το V-Ray ανήκει στο είδος των μηχανών rendering που ταιριάζει σε κάθε στάδιο της ανάπτυξης ενός τρισδιάστατου animation.

3. Redshift

Το Redshift είναι ένα λογισμικό 3D rendering που βασίζεται στην επιτάχυνση της GPU. Το Redshift χρησιμοποιεί φυσικά υλικά και διαθέτει ποικιλία για το δέρμα και τα μαλλιά. Το σύστημα φωτισμού είναι εξαιρετικά ευέλικτο και ρεαλιστικό και μπορούν μέχρι και εικόνες να παρέχουν φωτισμό σε ολόκληρες σκηνές. Διαθέτει επίσης ογκομετρικό φωτισμό για τη δημιουργία δραματικών εφέ.



Εικ. 72: Redshift Render

Για ακόμη μεγαλύτερο ρεαλισμό, μπορούν να χρησιμοποιηθούν εφέ φυσικών φακών όπως ISO, κλείστρο και χρώμα. Λόγω των προηγμένων επιλογών στις ρυθμίσεις του τελικού αποτελέσματος, το Redshift είναι ένα εξαιρετικό λογισμικό για 3D rendering στη δημιουργία πολύπλοκων λήψεων.

4. RenderMan

Το Renderman είναι μία πολύ ισχυρή μηχανή απόδοσης, η οποία χρησιμοποιείται από την πασίγνωστη εταιρεία παραγωγής τρισδιάστατων κινουμένων σχεδίων, την Pixar. Η Pixar πρωτοστάτησε σε πολλές τεχνικές που χρησιμοποιούνται σήμερα στη βιομηχανία. Οι διαδραστικοί χειριστές για τα διάφορα layers καθιστούν εύκολη και γρήγορη την επίτευξη μιας ρεαλιστικής και αισθητικής εμφάνισης. Επίσης, οι μετακινούμενοι όγκοι (όπως η ομίχλη) μπορούν να αποτυπωθούν σε πολύ καλή ποιότητα.

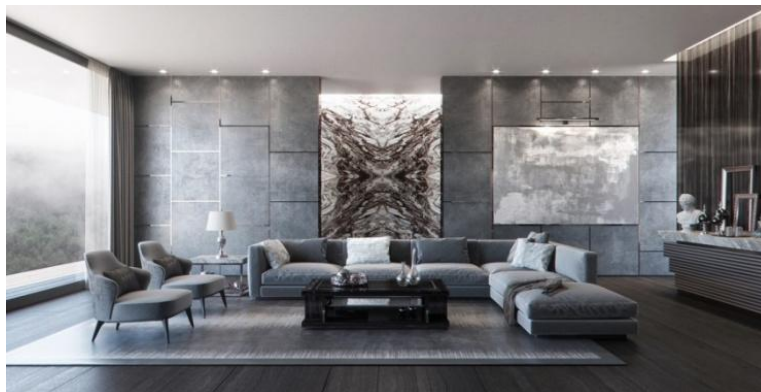


Εικ. 73: RenderMan Render

Τα μαλλιά και η γούνα αποτελούν σημαντικό σημείο αναφοράς για την ποιότητα οποιουδήποτε renderer. Στο RenderMan, μπορούν να ρυθμιστούν αποτελεσματικά με τον προηγμένο αλγόριθμο υλικού τριχώματος που διαθέτει. Ωστόσο, αυτό το τεράστιο σύνολο χαρακτηριστικών μπορεί να είναι δύσχρηστο για τους σχεδιαστές που δουλεύουν μόνοι τους. Το RenderMan είναι ένα επαγγελματικό τρισδιάστατο λογισμικό απόδοσης, με τεράστιες δυνατότητες και μία από τις καλύτερες διαθέσιμες επιλογές.

5. Corona

Το Corona είναι ένα φωτορεαλιστικό 3D renderer, το οποίο έχει γίνει δημοφιλές λόγω της ευχρηστίας του. Αν και λειτουργεί με επεξεργαστική ισχύ, η δυνατότητα διαδραστικής απόδοσης αυτού του λογισμικού μπορεί να επιταχύνει σημαντικά τις ροές εργασιών. Το Corona είναι ευέλικτο όσον αφορά τον ρεαλισμό, καθώς τα φαινόμενα που απαιτούν πολύ υπολογιστική ισχύ μπορούν να απενεργοποιηθούν επιλεκτικά.



Εικ. 74: Corona Render

Επιπλέον, μπορούν να δημιουργηθούν φανταστικά υλικά, που δεν υπάρχουν στην πραγματικότητα. Έτσι, για παράδειγμα, μπορεί ένα υλικό κάποιου χρώματος να έχει διαφορετικό χρώμα όταν αντανακλάται ή ανακλάται. Λόγω της εύκολης χρηστικότητάς του, το Corona είναι ένα ιδιαίτερα δημοφιλές λογισμικό για 3D rendering.

6. Octane

Το Octane συνδυάζει την γρήγορη απόδοση με την ποιότητα και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το λογισμικό χρησιμοποιεί κάρτες γραφικών NVidia (GPU) αντί για CPU. Το Octane έχει διακριθεί μεταξύ άλλων μηχανών απόδοσης, για την ταχύτητά του. Στην πραγματικότητα, τα παράθυρα προβολής (viewports) σε πραγματικό χρόνο είναι τα τελικά αποτελέσματα. Αυτή η λειτουργία βελτιώνει δραματικά τη ροή εργασίας, καθώς οι αλλαγές πραγματοποιούνται αμέσως και σε πολύ καλή ποιότητα.



Εικ. 75: Octane Render

Επιπλέον, αυτό το λογισμικό 3D απεικόνισης μπορεί να χειριστεί πολύπλοκα φαινόμενα, που είναι δύσκολο να χειριστούν άλλες μηχανές απόδοσης. Η νεότερη έκδοση περιλαμβάνει ρυθμίσεις για προσομοίωση σωματιδίων. Το Octane έρχεται με έναν επεξεργαστή υλικών που βασίζεται σε κόμβους, αλλά πάσχει από περιστασιακά σφάλματα. Το Octane είναι ένα κατάλληλο λογισμικό 3D rendering για ένα γρήγορο και ένα υψηλής ποιότητας αποτέλεσμα.

7. Maxwell

Το Maxwell είναι ένα λογισμικό 3D rendering που ταιριάζει ιδιαίτερα στις απαιτήσεις της αρχιτεκτονικής απεικόνισης. Συνδυάζει έναν υψηλό βαθμό ρεαλισμού με μια εύχρηστη ροή εργασιών. Για να γίνει ευκολότερη η ρύθμιση της σκηνής, το λογισμικό περιλαμβάνει έτοιμα και ρυθμισμένα είδη φωτών, το οποίο επιτρέπει στον σχεδιαστή να εστιάσει στο δημιουργικό μέρος.



Εικ. 76: Maxwell Render

Όπως είναι αναμενόμενο, το Maxwell είναι πιο αργό μιας και εκτελείται με CPU. Ωστόσο, η ανάπτυξη των μηχανών απόδοσης που χρησιμοποιούν GPU επεκτείνεται συνεχώς, αυξάνοντας την πίεση στα λογισμικά. Επί του παρόντος, αυτή η λειτουργία απαιτεί κάρτα γραφικών NVidia με δυνατότητα CUDA. Το Maxwell είναι ένα εξαιρετικό λογισμικό 3D rendering για αρχιτέκτονες που επιθυμούν ρεαλιστικά αποτελέσματα, χωρίς να χρειάζεται να μάθουν ένα πολύπλοκο λογισμικό.

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ	HARDWARE	OS	PLUGIN	ΤΙΜΗ	ΦΟΙΤΗΤΙΚΗ ΕΚΔΟΣΗ
ARNOLD	CPU/GPU	Windows, Mac, Linux	Maya, 3ds Max, Cinema 4D, Houdini	630€/χρόνο	ΔΩΡΕΑΝ
V-RAY	CPU/GPU	Windows, Mac, Linux	Maya, 3ds Max, Blender, Cinema 4D, Modo	Διαφέρει για κάθε λογισμικό	74€/χρόνο
REDSHIFT	GPU	Windows, Mac, Linux	Maya, 3ds Max, Cinema 4D, Houdini	450€/χρόνο	-
RENDERMAN	CPU	Windows, Mac, Linux	Maya, Blender, Houdini	536€ ή 225€/χρόνο	ΔΩΡΕΑΝ
CORONA	CPU	Windows	3ds Max, Cinema4D	300€/χρόνο	25€/χρόνο
OCTANE	GPU	Windows, Mac, Linux	Maya, 3ds Max, Cinema4D, Houdini, Blender, Modo	242€	-
MAXWELL	CPU/GPU	Windows, Mac, Linux	Maya, 3ds Max, Cinema 4D, Modo	495€	Η τιμολόγηση γίνεται κατόπιν επικοινωνίας με την εταιρεία

Πίνακας 2: Σύγκριση Μηχανών Απόδοσης

3.3 Λογισμικά για Video Editing

1. Adobe Premiere Pro

Το Adobe Premiere Pro CC είναι το καλύτερο λογισμικό επεξεργασίας βίντεο που διατίθεται αυτή τη στιγμή, ειδικά για τους χρήστες των windows. Είναι ένα από τα γνωστά λογισμικά της βιομηχανίας, το οποίο χρησιμοποιείται από πλήθος επαγγελματιών. Μπορεί να χειριστεί έναν απεριόριστο αριθμό βίντεο, τα οποία μπορούν να εισαχθούν από σχεδόν οποιαδήποτε πηγή υπάρχει (αρχεία, κασέτες, κάμερες όλων των ειδών, ακόμα και VR). Η ρύθμιση του αυτόματου συγχρονισμού που διαθέτει είναι ένα από τα πιο χρήσιμα εργαλεία που χρησιμοποιείται όταν υπάρχουν πλάνια πολλαπλών λήψεων. Επιπλέον, διαθέτει πολλά εφέ και ρυθμίσεις, που δίνουν στο βίντεο επαγγελματική χροιά. Υπάρχει, επίσης, μια καινούρια δωρεάν εφαρμογή, το Adobe Premiere Rush, το οποίο διευκολύνει την εργασία με τα αρχεία που έχουν ληφθεί από κινητό τηλέφωνο.

2. Final Cut Pro X

Το Final Cut Pro X είναι το καλύτερο λογισμικό επεξεργασίας βίντεο για όσους προτιμούν να δουλεύουν σε λειτουργικό σύστημα Mac. Το πρόγραμμα είναι εξαιρετικά εύκολο στη χρήση και διαθέτει πληθώρα χαρακτηριστικών, γεγονός που ανεβάζει τη χρηματική του αξία. Επιπλέον, υπάρχουν εργαλεία ομαδοποίησης, πολλές επιλογές εφέ και η επεξεργασία του ήχου πραγματοποιείται με εύκολο και ταχύ τρόπο.

3. Corel VideoStudio Ultimate 2019

Το Corel VideoStudio Ultimate προσφέρει έναν εξαιρετικό τρόπο επεξεργασίας βίντεο για αρχάριους. Διαθέτει ένα γραφικό περιβάλλον το οποίο είναι απλό και παράλληλα καλά σχεδιασμένο, που σημαίνει ότι είναι πολύ εύκολο να γίνει κατανοητή η λειτουργία του. Παρά το απλό παρουσιαστικό του, διαθέτει μεγάλη γκάμα χαρακτηριστικών. Υπάρχει η δυνατότητα επεξεργασίας πολλαπλών καμερών, υποστήριξη βίντεο 4K, υποστήριξη βίντεο VR 360 μοιρών, μουσική βιβλιοθήκη, καθώς και πολλά εφέ. Είναι μια εξαιρετική επιλογή για αρχάριους, αλλά έχει να προσφέρει πολλά και σε πιο έμπειρους μοντέρ.

4. CyberLink PowerDirector 17 Ultra

Το CyberLink PowerDirector είναι ένα εξαιρετικό λογισμικό επεξεργασίας βίντεο που προσφέρει επαγγελματικά και υψηλής ποιότητας χαρακτηριστικά, χωρίς τον προϋπολογισμό του Χόλιγουντ. Διαθέτει χρονοδιάγραμμα που χωράει μέχρι 100 βίντεο tracks, ένα πλήθος εργαλείων σταθεροποίησης και διόρθωσης βίντεο και επαγγελματικά εφέ. Επίσης, προσφέρει τη δυνατότητα επεξεργασίας πολλαπλών καμερών, την ανίχνευση κίνησης, την επεξεργασία βίντεο 360 μοιρών, καθώς και υποστήριξη για όλα τα είδη αρχείων που υπάρχουν. Για τον αριθμό χαρακτηριστικών κι επιλογών που προσφέρει, η χρηματική του αξία θεωρείται πολύ χαμηλή, γεγονός που κάνει το πρόγραμμα προσιτό σε μικρά στούντιο και ελεύθερους επαγγελματίες.

5. DaVinci Resolve

Το DaVinci Resolve είναι ένα δωρεάν εργαλείο επεξεργασίας βίντεο που χρησιμοποιείται σε ταινίες μεγάλου προϋπολογισμού και τηλεοπτικές παραγωγές. Είναι κατάλληλο για τη διόρθωση χρωμάτων και διαθέτει πολλές επιλογές στην επεξεργασία του ήχου. Στο πρόγραμμα υπάρχει επίσης αναγνώριση προσώπου, που δίνει τη δυνατότητα να ρυθμίσουν οι μοντέρ τους τόνους του δέρματος, το χρώμα των ματιών και των χειλιών. Για τον ήχο, το DaVinci Resolve χρησιμοποιεί το Fairlight, ένα σετ εργαλείων επεξεργασίας υψηλού επιπέδου που επιτρέπουν τη μίξη και το master μέχρι 1.000 καναλιών. Είναι πολύ σπάνιο να βρεθεί στην αγορά ένα λογισμικό με τόσα χαρακτηριστικά σε μία δωρεάν έκδοση, γι' αυτό θεωρείται η καλύτερη επιλογή, σε αυτήν την κατηγορία, για επεξεργασία βίντεο σε περιβάλλον Windows ή Mac.

6. Lightworks

Το Lightworks είναι ένα επαγγελματικό πρόγραμμα επεξεργασίας βίντεο που χρησιμοποιήθηκε σε μεγάλες παραγωγές του Χόλιγουντ, όπως Shutter Island, Pulp Fiction, 28 Days Later, The Wolf of Wall Street και Mission Impossible. Το Lightworks διαθέτει μια δωρεάν έκδοση που την καθιστά προσιτή σε όλους, η οποία εμπεριέχει σχεδόν όλα τα χαρακτηριστικά. Ο κύριος περιορισμός στην δωρεάν έκδοση είναι οι μορφές εξόδου. Τα αρχεία που εξάγονται μπορούν να είναι μόνο συμβατά με web αρχεία και σε ποιότητα 720p.

Το Lightworks είναι αναμφισβήτητα ένα από τα καλύτερα δωρεάν λογισμικά επεξεργασίας βίντεο για τα Windows 10. Το εξαιρετικά σχεδιασμένο χρονοδιάγραμμα επιτρέπει έναν υψηλό βαθμό ελέγχου, ώστε να μπορεί ο μοντέρ να προσαρμόζει και να συνδυάζει τους ήχους και τα βίντεο ακριβώς όπως επιθυμεί. Είναι ένα ισχυρό λογισμικό το οποίο προσφέρει προηγμένη επεξεργασία σε βίντεο με ευκολία. Ίσως το μεγαλύτερο μειονέκτημα είναι το γεγονός ότι αρχικά είναι δύσκολη η πλοήγηση στο γραφικό περιβάλλον του προγράμματος. Αλλά υπάρχουν πολλά tutorials που σε συνδυασμό με την εξάσκηση θα βοηθήσουν που θα σας βοηθήσουν να σας φέρουμε σε λειτουργία - και δεν θα χρειαστεί να πληρώσετε ούτε μία δεκάρα, όσο τα έργα σας είναι μη εμπορικά.

7. Hitfilm Express

Το Hitfilm είναι ένα λογισμικό υψηλής τεχνολογίας που είναι ικανό να παράγει ταινίες μεγάλου μήκους, μουσικά βίντεο με τρισδιάστατα εφέ, καθώς και βίντεο για το YouTube, καθώς έχει ενσωματωμένη την άμεση μεταφόρτωση. Η δωρεάν έκδοση του Hitfilm Express περιέχει όλα όσα χρειάζονται για την παραγωγή ενός βίντεο επαγγελματικής ποιότητας, αλλά υπάρχει και η δυνατότητα για επέκταση των δυνατοτήτων του, αγοράζοντας κάποια από τα πρόσθετα χαρακτηριστικά. Τα πρόσθετα πακέτα ξεκινούν από 6€ περίπου, με αποτέλεσμα ο χρήστης να πληρώνει μόνο για τα χαρακτηριστικά που χρειάζεται. Με αυτόν τον τρόπο του δίνεται η δυνατότητα να προσαρμόζει το λογισμικό στις ανάγκες του σε μια λογική τιμή.

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ	ΕΠΙΠΕΔΟ	OS	ΤΙΜΗ	ΦΟΙΤΗΤΙΚΗ ΕΚΔΟΣΗ
Adobe Premiere Pro	Ερασιτέχνες / Επαγγελματίες	Windows, Mac	22€/μήνα	18€/μήνα
Final Cut Pro X	Ερασιτέχνες / Επαγγελματίες	Mac	269€	179€
Corel VideoStudio Ultimate 2019	Ερασιτέχνες	Windows	90€	-
CyberLink PowerDirector 17 Ultra	Ερασιτέχνες	Windows	100€	-
DaVinci Resolve	Ερασιτέχνες / Επαγγελματίες	Windows, Mac, Linux	Δωρεάν	-
Lightworks	Επαγγελματίες	Windows, Mac, Linux	Δωρεάν ή 338€ full version	Δωρεάν σε συγκεκριμένες σχολές
Hitfilm Express	Ερασιτέχνες / Επαγγελματίες	Windows, Mac	Δωρεάν	-

Πίνακας 3: Σύγκριση Λογισμικών για Video Editing

3.4 Λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν

Η δημιουργία των αντικειμένων και του χαρακτήρα πραγματοποιήθηκε στο λογισμικό Maya Student Version 2018 της Autodesk. Το Maya διαθέτει ένα ολοκληρωμένο σετ εργαλείων και πληθώρα επιλογών τόσο για τη μοντελοποίηση, όσο και για το texturing, το rigging και το animation. Γι' αυτό το λόγο μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολλοί από τους τρόπους μοντελοποίησης που αναφέρθηκαν παραπάνω, όπως box modeling, NURBS modeling, sculpting, edge modeling και procedural modeling. Επιπλέον, διαθέτει τα απαραίτητα εργαλεία για τη διαδικασία UV mapping, επιτρέπει φυσική με dynamics και έχει το Hypershade, μία ξεχωριστή περιοχή μέσα στο πρόγραμμα, όπου μπορεί ο χρήστης να δημιουργεί και να επεξεργάζεται τις υφές και τα υλικά.

Παρόλο που διαθέτει κάποια βασικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται στην ψηφιακή γλυπτική, η πρόσθεση των λεπτομερειών πραγματοποιήθηκε στο Mudbox Student Version 2018 της Autodesk. Ο λόγος της επιλογής αυτής είναι επειδή η ψηφιακή γλυπτική δημιουργεί πολλή γεωμετρία και για την εξοικονόμηση πόρων του συστήματος, δημιουργήθηκαν color, normal και displacement maps στο Mudbox και μετά εφαρμόστηκαν στα μοντέλα που βρίσκονταν στο Maya.

Στη συγκεκριμένη έκδοση του Maya εμπεριέχεται η μηχανή απόδοσης Arnold SDK 5.0.1.0. Το Arnold διαθέτει πληθώρα υλικών και πολλές ρυθμίσεις που μπορούν να τροποποιηθούν κατά βούληση του χρήστη. Επιπλέον, οι επιλογές που εμπεριέχονται για τη διαδικασία του rendering προσφέρουν στον σχεδιαστή πλήρη έλεγχο στην εμφάνιση και την ποιότητα του τελικού αποτελέσματος.

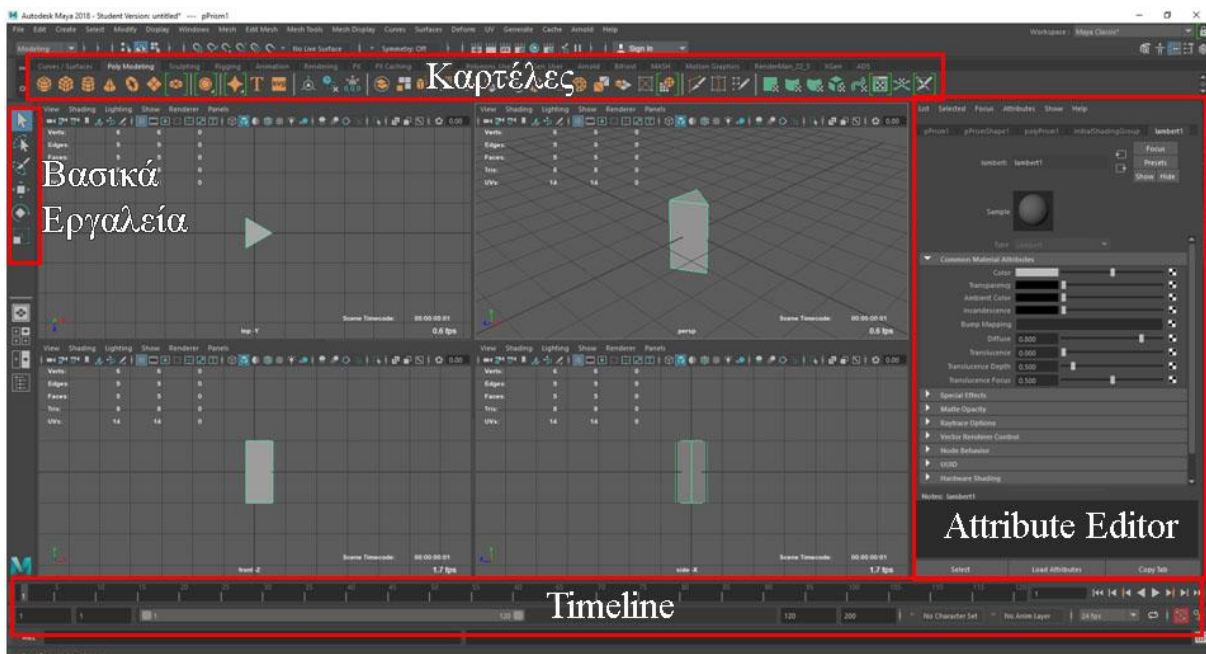
Τέλος, για την επεξεργασία του τελικού βίντεο χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Adobe Premiere Pro CC 2019. Το φιλικό - προς τον χρήστη - γραφικό του περιβάλλον, η ποικιλία των ρυθμίσεων, των εφέ και των εργαλείων που διαθέτει ήταν μερικοί από τους λόγους επιλογής του συγκεκριμένου λογισμικού.

4 Υλοποίηση

4.1 Εισαγωγή στο Maya

Το Maya αποτελείται από ένα πλούσιο γραφικό περιβάλλον με πολλά μενού και υπο-μενού, μπάρες εργασιών και εκατοντάδες εργαλεία και ρυθμίσεις. Για να γίνει επεξήγηση των τρόπων υλοποίησης της πτυχιακής εργασίας, θα πρέπει πρώτα να γίνει μια εισαγωγή στο λογισμικό. Γι' αυτό το λόγο, θα αναλυθούν κάποια βασικά χαρακτηριστικά του προγράμματος πριν μπούμε στις λεπτομέρειες.

Αρχικά, το πρώτο που βλέπει κάποιος με το που ανοίγει το πρόγραμμα είναι τέσσερα μεγάλα παράθυρα. Αυτά είναι τα viewports που δείχνουν τη σκηνή μέσα από default κάμερες. Οι κάμερες είναι τοποθετημένες σε διαφορετικά μέρη για να δείχνουν τη σκηνή από διαφορετικές οπτικές γωνίες (top, front, side και perspective). Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ελέγξει ποια κάμερα θα δείχνει σε κάθε viewport και αυτό ισχύει για τις υπάρχουσες, αλλά και για νέες κάμερες που μπορεί να δημιουργήσει. Επιπλέον, στο κάτω μέρος κάθε παραθύρου, εκτός από το όνομα της κάμερας, παρατηρούνται και οι άξονες x, y, z (μήκος, ύψος, πλάτος) και με αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται οποιαδήποτε σύγχυση και οποιοδήποτε πρόβλημα προσανατολισμού. Επίσης, εάν θέλουμε να επικεντρωθούμε σε ένα παράθυρο το επιλέγουμε και πατώντας space αυτό μεγεθύνεται.

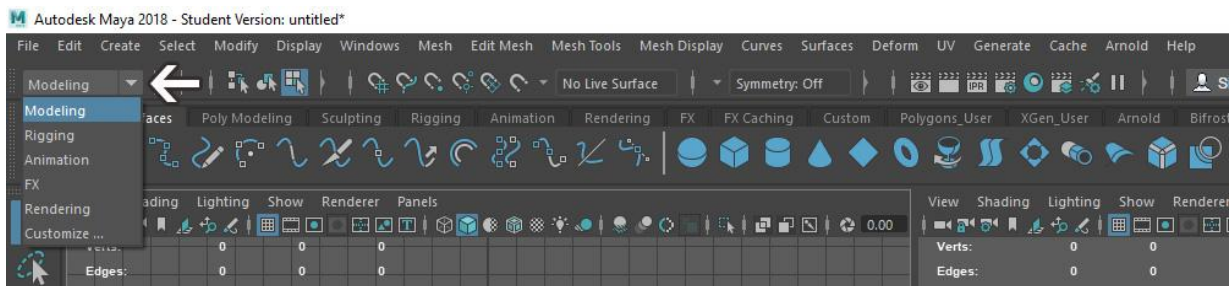


Εικ. 77: Interface του Maya

Αριστερά της οθόνης παρατηρούνται κάποια βασικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται πολύ συχνά για να επιλέξουμε (Select Tool), να μετακινήσουμε (Move Tool), να μεγεθύνουμε (Scale Tool) και να περιστρέψουμε (Rotate Tool) ένα αντικείμενο, αλλά οι σχεδιαστές προτιμούν να εκτελούν αυτές τις ενέργειες με shortcuts. Στα δεξιά του προγράμματος υπάρχει το Attribute Editor και το Channel Box με τα οποία μπορούμε να επεξεργαστούμε όλα τα χαρακτηριστικά των τρισδιάστατων μοντέλων. Στο κάτω μέρος του

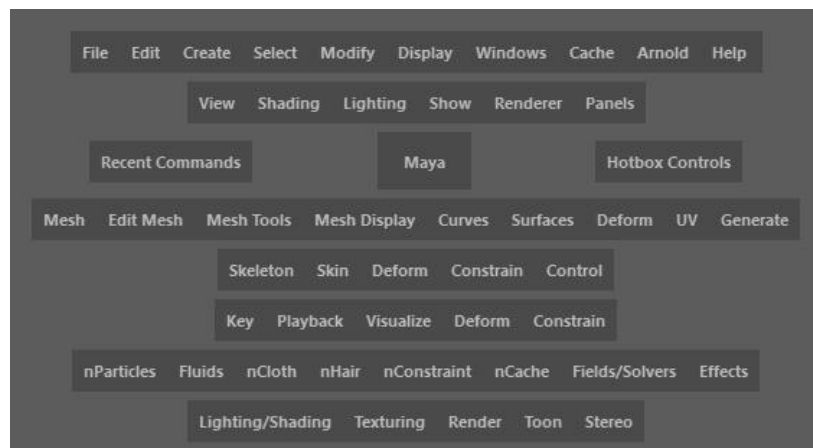
προγράμματος υπάρχει ένα timeline, που συνοδεύεται με μία μπάρα για να το μετακινεί και κουμπιά για να παίζει το animation, εάν έχει δημιουργηθεί.

Το Maya, όπως όλα τα προγράμματα, αποτελείται από ένα κεντρικό μενού στο πάνω μέρος της οθόνης, το οποίο όμως αλλάζει μαζί με τα περιεχόμενά του ανάλογα με την κατηγορία που θα επιλέξουμε στην drop-down λίστα. Δηλαδή εάν επιλέξουμε το Modeling θα μας βγάλει ένα μενού με θέμα το Modeling και τα περιεχόμενά του θα αποτελούνται από τα απαραίτητα εργαλεία για αυτή τη διαδικασία, ενώ εάν επιλέξουμε Animation το κεντρικό μενού θα αλλάξει και θα σχετίζεται πλέον με τη νέα κατηγορία.



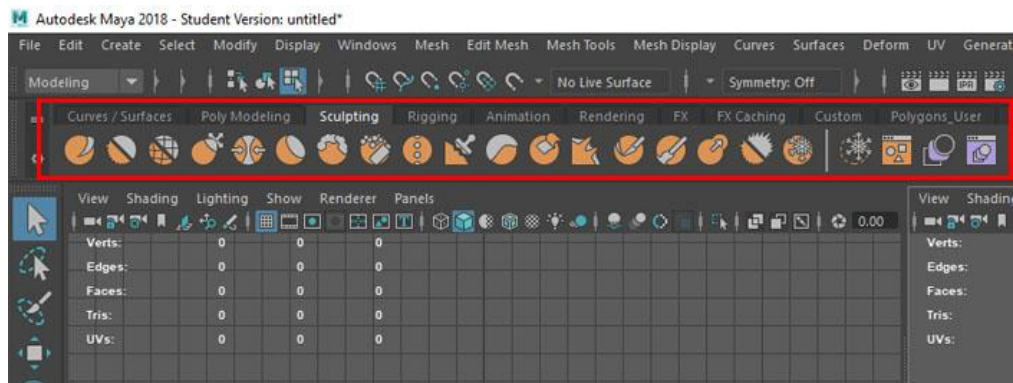
Εικ. 78: Maya Drop-Down List Menu

Ένας γρήγορος τρόπος για να έχουμε πρόσβαση σε όλα τα διαφορετικά μενού κάθε κατηγορίας είναι να πατήσουμε παρατεταμένα space στην σκηνή και θα εμφανιστούν όλα τα μενού (με τη σειρά που βρίσκονται και στην drop-down λίστα). Για να δούμε τα περιεχόμενά τους μπορούμε να πατήσουμε δεξί ή αριστερό κλικ σε κάθε στοιχείο. Για να υπάρχει πάντα μία ξεκάθαρη εικόνα βάση κατηγοριών, παρακάτω θα περιγράφονται τα βήματα που εκτελέστηκαν μέσω του κεντρικού μενού και όχι μέσω του γρήγορου μενού.



Εικ. 79: Maya όλα τα Μενού

Τέλος, κάποια από τα περιεχόμενα των μενού μπορούμε να τα βρούμε σε καρτέλες, χωρισμένες σε κατηγορίες, κάτω από το κεντρικό μενού. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επεξεργαστεί αυτές τις καρτέλες και τα εργαλεία τους, να τις διαγράψει ή να δημιουργήσει νέες και να εισάγει σε αυτές όποια εργαλεία επιθυμεί με drag and drop από το κεντρικό μενού.



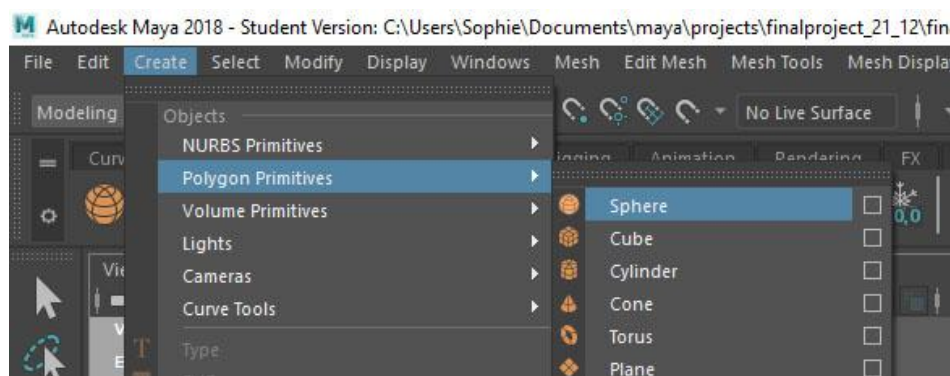
Εικ. 80: Maya Καρτέλες Εργαλείων

4.2 Modeling

4.2.1 Εισαγωγή στο Modeling

Το Maya δίνει τη δυνατότητα να εκτελεστούν κάποιες ενέργειες με πολλούς διαφορετικούς τρόπους και είναι στην κρίση του σχεδιαστή για τον ποιον θα επιλέξει κάθε φορά. Επειδή, κατά την εκπόνηση της πτυχιακής, χρησιμοποιήθηκαν κάποιοι κοινοί τρόποι για τη δημιουργία διαφορετικών μοντέλων, θα αναλυθούν πρώτα μερικές βασικές διαδικασίες για να μην υπάρχει συνεχής επανάληψη των βημάτων, κάθε φορά που περιγράφεται πώς δημιουργήθηκε ένα μοντέλο.

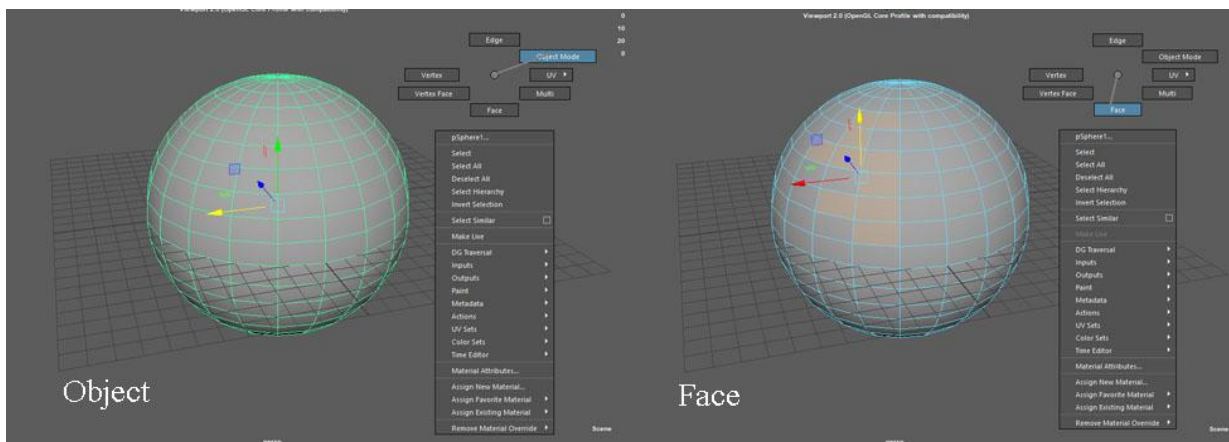
Αρχικά, μιας και βρισκόμαστε στη διαδικασία της μοντελοποίησης στη drop-down λίστα έχει επιλεγθεί το Modeling. Μπορούμε πολύ εύκολα να δημιουργήσουμε στη σκηνή κάποια βασικά σχήματα που παρέχονται στο πρόγραμμα, πηγαίνοντας στις καρτέλες με τα εργαλεία κι επιλέγοντας είτε το Curves/Surfaces (για τη δημιουργία σχημάτων με NURBS) είτε το Poly Modeling (για τη δημιουργία σχημάτων με στερεά πολύγωνα). Ο άλλος τρόπος είναι μέσω του κεντρικού μενού κι επιλέγοντας Create > NURBS Primitives ή Polygon Primitives. Στη συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία όλα τα μοντέλα δημιουργήθηκαν με στερεά πολύγωνα (Polygons), οπότε θα επιλέξουμε μια σφαίρα πολυγώνων.



Εικ. 81: Δημιουργία βασικών σχημάτων

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο της Θεωρητικής Υποδομής, τα μοντέλα αποτελούνται από κορυφές (vertices), ακμές (edges) και έδρες (faces). Για να

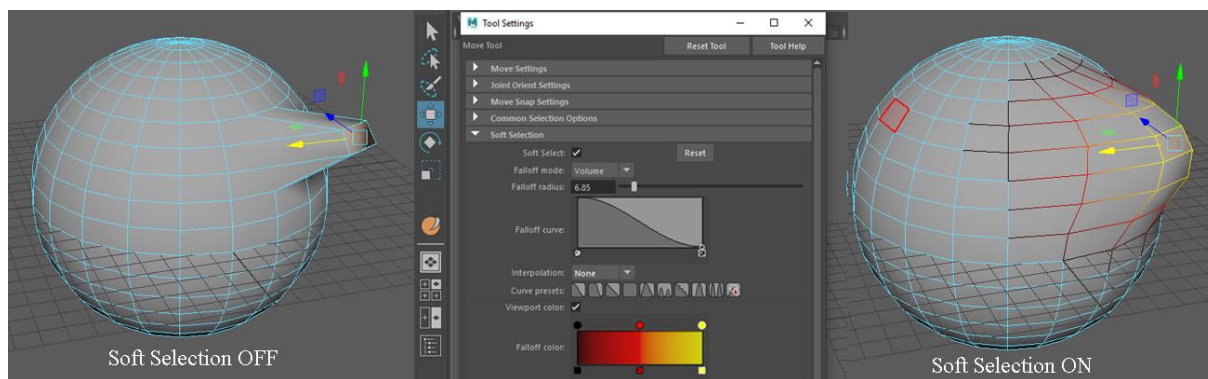
δημιουργήσουμε κάποιο μοντέλο πρέπει να επεξεργαστούμε αυτές τις επιφάνειες και το Maya δίνει αυτή τη δυνατότητα. Αυτό επιτυγχάνεται επιλέγοντας το αντικείμενο που θέλουμε να επεξεργαστούμε και πατώντας παρατεταμένα δεξί κλικ στη σκηνή. Θα εμφανιστούν πολλές επιλογές και μέσα σε αυτές θα είναι και η κατάσταση που θέλουμε να βρίσκεται το αντικείμενο. Έτσι εάν πατήσουμε, για παράδειγμα, στην επιλογή Face θα μπορούμε να επιλέξουμε τις έδρες του αντικειμένου και όχι ολόκληρο το αντικείμενο και αντίστοιχα, αν επιλέξουμε Edge μπορούμε να επιλέξουμε μόνο τις ακμές του και εάν επιλέξουμε Vertex, μόνο τις κορυφές. Σε περίπτωση που θέλουμε να επιστρέψει στην αρχική του κατάσταση, ακολουθούμε την ίδια διαδικασία κι επιλέγουμε Object Mode.



Εικ. 82: Κατάσταση Αντικειμένου

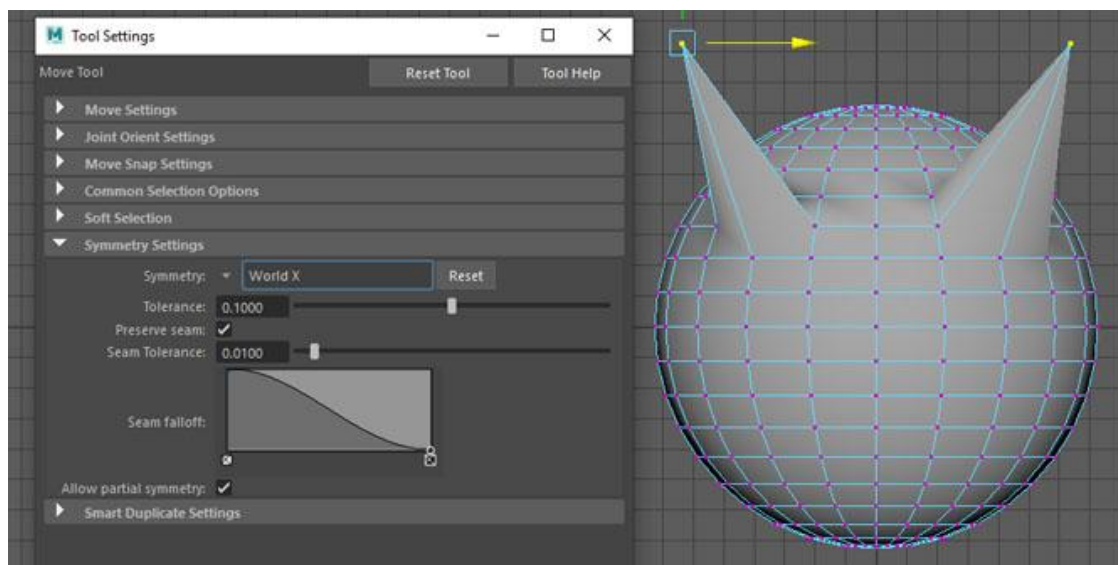
Tool Settings

Τα βασικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται συνεχώς είναι αυτά που μετακινούν ένα πλέγμα, που το περιστρέφουν και που αλλάζουν το μέγεθός του. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, βρίσκονται στα αριστερά του προγράμματος και αν πατηθεί διπλό κλικ στα εικονίδια, εμφανίζεται ένα παράθυρο με τις ρυθμίσεις τους. Αυτές που χρησιμοποιούνται συχνότερα είναι το **Soft Selection** και **Symmetry Settings**. Εάν ενεργοποιηθεί το Soft Selection οι επιφάνειες που έχουν επιλεγθεί μπορούν να μεταποιηθούν πιο ομαλά, χωρίς να χρειάζεται να αλλάζουμε κάθε κορυφή (vertex). Στο παρακάτω παράδειγμα επιλέχθηκε μία έδρα (face) και βλέπουμε τα αποτελέσματα στην περίπτωση που το μετακινήσουμε με το Soft Selection απενεργοποιημένο και ενεργοποιημένο. Επιπλέον, υπάρχουν ρυθμίσεις που μπορεί να αλλάξει ο χρήστης και να επηρεάσει πόση επιφάνεια καλύπτει το Soft Selection καθώς και την έντασή του.



Εικ. 83: Soft Selection

Το Symmetry Settings χρησιμοποιείται επίσης πολύ συχνά στη μοντελοποίηση, ειδικά σε περιπτώσεις που θέλουμε να δημιουργήσουμε ένα συμμετρικό μοντέλο ή αν θέλουμε να κάνουμε κάποια αλλαγή σε αυτό. Η συμμετρία μπορεί να ρυθμιστεί ως προς οποιονδήποτε άξονα. Στην Εικόνα 84 ενεργοποιήθηκε το Symmetry Settings και βλέπουμε ένα αντικείμενο, που το φέραμε σε κατάσταση για να μπορούμε να επεξεργαστούμε τις κορυφές του. Στη συγκεκριμένη περίπτωση ρυθμίστηκε η συμμετρία του αντικειμένου προς τον άξονα x, οπότε εάν επιλέξουμε μία κορυφή στα αριστερά της σφαίρας, θα επιλεγθεί αυτόματα και μία κορυφή στη δεξιά πλευρά και αντίστροφα. Οι αλλαγές που πραγματοποιούνται στη μία μεριά του αντικειμένου καθρεφτίζονται στην άλλη, με βάση τον άξονα που έχουμε επιλέξει.



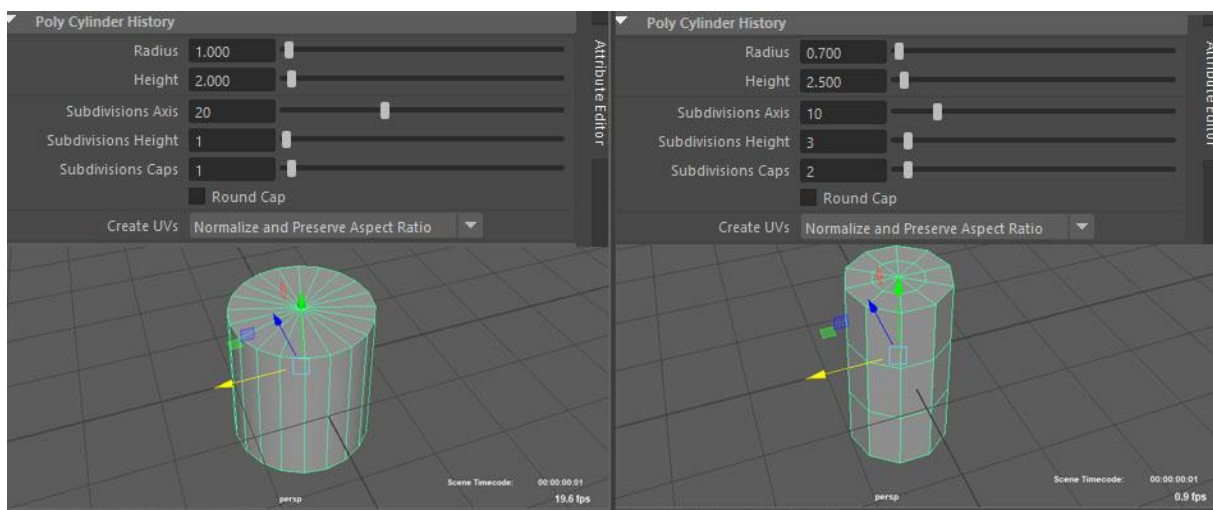
Εικ. 84: Symmetry Settings

Σε περίπτωση που θέλουμε να παράγουμε το αντίγραφο ενός αντικειμένου πηγαίνουμε στο μενού Edit > **Duplicate** (ή με το shortcut Ctrl+D) και δημιουργούμε ένα πανομοιότυπο αντικείμενο που έχει κληρονομήσει όλα τα χαρακτηριστικά του προηγούμενου. Σε περίπτωση που θέλουμε να κάνουμε πολλές αντιγραφές και κάθε νέο αντικείμενο να τοποθετείται συμμετρικά σε σχέση με τα άλλα, για παράδειγμα κάθε νέο

αντικείμενο να τοποθετείται μπροστά από το προηγούμενο κατά ένα μέτρο κ.ό.κ, τότε μπορούμε να επιλέξουμε στο Edit > **Duplicate Special** (Ctrl+Shift+D) και να αλλάξουμε τις ρυθμίσεις με βάση αυτό που θέλουμε να πετύχουμε.

Attribute Editor

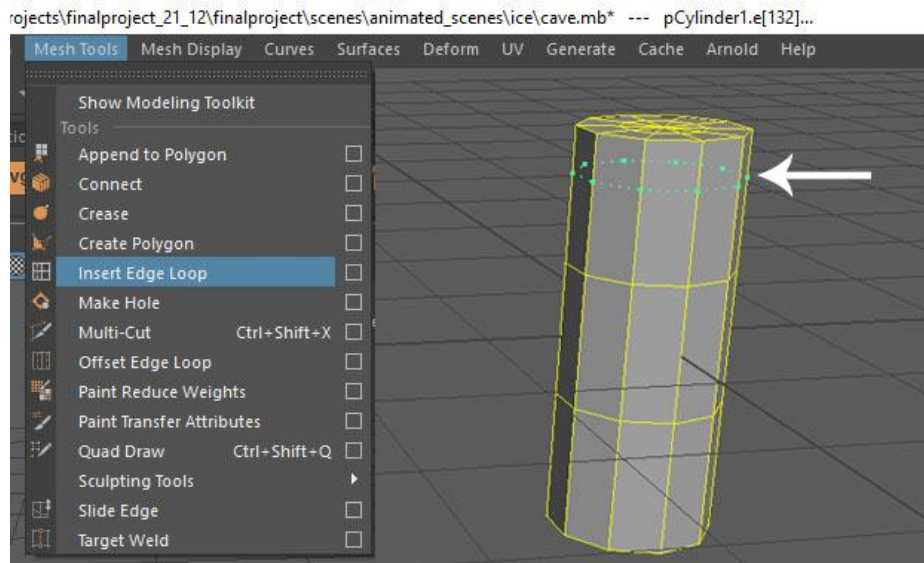
Αφού δημιουργήσουμε κάποιο από τα βασικά σχήματα που διαθέτει το πρόγραμμα μπορούμε να επεξεργαστούμε τα χαρακτηριστικά τους στο Attribute Editor. Κάθε σχήμα έχει κάποια κοινά χαρακτηριστικά και κάποια διαφορετικά. Για παράδειγμα, όλα διαθέτουν χαρακτηριστικά που επηρεάζουν τη γενική θέση του αντικειμένου, καθώς και το μέγεθος και την περιστροφή του (Transform Attributes). Οι διαφορές στις ρυθμίσεις ξεκινούν όσο προχωράμε στις καρτέλες του Attribute Editor. Δημιουργώντας έναν κύβο αυτόματα μπορούμε να ρυθμίσουμε ξεχωριστά το ύψος, το μήκος και το πλάτος καθώς και πόσες υποδιαιρέσεις (subdivisions) θα είχε κάθε ένα από αυτά στη γεωμετρία του. Σε μία σφαίρα θα μπορούσε να ρυθμιστεί η διάμετρος και οι υποδιαιρέσεις κάθετα και οριζόντια. Στο επόμενο παράδειγμα βλέπουμε έναν κύλινδρο στην αρχική του μορφή και στην τελική του, μετά από αλλαγές που έγιναν στα χαρακτηριστικά του.



Εικ. 85: Attribute Editor

Mesh Tools

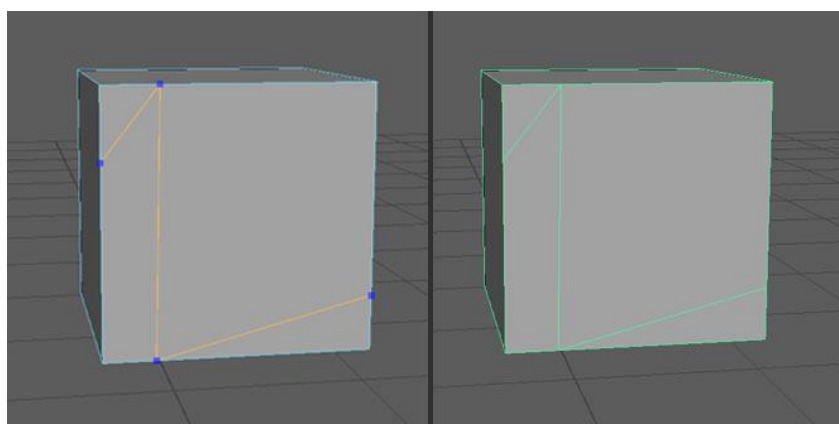
Στο κεντρικό μενού, η κατηγορία Mesh Tools διαθέτει κάποια εργαλεία που δε λείπουν από την εργασία ενός σχεδιαστή. Σε περίπτωση που θέλουμε να εισάγουμε ακμές, σε συγκεκριμένο μέρος πάνω στο αντικείμενο, πηγαίνουμε στο κεντρικό μενού κι επιλέγουμε Mesh Tools > **Insert Edge Loop**. Είναι ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο που χρησιμοποιείται πολύ συχνά στη μοντελοποίηση, ιδίως στον τρόπο [Box/Subdivision Modeling](#) που αναλύθηκε στη Θεωρητική Υποδομή.



Εικ. 86: Insert Edge Loop

Στην φωτογραφία παρατηρούμε ότι κάποια εργαλεία του μενού έχουν ένα τετράγωνο δίπλα από την ονομασία τους. Εάν το πατήσουμε εμφανίζεται ένα παράθυρο που αποτελείται από πρόσθετες ρυθμίσεις του εργαλείου, τις οποίες μπορεί ο κάθε χρήστης να αλλάξει κατά βούληση.

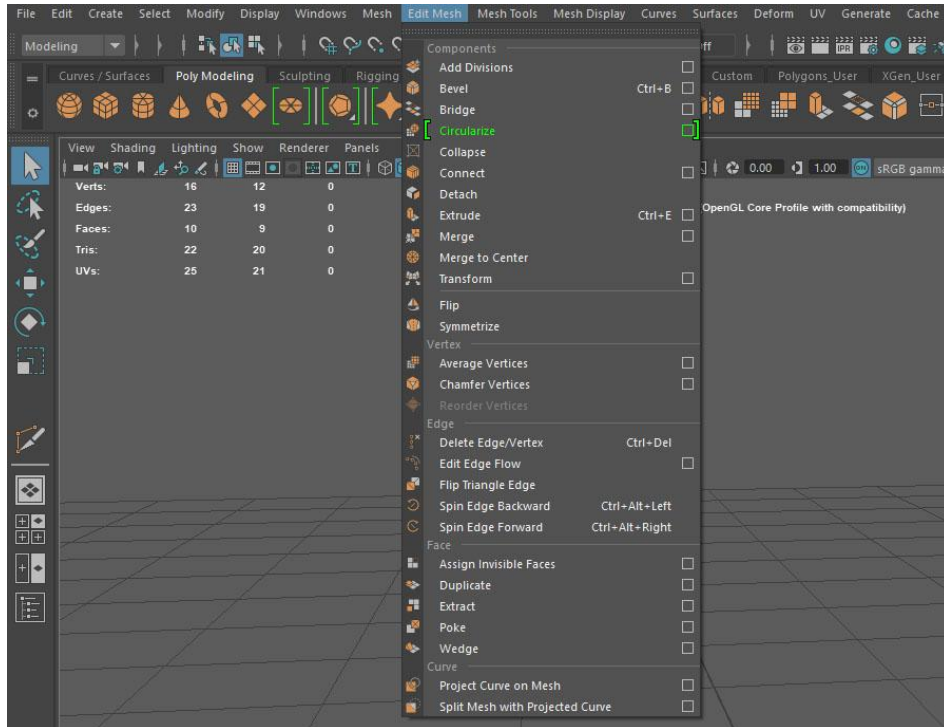
Ένα αντίστοιχο εργαλείο με το Insert Edge Loop είναι το **Multi-Cut** που αποκτάμε πρόσβαση πηγαίνοντας στο μενού Mesh Tools > Multi-Cut. Ενώ το Edge Loop δημιουργεί μόνο του ακμές και καθορίζει την αρχή και το τέλος τους, με το Multi-Cut ο χρήστης τοποθετεί μία ακμή τη φορά κι επιλέγει πού θα ξεκινήσει και πού θα τελειώσει. Έχει δηλαδή μεγαλύτερο έλεγχο και αυτό το εργαλείο είναι κατάλληλο για πολύπλοκα μοντέλα. Αυτό το εργαλείο θέλει όμως προσοχή, διότι για να είναι σωστό ένα τρισδιάστατο μοντέλο πρέπει να αποτελείται μόνο από τετράγωνα (ή μόνο από τρίγωνα σε άλλες περιπτώσεις), που σημαίνει ότι όλα τα σχήματα πρέπει να είναι το ίδιο πάνω σε ένα μοντέλο. Δηλαδή σε ένα πολύπλοκο μοντέλο που αποτελείται από τετράγωνα είναι λάθος να υπάρχουν τρίγωνα ή πολύγωνα.



Εικ. 87: Multi-Cut

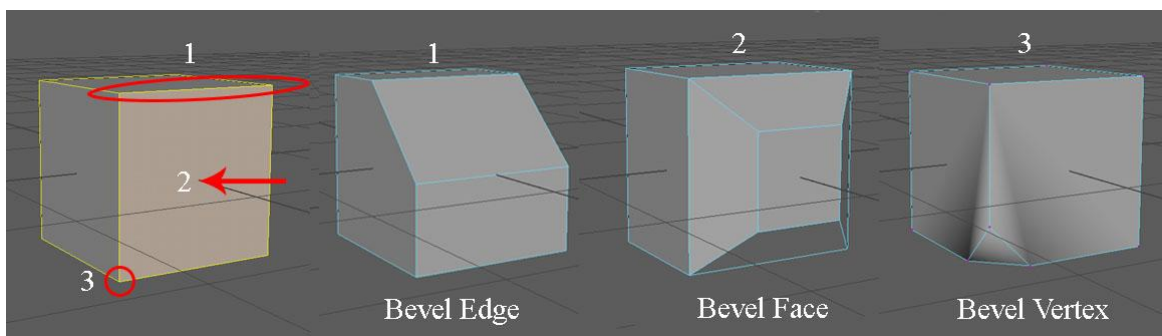
Edit Mesh

Μετά το Mesh Tools κάποια εργαλεία, που χρησιμοποιούνται και αυτά συχνά στο κεντρικό μενού του Modeling, βρίσκονται στο Edit Mesh. Θα αναλύσουμε τα πιο βασικά και αυτά που χρησιμοποιήθηκαν περισσότερο στην υλοποίηση της εργασίας.



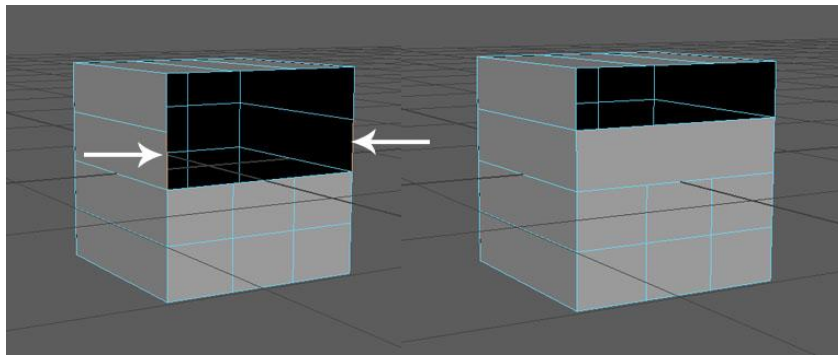
Εικ. 88: Edit Mesh

Με το **Add Divisions** προστίθεται γεωμετρία σε όλο το μοντέλο και μπορούμε να επιλέξουμε εάν θέλουμε η γεωμετρία του να διπλασιαστεί ή να τριπλασιαστεί κ.ό.κ. Με το **Flip** το αντικείμενο κάνει περιστροφή 180 μοιρών, ανάλογα με τον άξονα που έχουμε επιλέξει στις ρυθμίσεις του εργαλείου. Το **Collapse** διαγράφει μία ακμή ή μία έδρα ενός πλέγματος χωρίς να αφήνει κενό στο αντικείμενο, κάνοντας αυτόματα τις συνδέσεις με την υπόλοιπη γεωμετρία. Το **Bevel** μπορεί να εφαρμοστεί σε ολόκληρο το μοντέλο, στις κορυφές του, στις ακμές του και στις έδρες του και ουσιαστικά υποδιαιρεί την επιφάνεια που έχουμε επιλέξει.



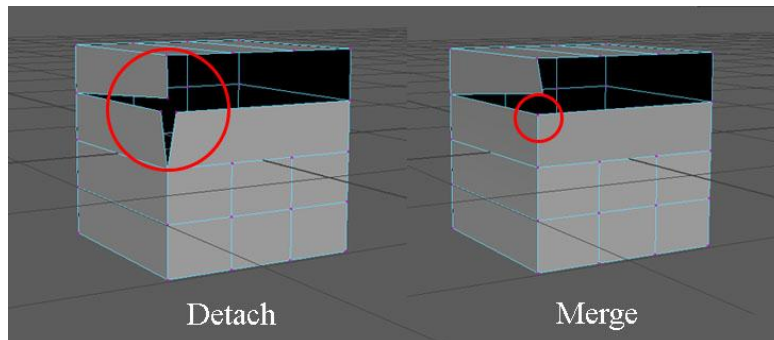
Εικ. 89: Bevel

Το **Bridge** δημιουργεί πλέγμα μεταξύ δύο ακμών που έχουμε επιλέξει.



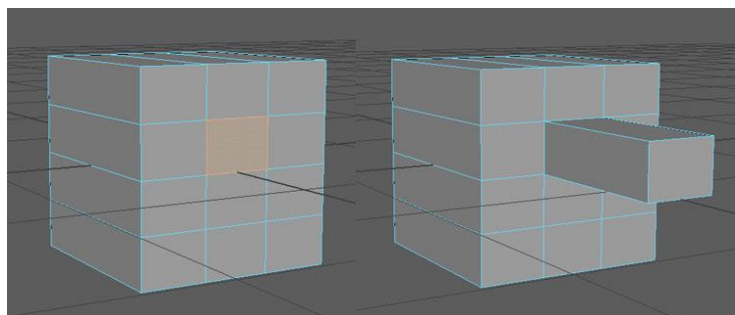
Εικ. 90: Bridge

Το **Detach** χωρίζει τις επιφάνειες του αντικειμένου που έχουμε επιλέξει, ενώ το **Merge** ενώνει όσες επιφάνειες ίδιου είδους έχουμε επιλέξει (για παράδειγμα μόνο ακμές, όχι ακμές με κορυφές). Για να τις ενώσει πρέπει οι επιλεγμένες επιφάνειες να βρίσκονται πολύ κοντά μεταξύ τους.



Εικ. 91: Detach & Merge

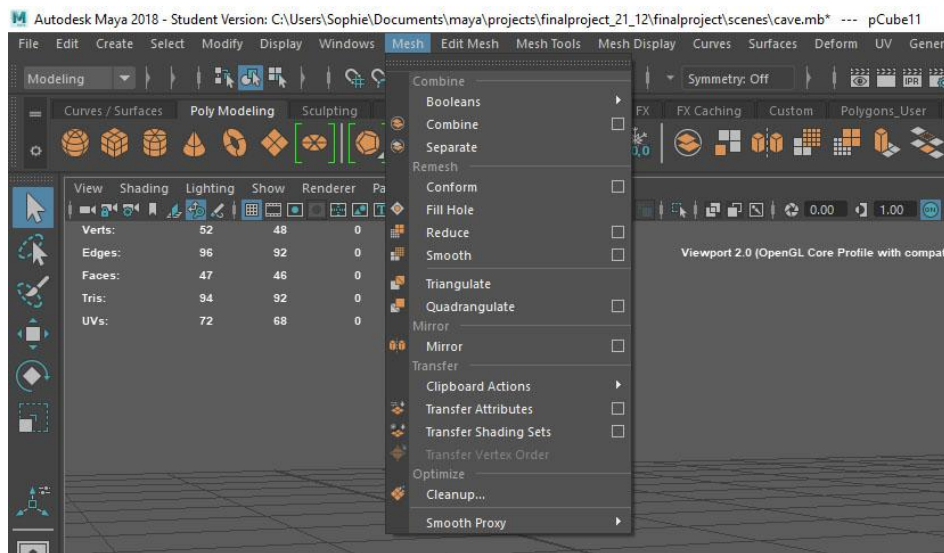
Ένα ακόμα πολύ χρήσιμο εργαλείο στη μοντελοποίηση είναι το **Extrude** (Ctrl+E). Για να λειτουργήσει επιλέγουμε όποια επιφάνεια επιθυμούμε και εκτελώντας το, εξωθεί την επιλεγμένη επιφάνεια προς την κατεύθυνση που του υποδεικνύουμε. Το Extrude χρησιμοποιείται πολύ στην περίπτωση που θέλουμε να δημιουργήσουμε ένα πολύπλοκο μοντέλο. Ξεκινάμε με ένα επίπεδο σχήμα (Planar) και κάνουμε συνεχώς Extrude τις ακμές, με αποτέλεσμα να αρχίσει να σχηματίζεται βήμα-βήμα, το μοντέλο που θέλουμε να σχεδιάσουμε.



Εικ. 92: Extrude σε Έδρα

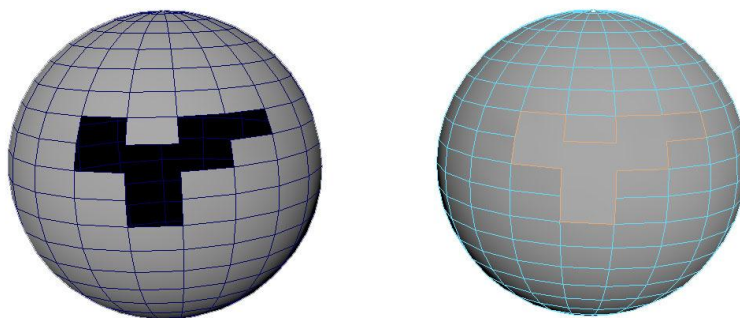
Mesh

Το Mesh είναι ακόμα μία κατηγορία που ανήκει στο κεντρικό μενού και της οποίας κάποια εργαλεία χρησιμοποιήθηκαν συχνά στην εργασία. Πιο συγκεκριμένα, εάν επιλέξουμε δύο ή παραπάνω μοντέλα και ταυτόχρονα την επιλογή **Combine**, τα μοντέλα πλέον θα είναι ένα αντικείμενο. Για παράδειγμα έστω ότι ξεκινάμε να φτιάχνουμε ένα τραπέζι και αφού κατασκευάσουμε τη βάση του, δημιουργούμε και τέσσερα πόδια. Χρησιμοποιώντας το Combine από πέντε αντικείμενα θα γίνουν ένα. Σε περίπτωση που για οποιονδήποτε λόγο θέλουμε να το επαναφέρουμε στην προηγούμενή του κατάσταση, επιλέγουμε από το μενού Mesh > **Separate** και τα ξεχωρίζει πάλι. Υπάρχει και μία άλλη εντολή που μοιάζει λίγο με το Combine που ονομάζεται **Group**. Σε αυτήν την περίπτωση εάν επιλέξουμε τη βάση και τα πόδια του τραπεζιού και πατήσουμε Ctrl+G τα αντικείμενα ανήκουν στην ίδια ομάδα και μπορούμε να επιλέξουμε και να αλλάξουμε το μέγεθος και τη θέση της ομάδας, με τη διαφορά ότι στη σκηνή βρίσκονται ακόμα πέντε αντικείμενα και μπορεί να γίνει επεξεργασία και στο κάθε ένα ξεχωριστά.



Εικ. 93: Mesh

Το **Fill Hole** μπορεί να γεμίσει με γεωμετρία ένα κενό σε κάποιο αντικείμενο, με την προϋπόθεση να τέμνονται οι ακμές της αρχής και του τέλους που θα γεμίσουν, να δημιουργείται δηλαδή μία λούπα. Η διαφορά με το εργαλείο Bridge είναι ότι εκείνο δημιουργεί γεωμετρία ανάμεσα σε δύο ακμές, ενώ το Fill Hole σε πολλές.



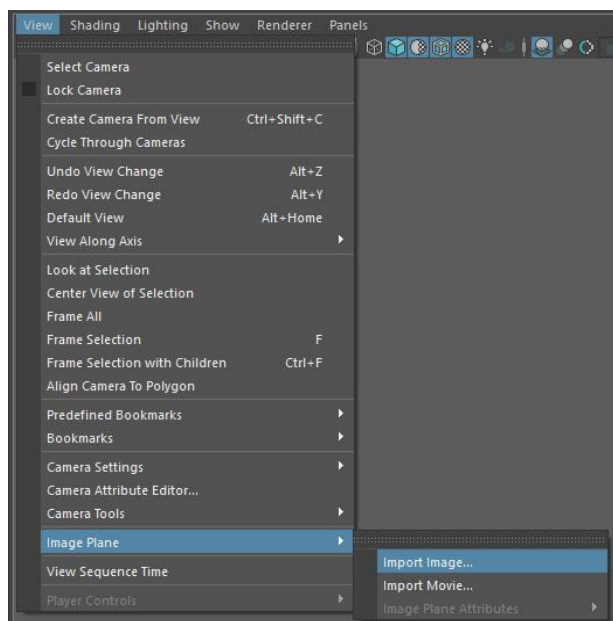
Εικ. 94: Fill Hole

Συνεχίζοντας με τα εργαλεία, το **Reduce** μειώνει τη γεωμετρία ενός μοντέλου, ενώ το **Smooth** την αυξάνει. Το **Mirror** δημιουργεί ένα ακριβές αντίγραφο ενός αντικειμένου που επιλέξαμε αλλά, σε αντίθεση με το Duplicate που είδαμε παραπάνω, στο τέλος δεν έχουμε δύο αντικείμενα, αλλά ένα. Αυτό το εργαλείο χρησιμοποιείται πολύ εάν έχει δημιουργηθεί ένα σύνθετο μοντέλο, όπως για παράδειγμα το μισό ενός ανθρώπινου χαρακτήρα και αφού έχουμε τελειώσει τη βασική μοντελοποίηση, επιλέγουμε το εργαλείο Mirror και αυτόματα δημιουργεί το άλλο μισό και δε χρειάζεται να κάνουμε Combine, διότι είναι ήδη ένα μοντέλο.

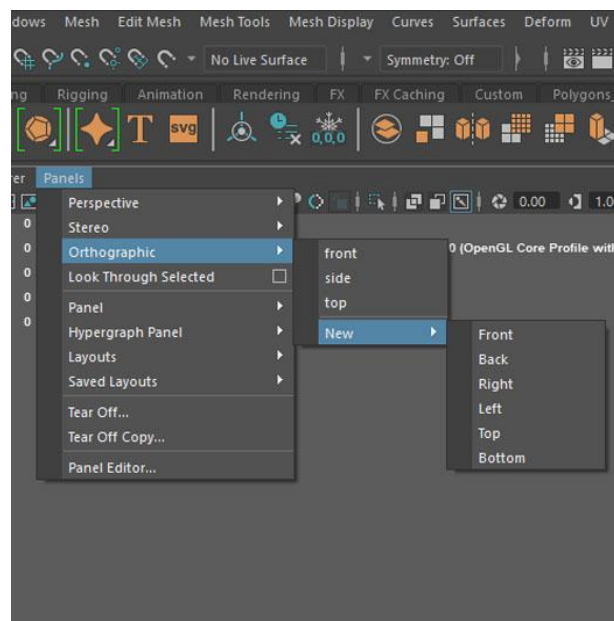
Viewports

Όπως αναφέραμε στην περιγραφή του γραφικού περιβάλλοντος του Maya, αποτελείται από 4 viewports που ουσιαστικά δείχνουν το περιεχόμενο των προεγκατεστημένων καμερών. Μπορούν να δείξουν τη σκηνή από πάνω (top), από κάτω (bottom), από μπροστά (front), από πίσω (back), από τα δεξιά (right), από τα αριστερά (left) και τέλος με προοπτική (perspective), όπου ο σχεδιαστής μπορεί να περιηγηθεί με το ποντίκι στη σκηνή. Όλα τα viewports είναι απαραίτητα κατά τη σχεδίαση τρισδιάστατων μοντέλων και για την αποφυγή λαθών όλες οι κάμερες, εκτός από την perspective, είναι κλειδωμένες στη θέση τους και δε μπορούν να μετακινηθούν κατά λάθος. Επιπλέον, κάθε viewport έχει ένα μενού και εικονίδια στο πάνω μέρος του και θα αναλυθούν αυτά που χρησιμοποιήθηκαν περισσότερο.

Εάν ο σχεδιαστής χρειαστεί μία φωτογραφία για να έχει ως αναφορά κατά τη σχεδίαση ενός πολύπλοκου μοντέλου, π.χ. τη φωτογραφία ενός προσώπου, τότε θα πάει στο κατάλληλο viewport και θα επιλέξει από το μενού View > Image Plane > **Import Image**. Εάν είναι φωτογραφία προφίλ θα πάει στο viewport που δείχνει τη σκηνή είτε από δεξιά είτε από αριστερά, εάν είναι μια κανονική φωτογραφία προσώπου που κοιτάει μπροστά, θα την εισάγει στο front viewport.



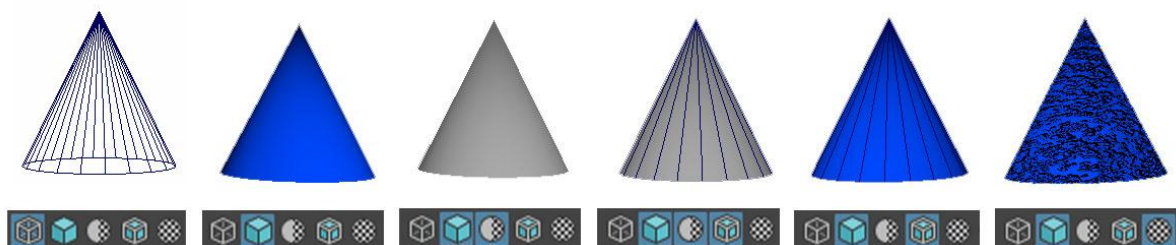
Εικ. 95: Import Image



Εικ. 96: Αλλαγή Κάμερας στα Viewports

Σε περίπτωση που θέλουμε να αλλάξουμε τις κάμερες στα Viewports πηγαίνουμε στο μενού τους και επιλέγουμε Panels > Orthographic > Την κάμερα που θέλουμε. Εάν θέλουμε κάμερες που μπορούμε να μετακινήσουμε για να περιηγηθούμε στη σκηνή (όπως είναι η προ-εγκατεστημένη perspective κάμερα, καθώς και όλες οι καινούριες κάμερες που δημιουργούνται από τον σχεδιαστή), τότε πηγαίνουμε στην ίδια κατηγορία στο μενού κι επιλέγουμε Panels > Perspective > και το όνομα της κάμερας.

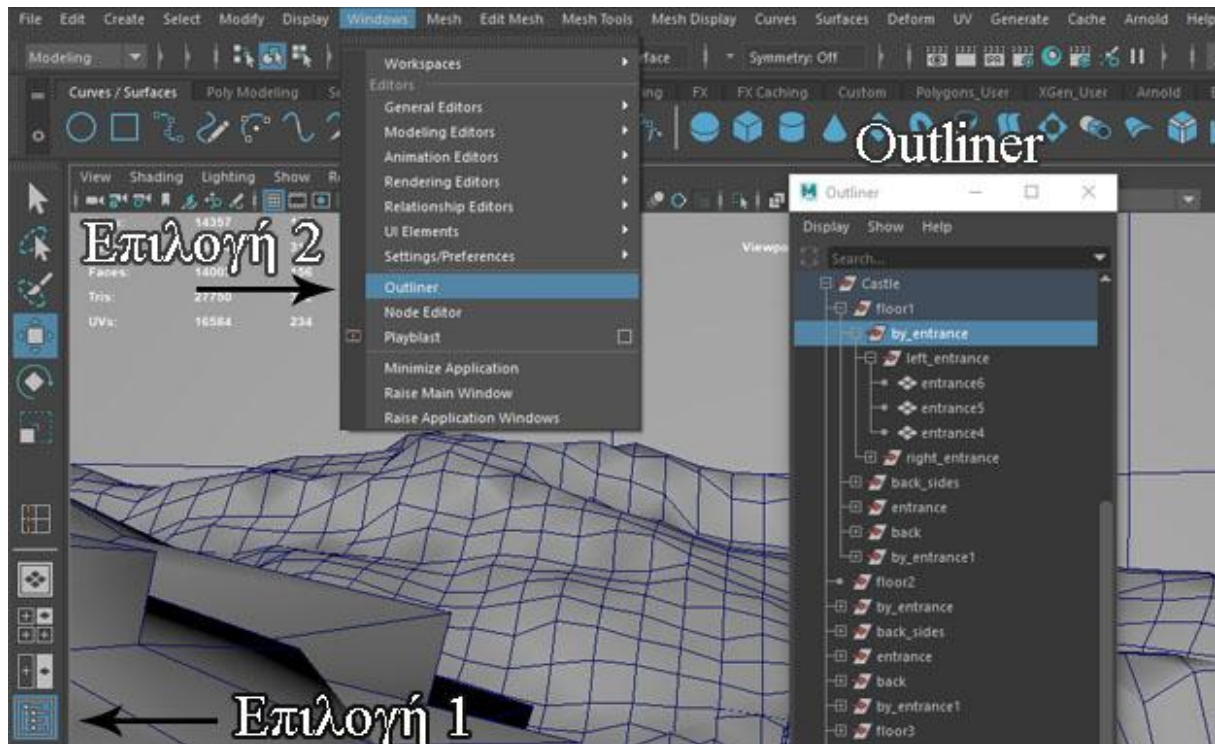
Κάτω από το μενού των Viewports έχει κάποια εικονίδια τα οποία καθορίζουν το πως θα φαίνεται ένα αντικείμενο στη σκηνή μας. Η επόμενη εικόνα δείχνει το αποτέλεσμα ανάλογα με την κάθε επιλογή. Στον κώνο που βρίσκεται στην σκηνή έχει εφαρμοστεί χρώμα και υφή. Παρόλα αυτά εάν είναι επιλεγμένο το 1^ο εικονίδιο φαίνεται μόνο το περίγραμμά του, ενώ εάν είναι επιλεγμένο το 2^ο εικονίδιο με τον μπλε κύβο, θα δείχνει τη στερεά του μορφή και το χρώμα που του έχει εφαρμοστεί. Το εικονίδιο με τον κύκλο δείχνει μόνο το βασικό σχήμα του αντικειμένου, το επόμενο εμφανίζει τις ακμές του και το τελευταίο με τη σκακιέρα εμφανίζει τις υφές (textures).



Εικ. 97: Viewport Settings

Outliner

Όταν έχουν δημιουργηθεί πολλά μοντέλα στην σκηνή, για να έχουμε τον έλεγχο, ειδικά εάν η σκηνή είναι μεγάλη και αποτελείται από πολλά αντικείμενα, ανοίγουμε το Outliner. Το Outliner είναι ένα παράθυρο που χρησιμοποιείται συνεχώς, διότι βοηθάει στην οργάνωση της σκηνής. Εμφανίζει σε λίστα οτιδήποτε έχουμε δημιουργήσει στη σκηνή, όπως αντικείμενα, κάμερες, φώτα ακόμα και Dynamics. Επιπλέον, εμφανίζονται με βάση την ιεραρχία που τους έχουμε δώσει. Για παράδειγμα, μπορούμε να φτιάξουμε ένα Group με το όνομα Living Room και μέσα σε αυτό να υπάρχει Table και Couch και μέσα σε αυτά να υπάρχουν τα πολύγωνα που τα απαρτίζουν, με τα ονόματα που δώσαμε στο Attribute Editor όταν τα δημιουργήσαμε. Τα ονόματα πρέπει να είναι στα αγγλικά και στο Outliner υπάρχει η δυνατότητα να αλλάξουν τα ονόματα και οι ιεραρχίες και να γίνει επιλογή ενός ή πολλών αντικειμένων στη σκηνή.



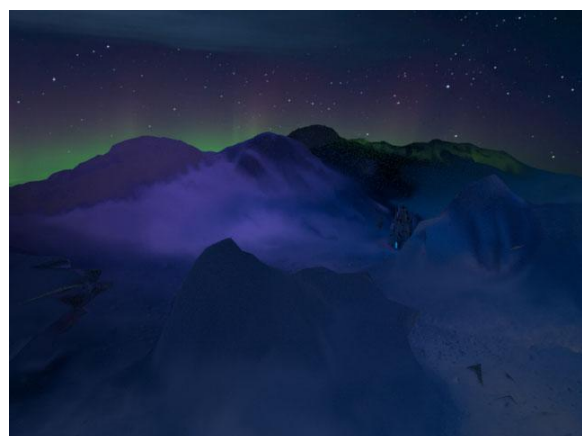
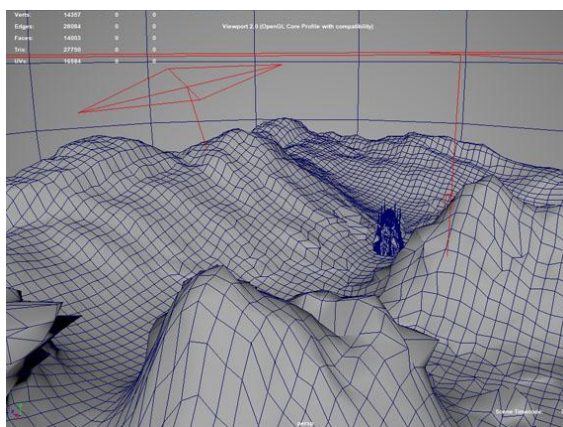
Εικ. 98: Outliner

Μπορεί κανείς να ανοίξει το παράθυρο του Outliner είτε από το εικονίδιο στα αριστερά του προγράμματος που απεικονίζεται στη φωτογραφία, είτε από το κεντρικό μενού στην κατηγορία Windows.

4.2.2 Object Modeling – Μοντελοποίηση Αντικειμένων

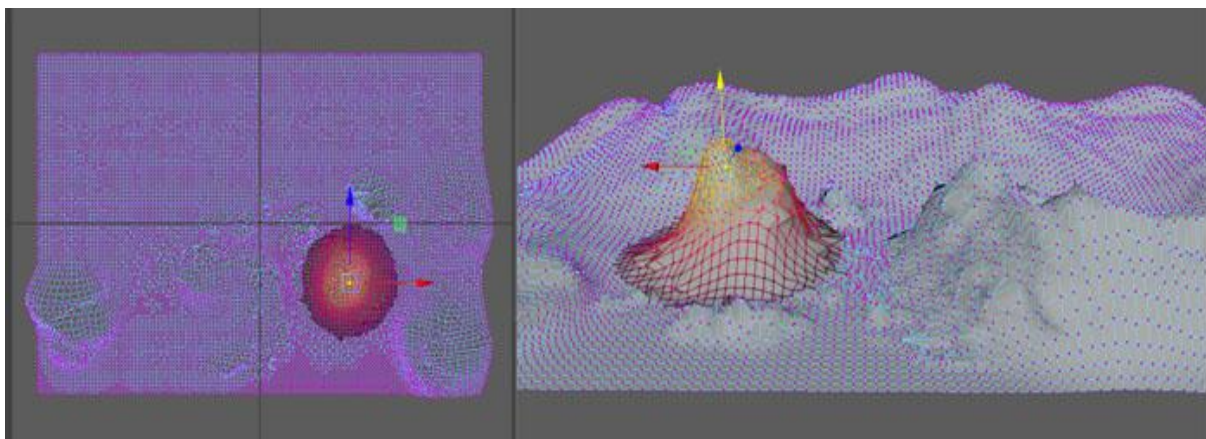
1^η Σκηνή

Για τη μοντελοποίηση των αντικειμένων των σκηνών χρησιμοποιήθηκαν διάφορες μέθοδοι, ανάλογα με την απαίτηση της κάθε σκηνής. Στην πρώτη σκηνή του βίντεο παρατηρούμε ένα τοπίο με παγόβουνα.



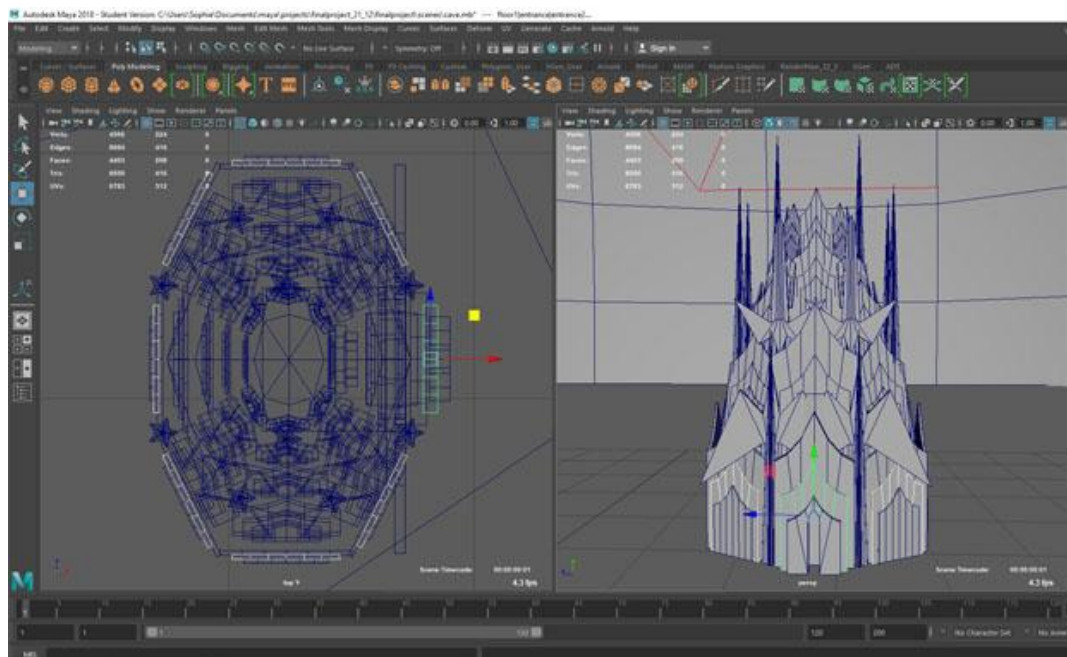
Εικ. 99: 1η Σκηνή

Για να δημιουργηθούν τα παγόβουνα αρχικά έγινε εισαγωγή στη σκηνή ενός έτοιμου planar, επίπεδου δηλαδή, ορθογώνιου σχήματος. Αυτό μπορεί να βρεθεί και στις καρτέλες και στο μενού μαζί με όλα τα υπόλοιπα σχήματα, όπως η σφαίρα και ο κύλινδρος. Αυξήσαμε τη γεωμετρία του με τα Subdivisions στο Attribute Editor ούτως ώστε να μπορέσουμε να προσθέσουμε περισσότερη λεπτομέρεια. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκαν αλλαγές στο Move Tool και ενεργοποιήθηκε το Soft Selection για να μετακινήσουμε τις κορυφές του επίπεδου σχήματος προς τα πάνω για να δημιουργηθούν εξογκώματα. Για την προσθήκη λεπτομερειών χρησιμοποιήθηκαν εργαλεία γλυπτικής από τις καρτέλες, για να δημιουργήσουν πιο έντονες εξοχές σε κάποιες περιοχές. Η ψηφιακή γλυπτική θα αναλυθεί εκτενώς παρακάτω.



Εικ. 100: Μοντελοποίηση Βουνών με Soft Selection

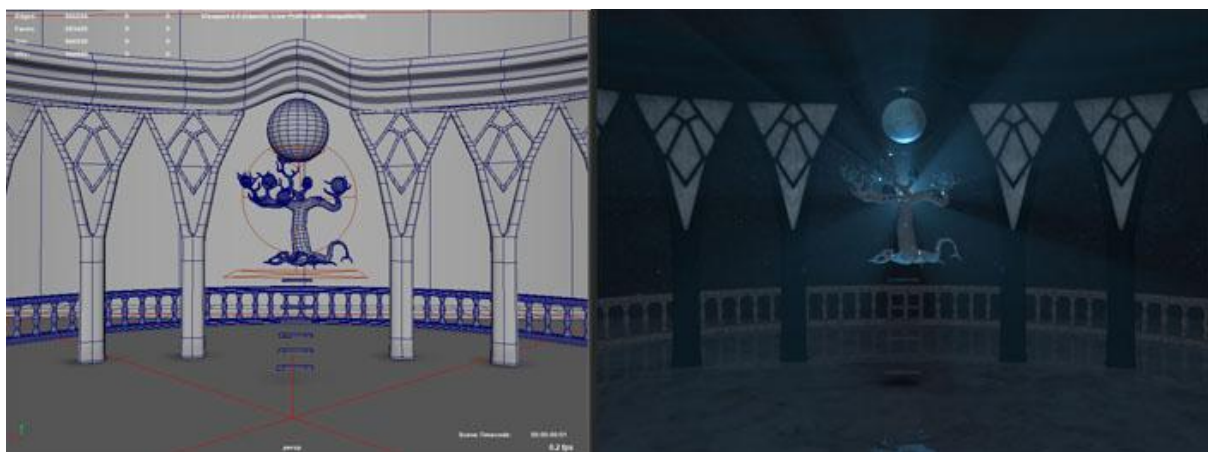
Στην ίδια σκηνή υπάρχει ένα κτίριο. Η δημιουργία του κτιρίου πραγματοποιήθηκε ενώνοντας (κάνοντας Combine) πολλά απλά σχήματα μαζί. Ξεκινώντας από κύβους, έγιναν αλλαγές στις διαστάσεις τους και μετακινώντας κάποιες κορυφές τους δημιουργήθηκαν τα επιθυμητά σχήματα. Στη συνέχεια, με την εντολή Duplicate αντιγράφηκαν και δημιουργήθηκαν πολλά από τα αντικείμενα και τοποθετήθηκαν σε τέτοιες θέσεις ούτως ώστε να δημιουργήσουν ένα οκτάγωνο. Μετά επιλέχθηκαν αυτά τα οκτώ πολύγωνα, ξαναέγιναν Duplicate και τα νέα αντικείμενα επεξεργάστηκαν με σκοπό να μικρύνει το μέγεθός τους και τοποθετήθηκαν λίγο ψηλότερα. Αυτή η διαδικασία συνεχίστηκε μέχρι την κορυφή κτιρίου. Τέλος, οι κολόνες δημιουργήθηκαν με Gears (έτοιμο μοντέλο όπως ο κύβος, που μοιάζει με γρανάζι) που επεξεργάστηκαν στο Attribute Editor για να είναι ψηλότερα και να αποκτήσουν λεπτότερη κορυφή.



Εικ. 101: Μοντελοποίηση Κτιρίου

2^η Σκηνή

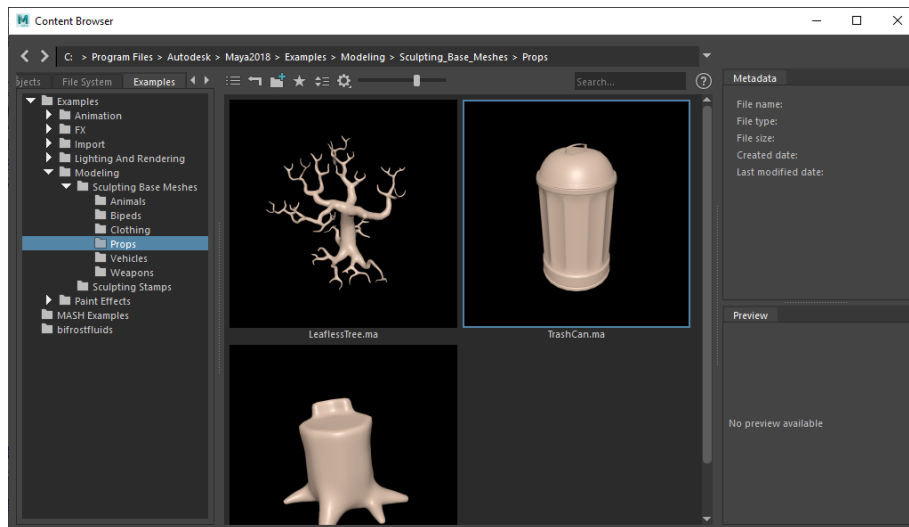
Η δεύτερη σκηνή της ταινίας μικρού μήκους αποτελείται από ένα έτοιμο δέντρο, ακολουθήθηκε δηλαδή [Διαδικαστική Μοντελοποίηση](#) (Procedural Modeling), όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Περιέχει επίσης κολόνες με ένα κτίσμα και μπαλκόνι. Οι σκάλες προς το δέντρο είναι απλά κύβοι που μετατράπηκαν στο Attribute Editor σε ορθογώνια παραλληλεπίπεδα και οι μπάλες στο δέντρο και το φεγγάρι, είναι απλές σφαίρες που άλλαξαν τα μεγέθη τους. Το κτίσμα πάνω από τις κολόνες ξεκίνησε από ένα απλό σχήμα κυλίνδρου και αλλάζοντας τη δομή του στο Attribute Editor και κάνοντας Extrude κάποιες επιφάνειες, δημιουργήθηκε το τελικό αποτέλεσμα.



Εικ. 102: 2η Σκηνή

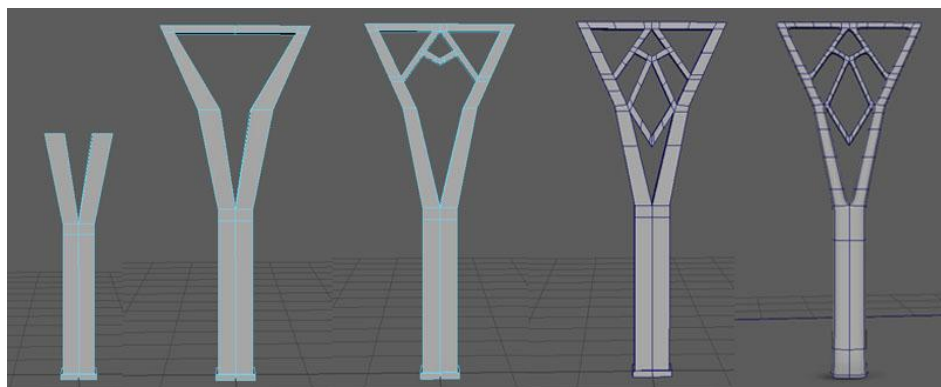
Το Maya διαθέτει κάποια έτοιμα μοντέλα, τα οποία μπορούν να βρεθούν από το κεντρικό μενού Generate > Get Brush. Εκεί θα εμφανιστεί ένα νέο παράθυρο όπου βρίσκονται κατηγοριοποιημένα διάφορα παραδείγματα από όλα τα είδη που διαθέτει το

πρόγραμμα. Πηγαίνοντας στο Modeling > Props επιλέγουμε το δέντρο και το εισάγουμε στη σκηνή.



Εικ. 103: Get Brush

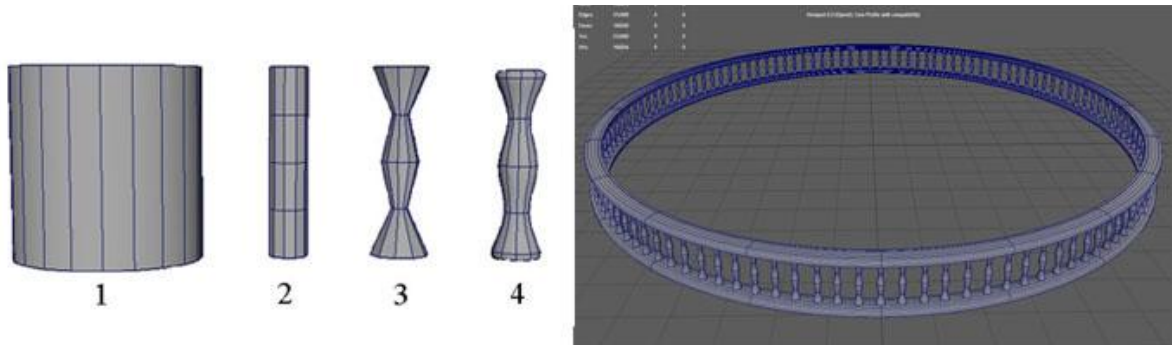
Οι κολόνες δημιουργήθηκαν ξεκινώντας από έναν κύβο που αλλάξαμε το σχήμα του στο Attribute Editor σε ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο. Κατόπιν επιλέχθηκαν δύο έδρες στην κορυφή του και με το εργαλείο Extrude (shortcut Ctrl+E) προωθήθηκαν προς τα πάνω. Έπειτα με το Insert Edge Loop δημιουργήθηκαν νέα τμήματα με σκοπό να γίνουν και αυτά Extrude. Για την ολοκλήρωση του αντικειμένου χρησιμοποιήθηκε και το εργαλείο Merge (στο μενού Edit Mesh > Merge) όπου ενώθηκαν τα άκρα της κολόνας στην κορυφή, καθώς και τα υπόλοιπα τμήματα της κολόνας, που έγιναν Extrude, μεταξύ τους. Εάν θέλουμε να φαίνεται ένα αντικείμενο πιο λείο και με λιγότερες άγριες επιφάνειες, χωρίς όμως να προσθέσουμε πολλή γεωμετρία, επιλέγουμε το αντικείμενο και πατάμε το 3. Με το 1 επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση. Μπορούμε να δούμε τη διαφορά στην εμφάνιση στην παρακάτω εικόνα μεταξύ της προτελευταίας και της τελευταίας κολόνας.



Εικ. 104: Μοντελοποίηση Κολόνας

Για τη δημιουργία μπαλκονιού η διαδικασία ξεκίνησε με έναν κύλινδρο του οποίου άλλαξαν οι παράμετροι στο Attribute Editor. Μίκρυνε η ακτίνα του, μειώθηκαν οι υποδιαιρέσεις του άξονα και προστέθηκαν υποδιαιρέσεις στο ύψος του. Εν συνεχεία, φέραμε

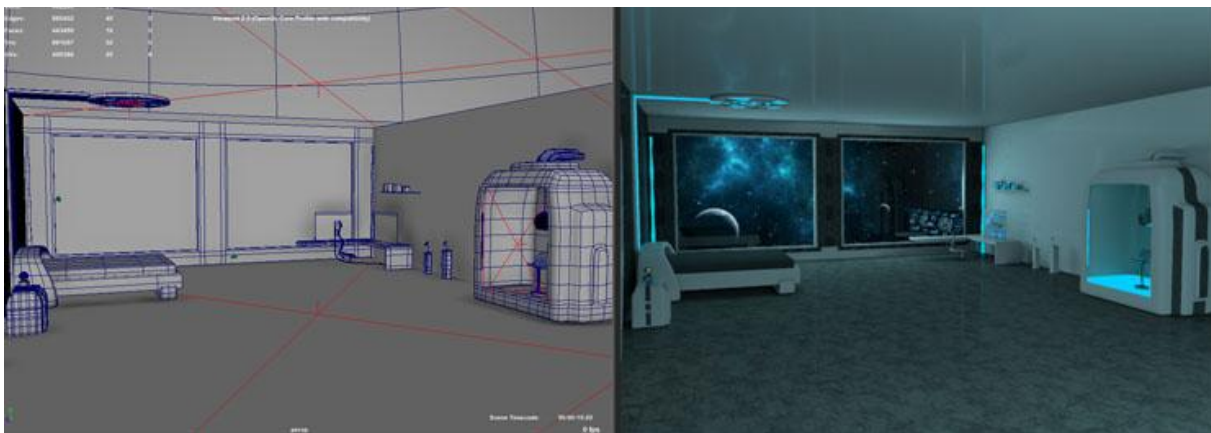
το αντικείμενο σε κατάσταση για να επεξεργαστούμε τις κορυφές του και αφού επιλέχθηκαν, με το Scale Tool τις συρρικνώσαμε για να έχουμε το αποτέλεσμα 3 της Εικόνας 101. Τέλος, με επιλεγμένο το μοντέλο, πατήθηκε στο πληκτρολόγιο ο αριθμός 3 για να το φέρουμε σε μορφή Smooth και αντιγράφηκε πολλές φορές με το Duplicate.



Εικ. 105: Μοντελοποίηση Μπαλκονιού

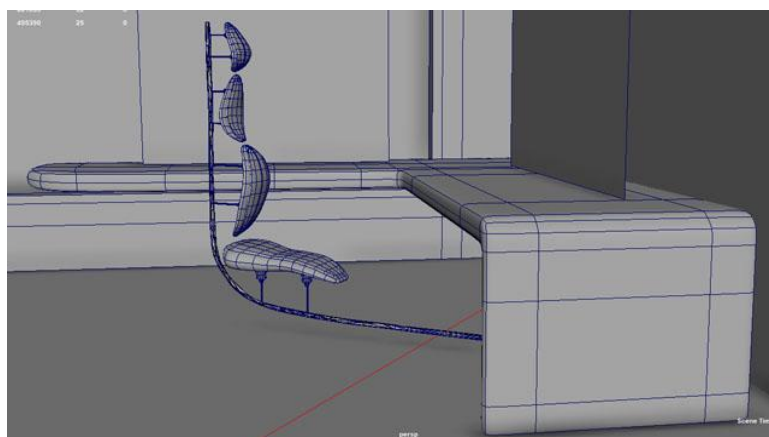
3^η Σκηνή

Η τρίτη σκηνή αποτελείται από ένα δωμάτιο με διάφορα έπιπλα που δημιουργήθηκαν με την επεξεργασία βασικών στερεών σχημάτων. Το κρεβάτι και το κομοδίνο αποτελούνται από κύβους και χρησιμοποιώντας τον τρόπο μοντελοποίησης [Subdivision Modeling](#) προστέθηκαν Subdivisions με το εργαλείο Insert Edge Loop και επεξεργάστηκαν οι ακμές τους για να αλλάξει το βασικό τους σχήμα.



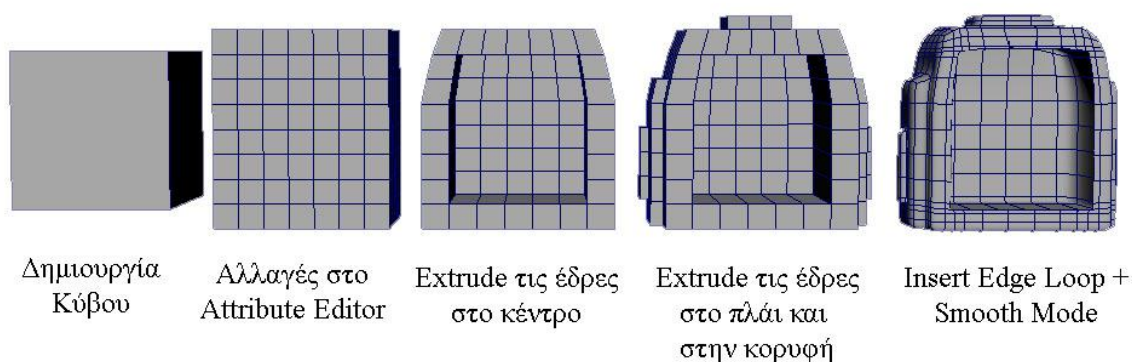
Εικ. 106: 3η Σκηνή

Η πλάτη της καρέκλας δημιουργήθηκε με τρεις σφαίρες των οποίων άλλαξαν οι διαστάσεις τους στο Attribute Editor, μειώνοντας το πλάτος τους. Στη συνέχεια μεταποιήθηκε το σχήμα τους μετακινώντας τα vertices που βρίσκονται στο κέντρο του πλέγματος με Soft Selection, ούτως ώστε να δημιουργηθεί μία καμπύλη. Το κάθισμα της καρέκλας δημιουργήθηκε από κύβο που του δόθηκε η τελική μορφή μεταποιώντας τις κορυφές του. Το γραφείο ξεκίνησε να κατασκευάζεται από έναν κύβο στον οποίο, αφού δόθηκε το επιθυμητό σχήμα, έγιναν Extrude οι έδρες που βρίσκονται στο πάνω μέρος του πλέγματος για να φτάσει στην τελική του μορφή.



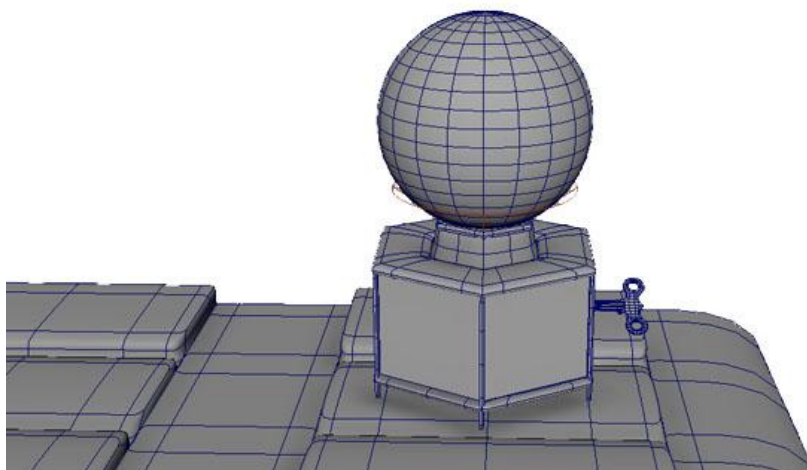
Εικ. 107: Μοντελοποίηση καρέκλας και γραφείου

Η χρονομηχανή, που απεικονίζεται στα δεξιά της σκηνής στην εικόνα 102, κατασκευάστηκε σύμφωνα με τα παρακάτω βήματα. Αρχικά δημιουργήθηκε ο κύβος κι επεξεργάστηκαν τα χαρακτηριστικά του στον Attribute Editor όπου του προστέθηκαν υποδιαίρεσεις. Εν συνεχεία, έγιναν Extrude (Ctrl+E) προς τα μέσα οι έδρες στο κέντρο του πλέγματος, και προς τα έξω στην κορυφή και στο πλάι. Επειδή είναι ένα συμμετρικό μοντέλο, ενεργοποιήθηκε το Symmetry Settings ως προς τον άξονα z στα εργαλεία μετακίνησης και με αυτόν τον τρόπο αφού επιλέχθηκαν οι έδρες στα δεξιά του πλέγματος, επιλέχθηκαν αυτόματα και στα αριστερά, που αυτό σημαίνει ότι η εντολή Extrude εφαρμόστηκε ταυτόχρονα και στις δύο πλευρές. Τέλος, προστέθηκαν με το Insert Edge Loop κάποιες ακμές και βάλαμε το μοντέλο σε Smooth Mode.



Εικ. 108: Μοντελοποίηση χρονομηχανής

Το μουσικό κουτί που υπάρχει στην σκηνή αποτελείται από μία σφαίρα, έξι κυλίνδρους που στηρίζουν όλο το μοντέλο, τέσσερα πλέγματα σε σχήμα εξάγωνου, που δημιουργήθηκαν μετά από επεξεργασία κυλίνδρων και το κουρδιστήρι που δημιουργήθηκε με διαφορετικό τρόπο από ό,τι έχουμε δει μέχρι τώρα.



Εικ. 109: Μοντελοποίηση μουσικού κουτιού

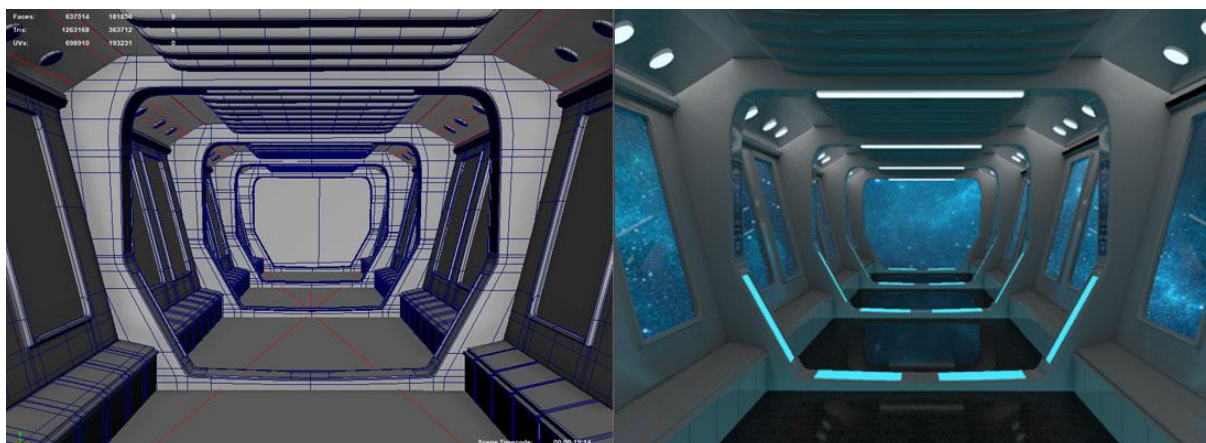
Για να σχεδιαστεί εισήχθη μια δισδιάστατη φωτογραφία στη σκηνή, η οποία απεικονίζει ένα κουρδιστήρι που χρησιμοποιήθηκε σαν σημείο αναφοράς (reference). Αυτή η τεχνική συνηθίζεται να χρησιμοποιείται σε μοντέλα που είναι πιο δύσκολο να κατασκευαστούν μόνο από τη μνήμη. Οπότε σε αυτήν την περίπτωση ξεκίνησε ο σχεδιασμός τοποθετώντας έναν κύβο στη σκηνή, ενεργοποιώντας το Symmetry Settings και κάνοντας Extrude τις ακμές του και επεξεργάζοντάς τις στην πορεία με τα βασικά εργαλεία μετατόπισης (Move Tool), περιστροφής (Rotate Tool) και μεγέθυνσης (Scale Tool).



Εικ. 110: Μοντελοποίηση με Image Reference

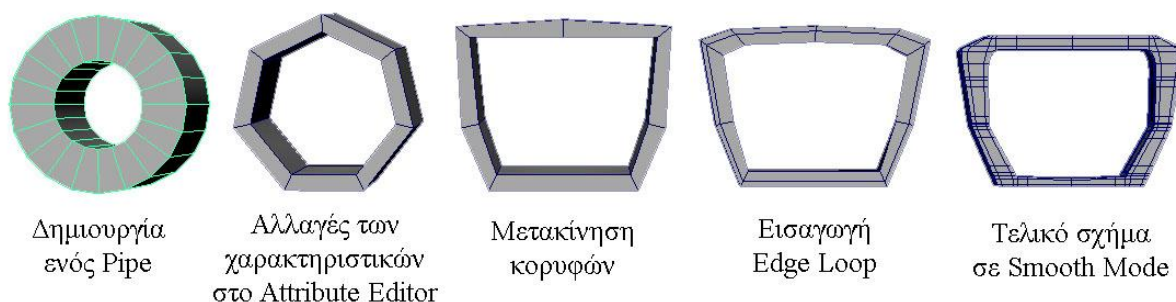
4^η Σκηνή

Συνεχίζοντας στην 4^η σκηνή που εμφανίζεται στο βίντεο βλέπουμε ότι αποτελείται από ένα διάδρομο οποίος απαρτίζεται από κάποια βασικά σχήματα κύβου. Για παράδειγμα τα παράθυρα, στα δεξιά και στα αριστερά της σκηνής, δημιουργήθηκαν ξεκινώντας από έναν κύβο και δίνοντάς του το βασικό σχήμα στο Attribute Editor. Στη συνέχεια εισάγοντας ακμές με το Insert Edge Loop δημιουργήσαμε τη βάση του περιγράμματος και επιλέγοντας τις νέες έδρες που κατασκευάστηκαν, έγιναν Extrude με αποτέλεσμα να δημιουργήσει εξογκώματα στο περίγραμμα των παραθύρων.



Εικ. 111: 4η Σκηνή

Για τη δημιουργία των βάσεων του διαδρόμου χρειάστηκε η εισαγωγή ενός pipe (έτοιμο στερεό, όπως ο κύλινδρος, σε σχήμα σωλήνα). Στη συνέχεια έγιναν αλλαγές στα χαρακτηριστικά του στο Attribute Editor στο μέγεθος της τρύπας του σωλήνα και στον αριθμό των υποδιαιρέσεων. Έπειτα φέραμε το αντικείμενο σε κατάσταση για να μπορούμε να επεξεργαστούμε τις κορυφές του. Αυτό έγινε επιλέγοντάς το και κάνοντας δεξί κλικ στη σκηνή και επιλογή vertex, όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή.

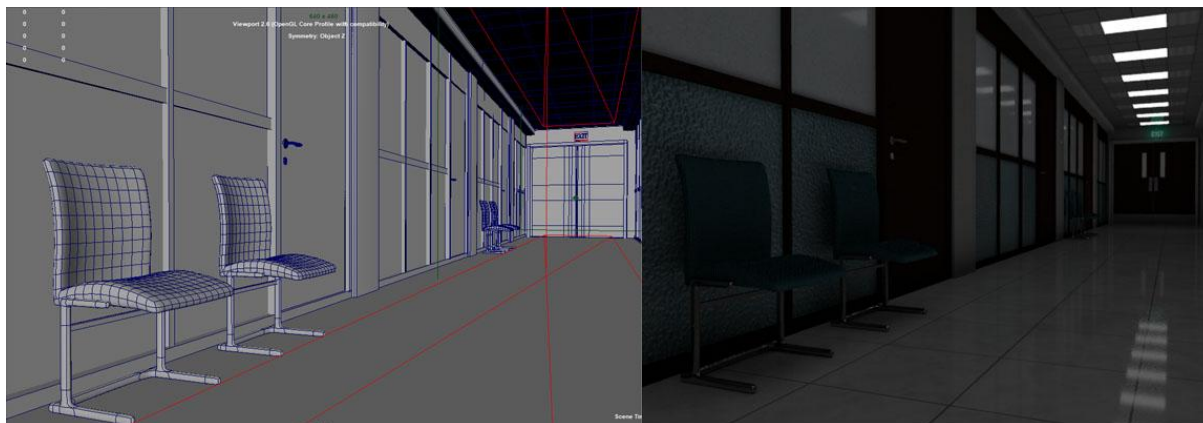


Εικ. 112: Μοντελοποίηση βάσης

Αφού ενεργοποιήθηκε το Symmetry Settings ως προς τον άξονα x, για να αλλάζουν ταυτόχρονα η δεξιά με την αριστερή πλευρά του αντικειμένου, μετατοπίστηκαν οι κάποιες κορυφές για να δοθεί το επιθυμητό σχήμα. Εν συνεχεία, έγιναν εισαγωγές ακμών (με το Insert Edge Loop) σε σημεία που χρειάστηκαν λεπτομέρειες και φέροντας το αντικείμενο σε Smooth Mode επιτεύχθηκε το τελικό αποτέλεσμα.

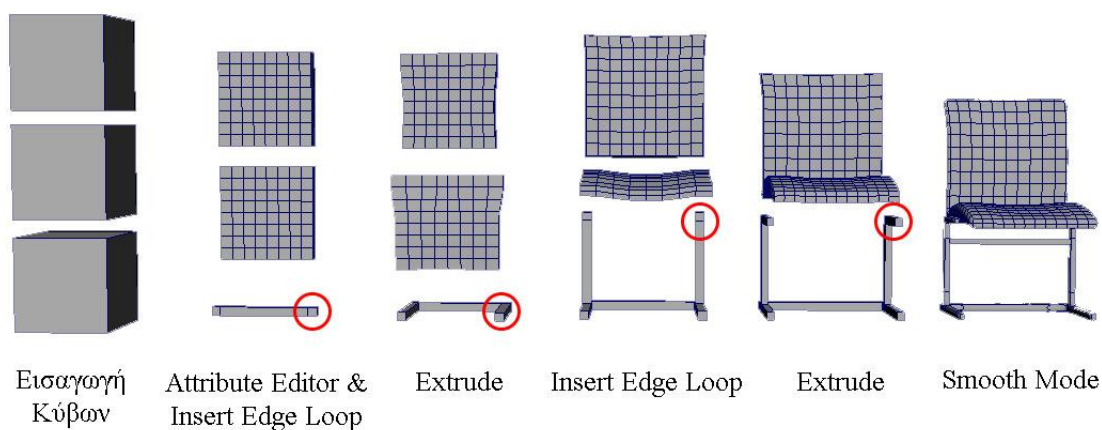
5^η Σκηνή

Η πέμπτη σκηνή είναι ένας διάδρομος, ο οποίος αποτελείται κυρίως από πόρτες και καρέκλες. Τα δοκάρια, τα τζάμια και οι πόρτες έχουν κατασκευαστεί από κύβους των οποίων τα βασικά χαρακτηριστικά τροποποιήθηκαν στο Attribute Editor.



Εικ. 113: 5η Σκηνή

Η μοντελοποίηση της καρέκλας ξεκίνησε εισάγοντας κύβους στη σκηνή και αλλάζοντας το βασικό τους σχήμα και τις υποδιαίρεσεις τους στο Attribute Editor. Το σχήμα του καθίσματος και της πλάτης της καρέκλας τροποποιήθηκε περαιτέρω φέροντας το πλέγμα σε επεξεργάσιμη μορφή κορυφών. Ενεργοποιήθηκε το Soft Selection και το Symmetry Settings και μετακινήθηκαν κάποιες κορυφές για να δώσουν το επιθυμητό σχήμα.



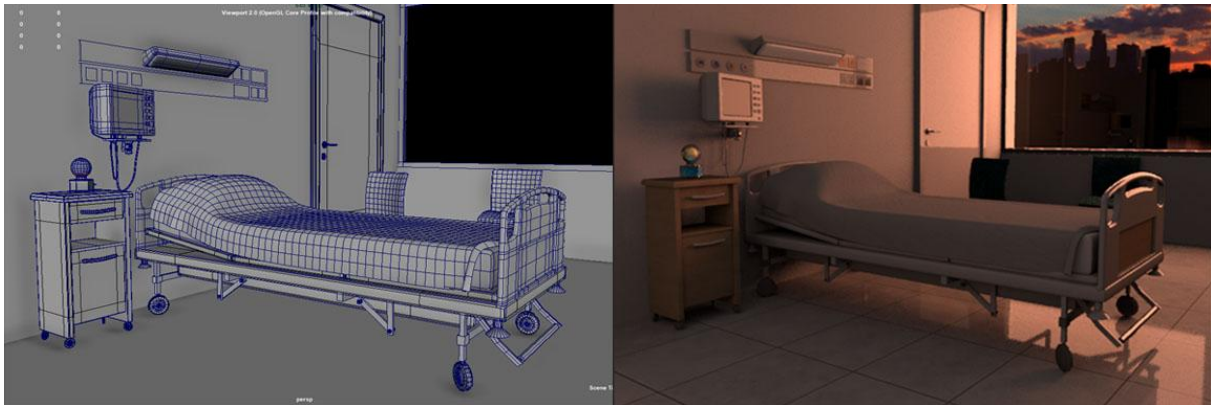
Εικ. 114: Μοντελοποίηση καρέκλας

Το σχήμα της βάσης της καρέκλας τροποποιήθηκε φέροντας το πλέγμα σε επεξεργάσιμη μορφή εδρών (Faces), αφού πρώτα δημιουργήθηκαν ακμές σε κομβικά σημεία με το εργαλείο Insert Edge Loop. Στη συνέχεια επιλέγοντας τις έδρες χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο Extrude για να τις προωθήσει και να δημιουργήσει νέα γεωμετρία. Συνεχίστηκε αυτή η διαδικασία έως ότου να φτάσει η βάση της καρέκλας στην τελική μορφή της εικόνας 113.

6^η Σκηνή

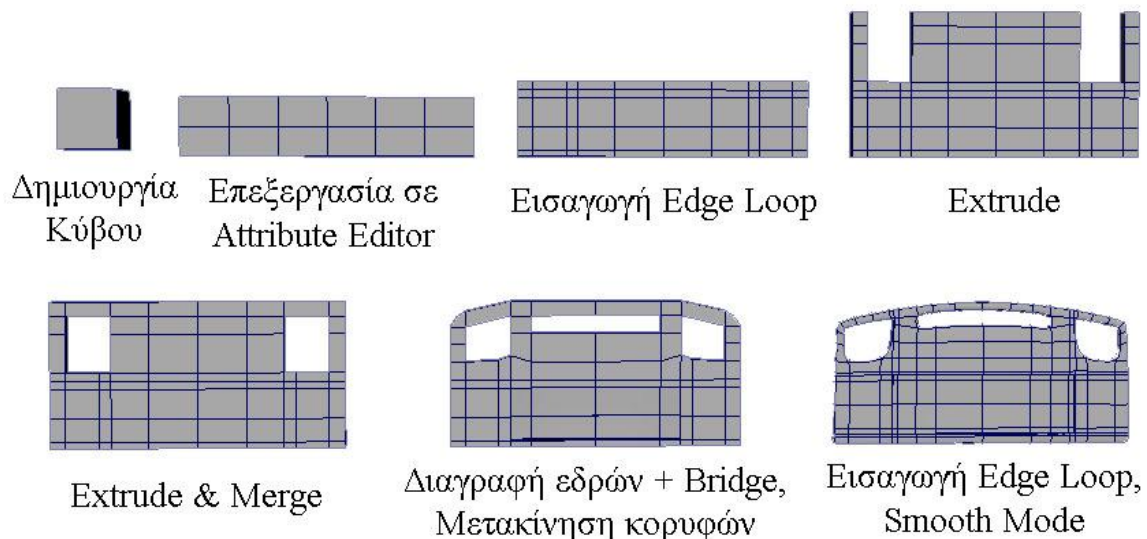
Η έκτη σκηνή αποτελείται από ένα δωμάτιο που περιέχει τις καρέκλες που δημιουργήθηκαν στην προηγούμενη σκηνή, ένα κομοδίνο κατασκευασμένο κυρίως με ορθογώνια παραλληλεπίπεδα και με κυλίνδρους για τα ροδάκια και τα χερούλια του κι ένα κρεβάτι που αποτελείται κυρίως από απλές τροποποιήσεις του κύβου και κυλίνδρους για τις

ρόδες. Τα καλώδια της οθόνης δημιουργήθηκαν από NURBS καμπύλες που στη συνέχεια μετατράπηκαν σε πολύγωνα.



Εικ. 115: 6η Σκηνή

Το πιο πολύπλοκο αντικείμενο στη σκηνή είναι η βάση και το προσκέφαλο του κρεβατιού. Για τη μοντελοποίησή του χρειάστηκε η εισαγωγή ενός κύβου και η επεξεργασία του στο Attribute Editor. Στη συνέχεια εισήχθησαν ακμές με το εργαλείο Insert Edge Loop και μπήκε το μοντέλο σε κατάσταση επεξεργασίας εδρών. Επιλέχθηκαν κάποιες έδρες όπου έγιναν Extrude και για να ενωθούν, όπως το 5^ο μοντέλο στην παρακάτω φωτογραφία, έγινε Merge σε κάποιες κορυφές (στο κεντρικό μενού Edit Mesh > Merge). Στη συνέχεια για να δημιουργηθεί η τρύπα, όπως στο έκτο αντικείμενο στη φωτογραφία, διαγράφηκαν κάποιες έδρες στο κέντρο και χρησιμοποιήθηκε το Bridge (Edit Mesh > Bridge) για να ενώσει τη μπροστινή με την πίσω μεριά του μοντέλου. Επιπλέον, προστέθηκαν κι άλλες ακμές, για να δώσουν λεπτομέρειες στο αντικείμενο, έγιναν Extrude προς τα μέσα κάποιες έδρες στη βάση και στο τέλος μπήκε σε smooth mode.



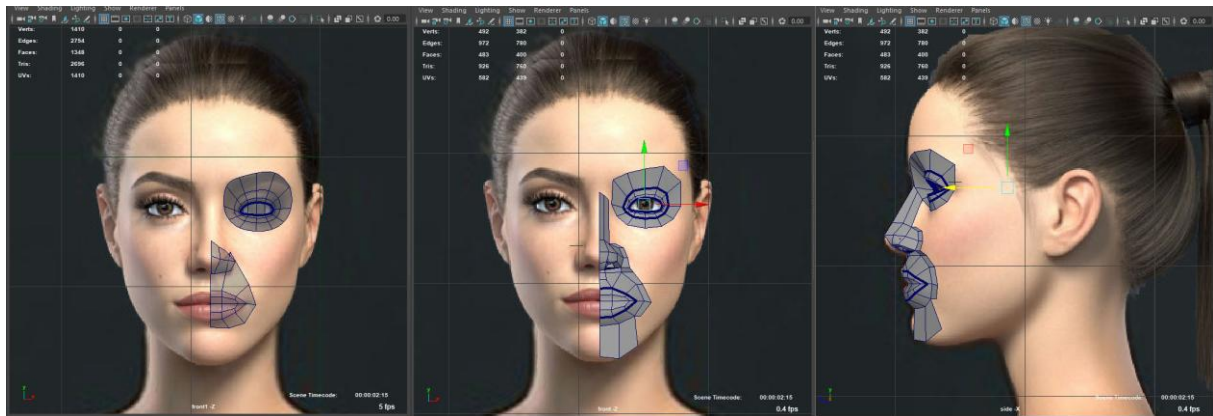
Εικ. 116: Μοντελοποίηση προσκέφαλο κρεβατιού

4.2.3 Human Character Modeling – Μοντελοποίηση Χαρακτήρα

Modeling Προσώπου

Η μοντελοποίηση του χαρακτήρα πραγματοποιήθηκε με την τεχνική [Edge/Contour Modeling](#) που περιγράφηκε στο θεωρητικό κεφάλαιο. Αρχικά, έγινε εισαγωγή δισδιάστατων εικόνων στη σκηνή για να χρησιμοποιηθούν ως σημείο αναφοράς για το μοντέλο που θα δημιουργηθεί. Αυτές οι εικόνες μπορεί να είναι ζωγραφισμένα σκίτσα ή φωτογραφίες ανθρώπου από μπροστά και στο προφίλ. Έτσι εισάγουμε στο viewport Front τη φωτογραφία με τον άνθρωπο που κοιτάει μπροστά και στο viewport Side τη φωτογραφία που ο άνθρωπος είναι προφίλ. Οι φωτογραφίες εισάγονται με τον τρόπο που αναφέρθηκε και στην εισαγωγή του Modeling, πάμε στο μενού του Viewport > View > Image Plane > Import Image. Αυτή η μέθοδος βοηθάει στο να δημιουργηθούν σωστά οι αναλογίες του προσώπου και του σώματος.

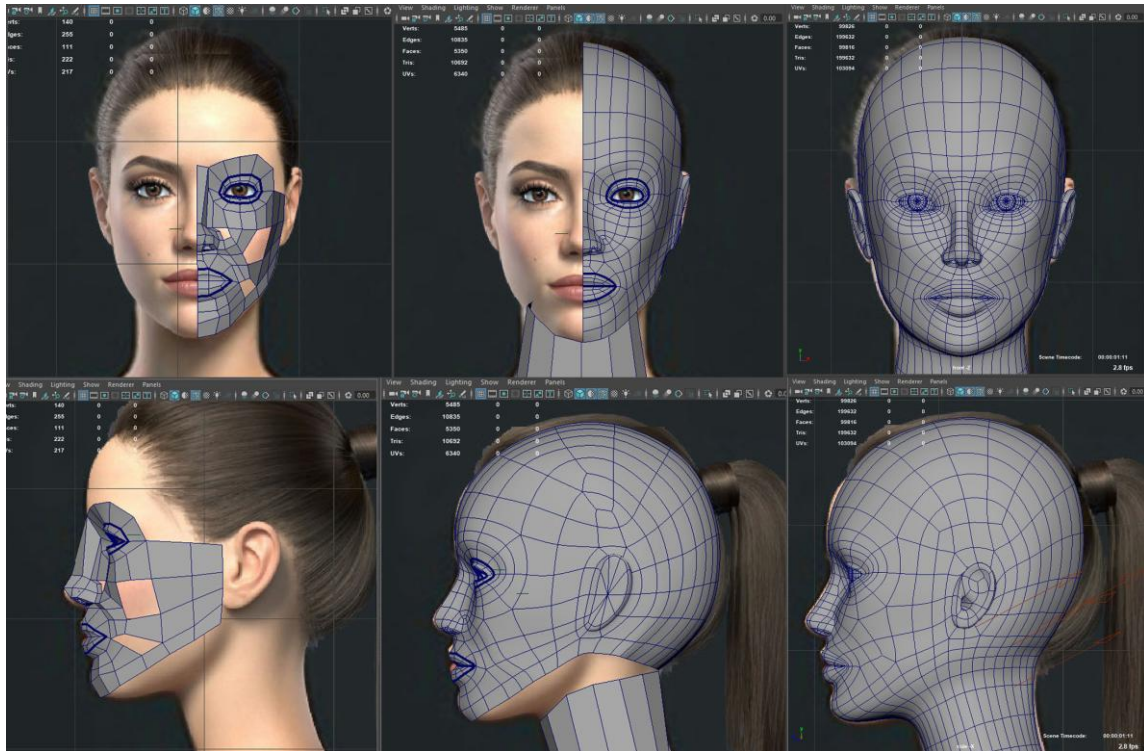
Αρχικά, ξεκινήσαμε από το πρόσωπο και τοποθετήθηκαν 3 επίπεδα σχήματα (planar) μπροστά από το μάτι, τη μύτη και το στόμα της εικόνας. Υπάρχουν κάποιοι βασικοί κανόνες γι' αυτή τη διαδικασία, ειδικά εάν το μοντέλο θα χρησιμοποιηθεί αργότερα και σε animation. Οι ακμές του planar πρέπει να πέφτουν εκεί που δημιουργούνται εκφράσεις του προσώπου, γι' αυτό το πλέγμα πρέπει να σχηματίζει κύκλους γύρω από τα μάτια και ημικύκλια στις ρυτίδες έκφρασης του χαμόγελου. Έπειτα, έγινε συνεχώς Extrude (Ctrl+E) στις ακμές προς κάθε άξονα, στο κάθε planar ξεχωριστά, για να ταιριάζει με τα βασικά χαρακτηριστικά της φωτογραφίας. Όλα αυτά πραγματοποιούνται στη μία πλευρά του προσώπου, αφού στο τέλος θα κάνουμε Mirror (στο κεντρικό μενού Mesh > Mirror) για να δημιουργήσουμε ακριβές ανεστραμμένο αντίγραφο ως προς τον άξονα x.



Εικ. 117: Μοντελοποίηση Προσώπου 1

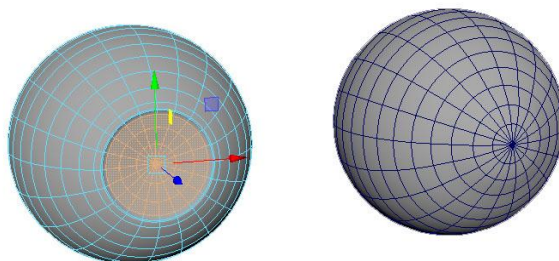
Αφού δημιουργήθηκαν τα βασικά σχήματα, συνέχισαν να γίνονται οι ακμές τους Extrude προς τα έξω μέχρι να ενωθούν τα διαφορετικά πολύγωνα μεταξύ τους. Αυτό έγινε με το Bridge (Edit Mesh > Bridge) όταν θέλαμε να δημιουργήσουμε γεωμετρία ανάμεσα σε 2 ακμές ή με το Fill Hole (Mesh > Fill Hole) όταν θέλαμε να δημιουργήσουμε γεωμετρία ανάμεσα πολλές. Επειδή το πρόσωπο είναι ένα πολύπλοκο σχήμα το οποίο πρέπει να αποτελείται και αυτό μόνο από τετράγωνα, χρειάστηκε να χρησιμοποιηθούν κάποια εργαλεία για να το πετύχουν αυτό. Τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν συχνότερα ήταν το Insert Edge Loop και το Multi-Cut (Mesh Tools > Multi-Cut) σε περιπτώσεις που θέλαμε να δημιουργήσουμε εκούσια ακμές σε συγκεκριμένα μέρη, καθώς και το Collapse (Edit Mesh > Collapse) σε ακμές που ανήκαν σε σχήμα με περισσότερες από τέσσερις πλευρές. Επιπλέον,

όποτε έπρεπε να γίνει ένωση μεταξύ κορυφών (vertex), γινόταν με το εργαλείο Merge από το μενού Edit Mesh > Merge. Αυτή η διαδικασία συνεχίστηκε μέχρι να σχεδιαστεί το μισό πρόσωπο και το κεφάλι. Στο τέλος έγινε Mirror το πλέγμα ως προς τον άξονα x και παρόλο που με το Merge τα δύο μέρη του προσώπου γίνονται αυτόματα ένα αντικείμενο, πολλές φορές δεν ενώνονται οι κορυφές, γι' αυτό τις επιλέγουμε και εκτελούμε Merge.



Εικ. 118: Μοντελοποίηση Προσώπου 2

Στη συνέχεια σχεδιάστηκαν τα μάτια και τα δόντια. Για τη δημιουργία ενός ματιού χρειάστηκαν δύο σφαίρες. Η πρώτη για να μπει αργότερα ένα Texture που να απεικονίζει ένα μάτι, γι' αυτό μετατοπίστηκαν κάποιες έδρες στο κέντρο του προς τα μέσα στη θέση που θα μπει η ίριδα. Η δεύτερη σφαίρα τοποθετήθηκε πάνω από την πρώτη, διότι θα απεικονίσει το διαφανές περίβλημα του ματιού. Οι έδρες στο κέντρο της μετακινήθηκαν λίγο προς τα έξω για να προσομοιάσουν την ανατομία ενός πραγματικού ματιού.



Εικ. 119: Μοντελοποίηση Ματιού

Τα δόντια δημιουργήθηκαν με κύβους που μετασχηματίστηκαν στο Attribute Editor και των οποίων μετατοπίστηκαν οι κορυφές τους για να δώσουν το κατάλληλο σχήμα για

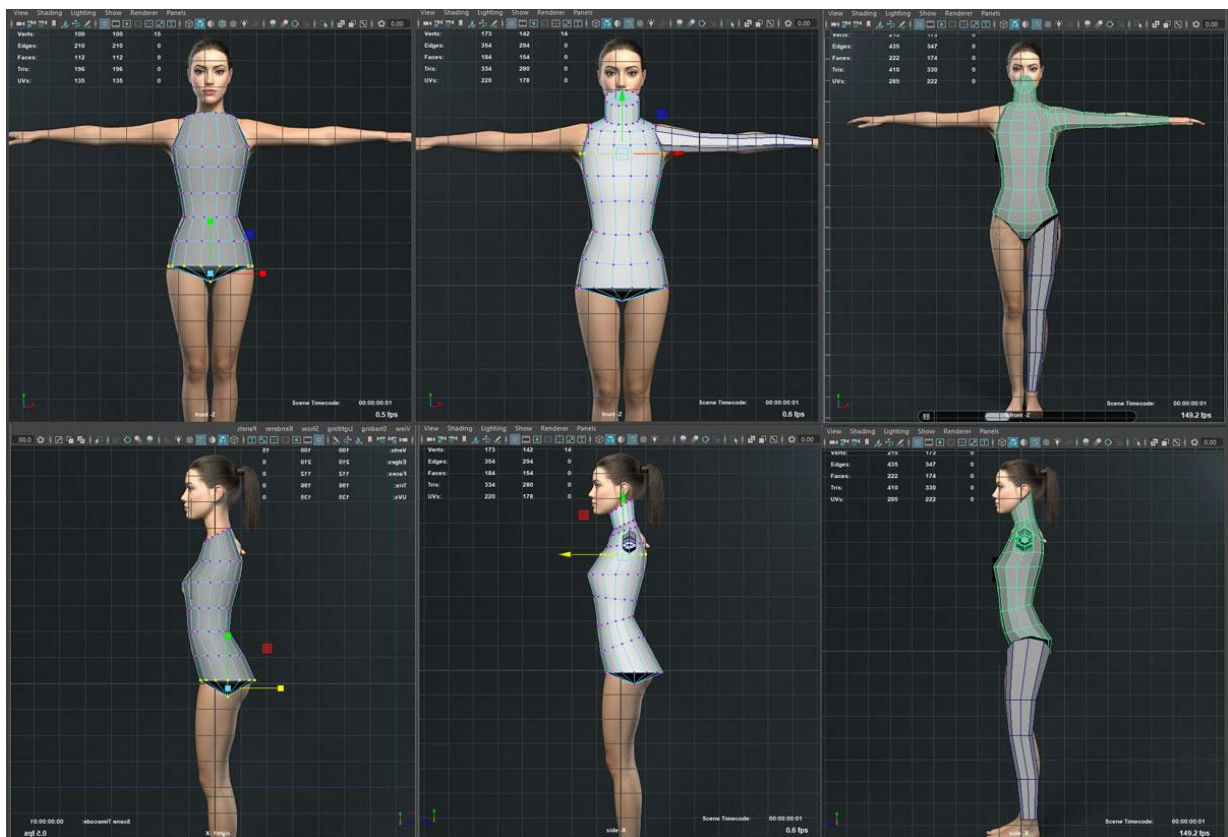
κάθε ένα από αυτά. Τα ούλα δημιουργήθηκαν εισάγοντας Pipes (σχήμα σωλήνα) που επεξεργάστηκε στο Attribute Editor, έπειτα μετακινήθηκαν οι κορυφές του για να δώσουν το βασικό σχήμα αλλά και για να ανασηκωθούν τα σημεία όπου θα μπουν τα δόντια. Τέλος, διαγράφηκε το μισό του σωλήνα, τα κενά καλύφθηκαν με το εργαλείο Fill Hole και έγινε Combine με τα δόντια για να είναι πλέον όλα ένα αντικείμενο.



Εικ. 120: Μοντελοποίηση Δοντιών

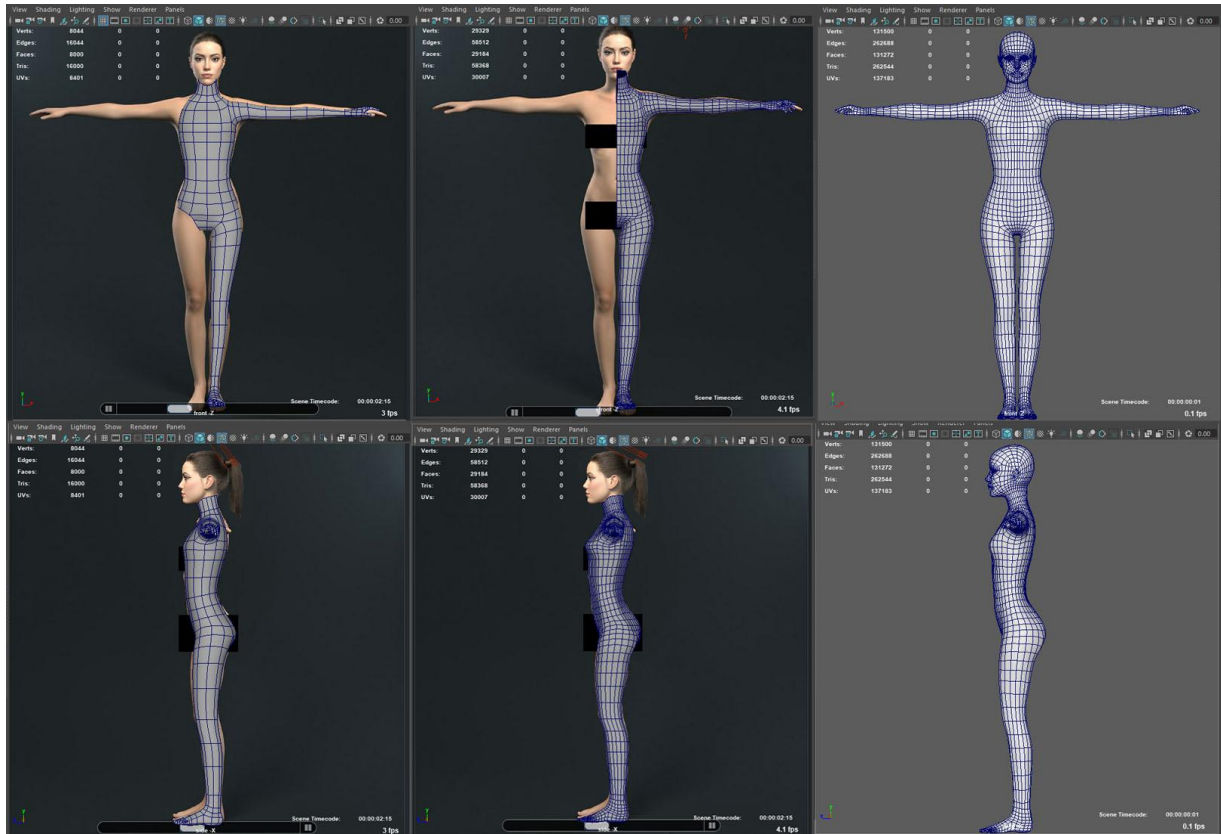
Modeling Σώματος

Για τη μοντελοποίηση του σώματος δημιουργήθηκαν τρεις κύλινδροι οι οποίοι τοποθετήθηκαν στον κορμό, το χέρι και το πόδι. Μετασχηματίστηκε ο κάθε ένας από αυτούς για να πάρει τις αναλογίες της φωτογραφίας που εισήχθη. Αυτό έγινε επιλέγοντας τον κύλινδρο, πατώντας μετά δεξί κλικ κι επιλέγοντας από το μενού που εμφανίζεται το Vertex για να μπορέσουμε να επεξεργαστούμε τις κορυφές. Έπειτα δόθηκε το κατάλληλο σχήμα με τα βασικά εργαλεία μετατόπισης, περιστροφής και μεγέθυνσης.



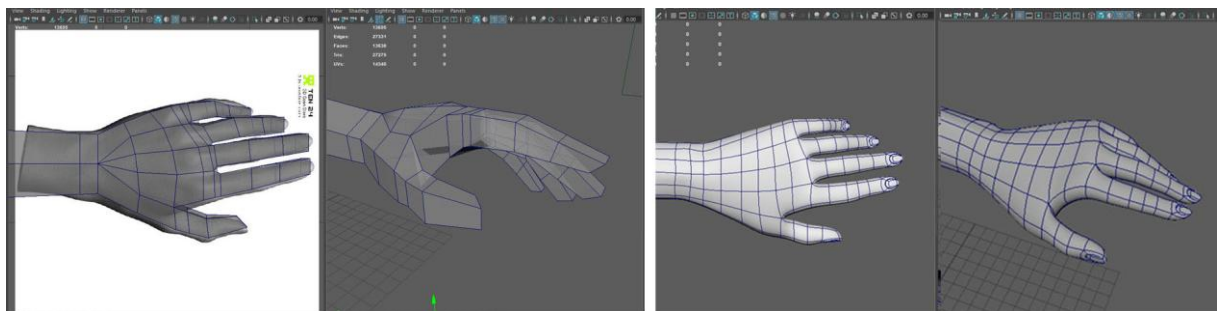
Εικ. 121: Μοντελοποίηση Σώματος 1

Αφού δημιουργήθηκαν τα βασικά σχήματα προστέθηκαν ακμές με το Insert Edge Loop, διότι για να ενωθούν μεταξύ τους οι τρεις κύλινδροι (με το εργαλείο Merge), έπρεπε να έχουν ίδιο αριθμό κορυφών. Γι' αυτό το λόγο δημιουργήθηκαν νέες ακμές σε σημεία όπου τις χρειαζόνταν.



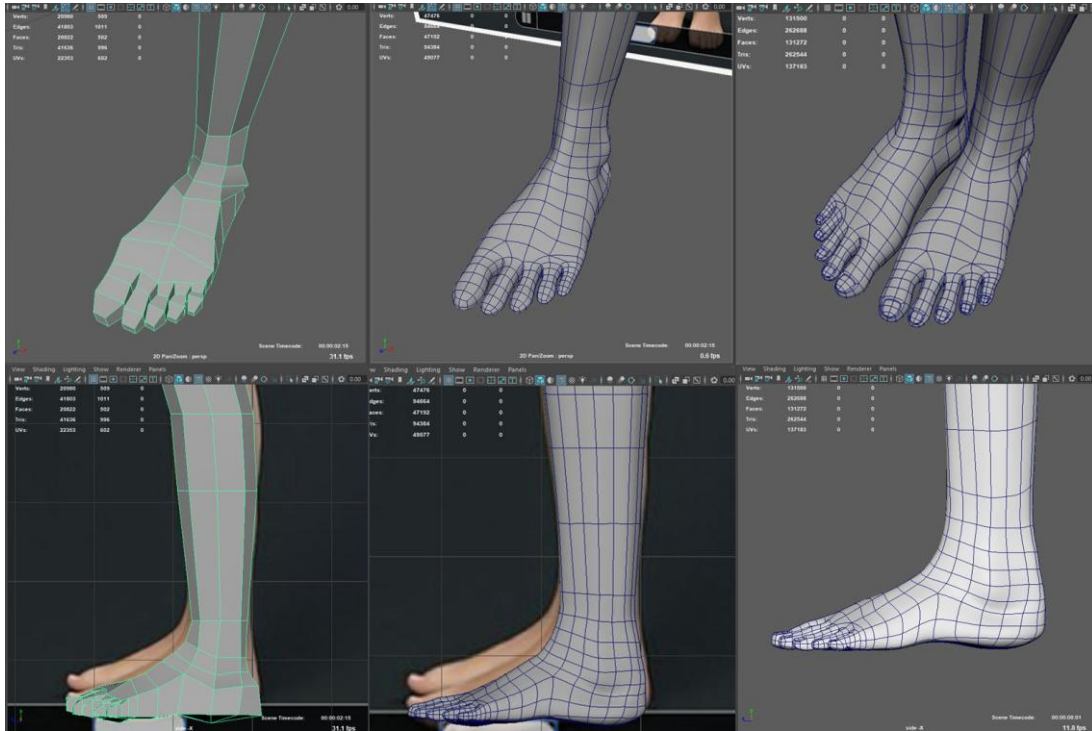
Εικ. 122: Μοντελοποίηση Σώματος 2

Οι παλάμες και ο πατούσες μοντελοποιήθηκαν ξεχωριστά, με φωτογραφίες που χρησιμοποιήθηκαν ως αναφορά. Τα χέρια ξεκίνησαν με έναν κύβο και η μία του έδρα διαιρέθηκε με το Insert Edge Loop στα 5 με σκοπό να γίνει η κάθε νέα έδρα Extrude για κάθε δάχτυλο. Όπως και στη μοντελοποίηση του σώματος και του προσώπου χρησιμοποιήθηκαν τα εργαλεία Multi-Cut, Collapse, Merge, Bridge και Fill Hole για να δημιουργηθούν σε όλο το πλέγμα τετράγωνα.



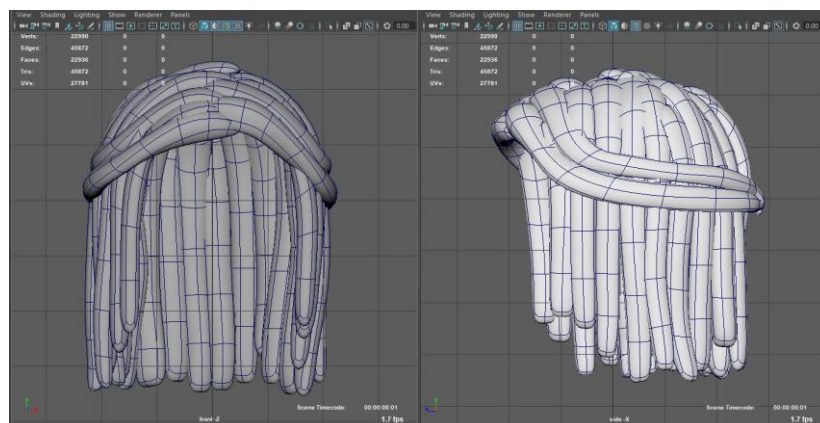
Εικ. 123: Μοντελοποίηση Χεριών

Τα πόδια δημιουργήθηκαν με τον ίδιο τρόπο που μοντελοποιήθηκαν και τα χέρια, ξεκινώντας δηλαδή από έναν κύβο και χρησιμοποιώντας τα εργαλεία του προγράμματος για να κατασκευαστεί σωστά το πλέγμα. Για τη δημιουργία νυχιών και στα δύο άκρα, επιλέχθηκαν κάποιες έδρες και με το εργαλείο Bevel υποδιαιρέθηκαν συμμετρικά. Στη συνέχεια κάνοντας Extrude δημιουργήθηκε το νύχι. Στο τέλος, για να ενωθούν τα άκρα με το υπόλοιπο σώμα, δημιουργήθηκε ο κατάλληλος αριθμός ακμών και έγιναν Combine με τα υπόλοιπα πλέγματα και Merge οι κορυφές τους στο σημείο της ένωσης.



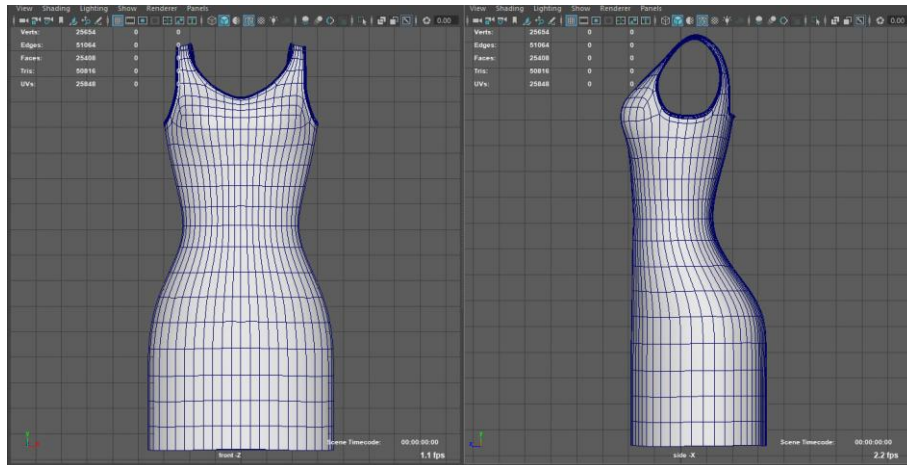
Εικ. 124: Μοντελοποίηση Ποδιών

Τα μαλλιά δημιουργήθηκαν από πολλούς κύβους οι οποίοι επεξεργάστηκαν με τα βασικά εργαλεία (Move Tool, Rotate Tool, Scale Tool) και με ενεργοποιημένο πάντα το Soft Selection για ένα πιο λείο αποτέλεσμα. Εν συνεχεία, έγιναν όλα μαζί Combine σε ένα αντικείμενο.



Εικ. 125: Μοντελοποίηση Μαλλιών

Τέλος, για τη μοντελοποίηση του φορέματος και για να μη δημιουργηθεί εξ' αρχής όπως ο κορμός του σώματος, έγινε Duplicate ο χαρακτήρας και διαγράφηκαν οι έδρες που δε θα μπορούσαν να αποτελέσουν το φόρεμα. Έπειτα, επεξεργάστηκε το περίγραμμά του, κάνοντας Extrude τις έδρες για να μοιάζει πως έχει ραφές. Επιπλέον, διαγράφηκαν τα πόδια του αντιγραμμένου μοντέλου και επεκτάθηκε το φόρεμα κάνοντας κι εκεί Extrude.

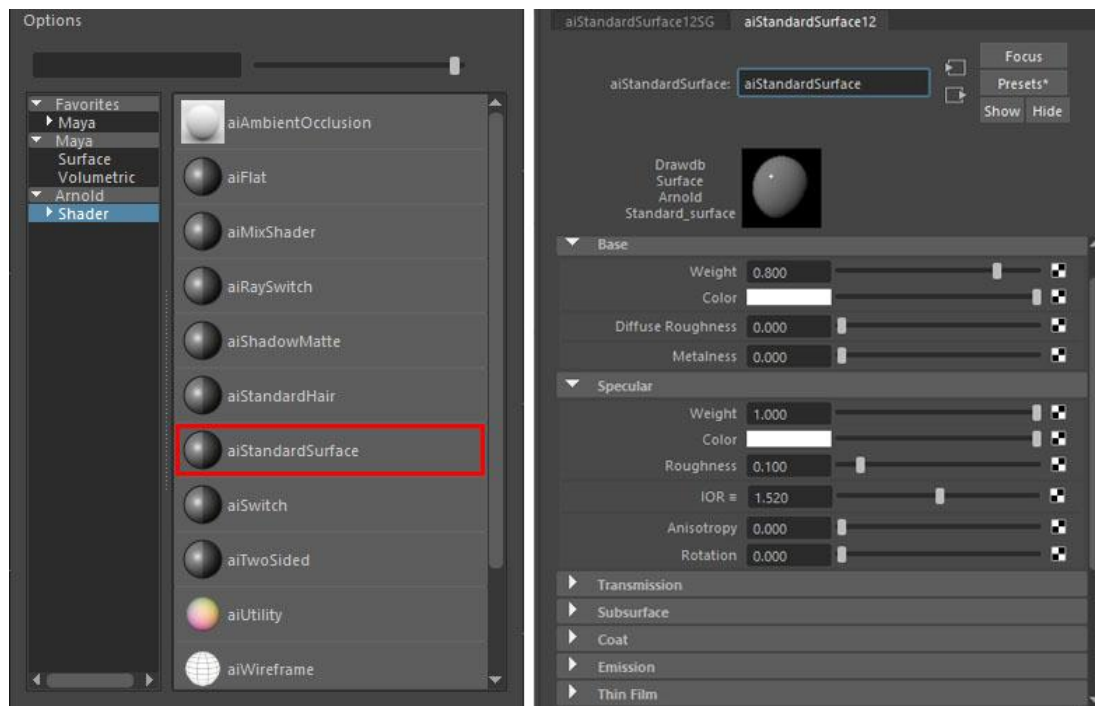


Εικ. 126: Μοντελοποίηση Ρούχου

4.3 Shaders / Υλικά

Κάθε μηχανή Rendering που είναι ενσωματωμένη στα λογισμικά τρισδιάστατης σχεδίασης, αλλά και κάθε μηχανή Rendering που μπορεί να εισαχθεί σε plug-in σε αυτά, διαθέτει τα δικά της υλικά. Υπάρχει πιθανότητα κάποιο υλικό μιας μηχανής απόδοσης, να μην είναι ορατό σε μια άλλη, γι' αυτό το λόγο προτιμάται να χρησιμοποιούνται τα υλικά που διαθέτει κάθε Renderer. Το Maya έχει τη δική του μηχανή απόδοσης με τα υλικά της, αλλά προτιμήθηκε να χρησιμοποιηθεί το Arnold σαν plug-in, μιας και είναι ανώτερο στην ποιότητα του τελικού αποτελέσματος.

Αφού θα χρησιμοποιήσουμε για Rendering το Arnold, θα εφαρμόσουμε στα αντικείμενα της σκηνής τα δικά του υλικά. Αυτά μπορούμε να τα βρούμε επιλέγοντας το μοντέλο, πατώντας παρατεταμένα δεξί κλικ στη σκηνή κι επιλέγοντας Assign New Material. Θα μας βγει ένα νέο παράθυρο στο οποίο αριστερά διαλέγουμε το λογισμικό και δεξιά τα Shaders. Στην παρακάτω εικόνα επιλέχθηκε στα αριστερά το Shader που ανήκει στο λογισμικό Arnold. Το βασικό και πιο συνηθισμένο Shader που χρησιμοποιείται είναι το aiStandardSurface. Το aiStandardSurface εμπεριέχει πολλές παραμέτρους τις οποίες μπορεί να ρυθμίσει ο σχεδιαστής στο Attribute Editor για να δημιουργήσει υλικά. Μπορεί για παράδειγμα να ρυθμίσει το χρώμα, την αντανάκλαση, την ορατότητα, το είδος της επιφάνειας και δεκάδες ακόμα επιλογές. Επιπλέον, διαθέτει και κάποια Presets έτοιμων υλικών, τα οποία όμως και αυτά μπορεί να επεξεργαστεί ο χρήστης.



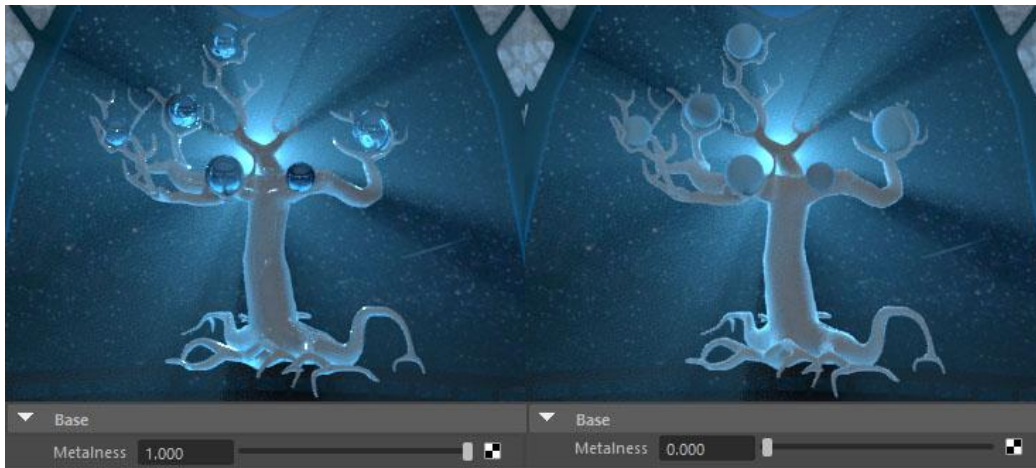
Εικ. 127: Shaders του Arnold

Για να δούμε και στην πράξη τις ρυθμίσεις, στο παρακάτω παράδειγμα έχουν εφαρμοστεί σε κάθε αντικείμενο τα `aiStandardSurface`. Τα περισσότερα έπιπλα έχουν τις ίδιες ρυθμίσεις, άρα και το ίδιο υλικό, δηλαδή είναι άσπρα κι έχουν μια μικρή ανακλαστικότητα με αποτέλεσμα να φέρνουν σε πλαστικό. Πηγαίνοντας στις παραμέτρους μία από τις πολλές επιλογές που εμφανίζονται στο Attribute Editor είναι να αλλάξουμε το χρώμα. Το αλλάζουμε από άσπρο σε μπλε και μπορούμε να δούμε παρακάτω τα αποτελέσματα του Rendering.



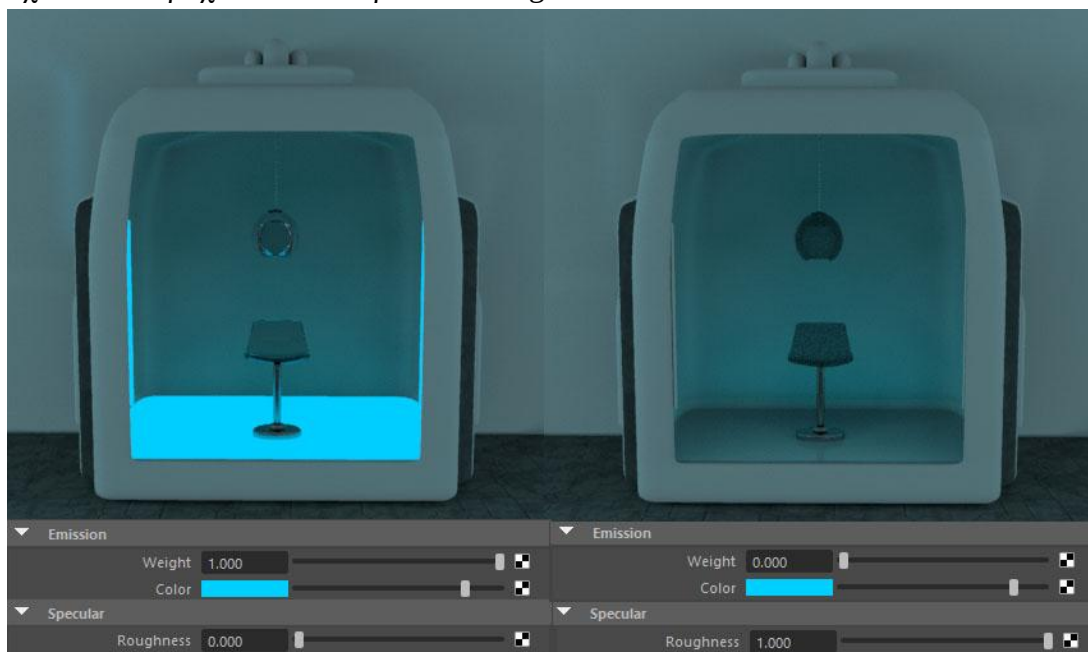
Εικ. 128: Αλλαγή χρώματος σε Shader

Στο επόμενο παράδειγμα, αυξήσαμε τη μεταλλικότητα (Metalness) στις μπάλες στην πρώτη περίπτωση, ενώ στη δεύτερη περίπτωση τη μειώσαμε στο μηδέν. Το αποτέλεσμα ήταν να χάσουν όλα τα χαρακτηριστικά ενός μετάλλου και να μετατραπούν σε ματ αντικείμενα.



Εικ. 129: Metalness =1 vs Metalness =0

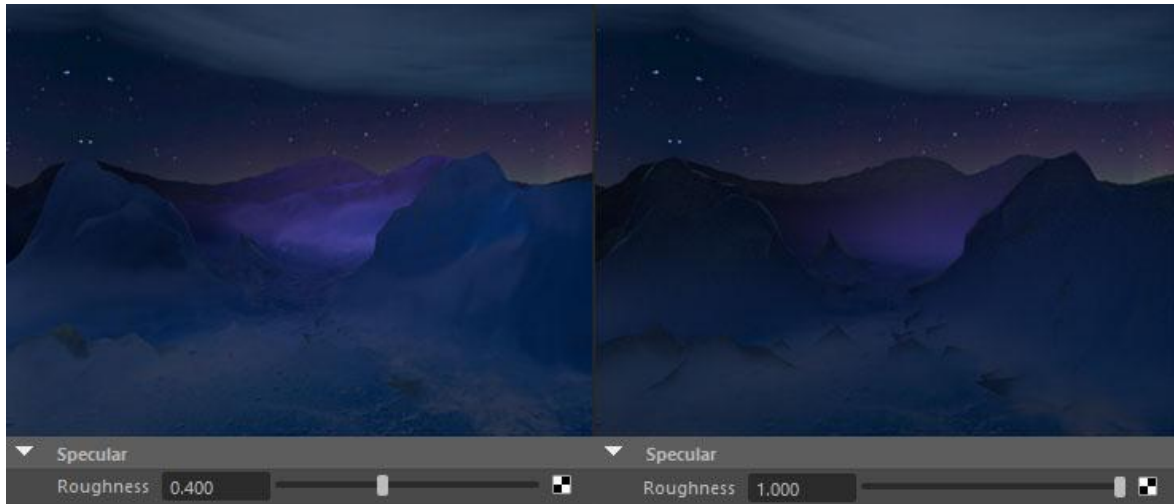
Ένα υλικό μπορεί να εφαρμοστεί και σε μεμονωμένες έδρες ενός αντικειμένου με αποτέλεσμα να μπορεί ένα μοντέλο να έχει πολλά υλικά πάνω του. Στο επόμενο παράδειγμα εφαρμόστηκε το aiStandardSurface στη χρονομηχανή και ρυθμίζοντας τις παραμέτρους, δημιουργήθηκε ένα υλικό που μοιάζει με πλαστικό. Στη συνέχεια, τη φέραμε σε κατάσταση επεξεργασίας εδρών, επιλέξαμε τις έδρες στον πάτο κι εφαρμόστηκε πάνω τους πάλι το aiStandardSurface, αλλά με διαφορετικές παραμέτρους αυτή τη φορά. Η παράμετρος Emission, που ενεργοποιήθηκε, δίνει την αίσθηση πως το αντικείμενο εκπέμπει φως. Παράλληλα, αυξήσαμε την παράμετρο Roughness στα γυάλινα αντικείμενα, με αποτέλεσμα να δείχνουν πιο τραχιά στο δεύτερο Rendering.



Εικ. 130: Emission =1 vs Emission =0

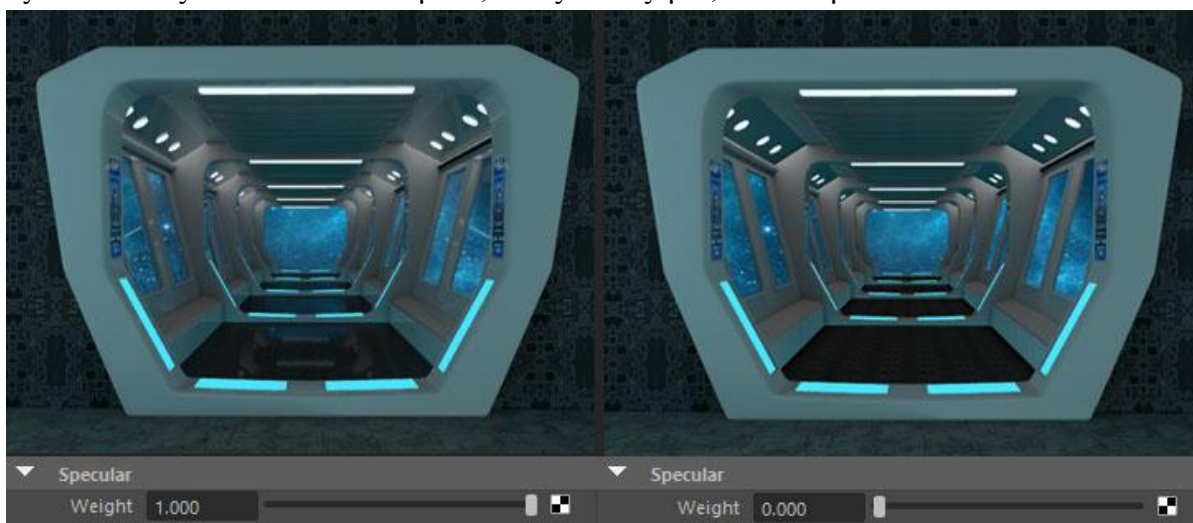
Το πόσο τραχιά ή λεία είναι μία επιφάνεια εξαρτάται από την τιμή που θα δοθεί στο Roughness. Όταν μιλάμε για τραχιά επιφάνεια στα Shaders, δεν εννοούμε να έχει εξογκώματα, αλλά το πώς συμπεριφέρεται με το φως. Για παράδειγμα μία λεία επιφάνεια όπως το γυαλί αντανακλά μεγάλο μέρος του φωτός σε αντίθεση με το ξύλο. Στο επόμενο

παράδειγμα ρυθμίσαμε το Roughness στο 0,4, όσο ήταν και στο τελικό βίντεο και μετά το αυξήσαμε στο 1. Εάν ήταν η τιμή στο μηδέν θα συμπεριφερόταν σαν καθρέπτης. Με αυτές τις αλλαγές μπορούμε να παρατηρήσουμε στην εικόνα τις διαφορετικές συμπεριφορές ως προς την ανακλαστικότητα του φωτός.



Εικ. 131: Roughness =0,4 vs Roughness =1

Όλα τα χαρακτηριστικά των υλικών διαθέτουν την παράμετρο Weight η οποία καθορίζει εάν το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό είναι ενεργοποιημένο ή απενεργοποιημένο. Όπως είδαμε και παραπάνω, στην Εικόνα 130 με το Emission, όταν το Weight ήταν 1 φώτιζε η χρονομηχανή, ενώ όταν ήταν μηδέν δεν ήταν ενεργοποιημένη αυτή η επιλογή. Αυτό ισχύει και για τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα το Specular είναι το χαρακτηριστικό που σχετίζεται με την ανάκλαση και αποτελείται από πολλές παραμέτρους. Σε περίπτωση που βάλουμε το Weight του στο 0 αυτές οι παράμετροι δεν είναι ορατές πλέον και θα είναι σαν να μην είναι ενεργοποιημένη η ανάκλαση το υλικό. Στην παρακάτω εικόνα απενεργοποιήσαμε τις ανακλάσεις σε όλα τα αντικείμενα, όπως στα τζάμια, το πάτωμα και το πλαστικό.



Εικ. 132: Specular Weight =1 vs Specular Weight =0

Για να γίνει μία επιφάνεια διαφανής θα πρέπει να μην είναι επιλεγμένο το Opaque, το οποίο βρίσκεται στο Attribute Editor, στις ρυθμίσεις με το όνομα Arnold. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να δημιουργήσουμε για παράδειγμα γυάλινες επιφάνειες. Η παράμετρος IOR (Refraction Index / Δείκτης διάθλασης) είναι μία παράμετρος που χρησιμοποιείται πολύ σε ανακλαστικές επιφάνειες στερεών και υγρών διότι καθορίζει την ένταση των διαθλάσεων του φωτός. Στην επόμενη εικόνα μπορούμε να παρατηρήσουμε τις διαφορές αυξάνοντας τη τιμή της παραμέτρου, τόσο στην αντανάκλαση, όσο και στη διάθλαση του ματιού.

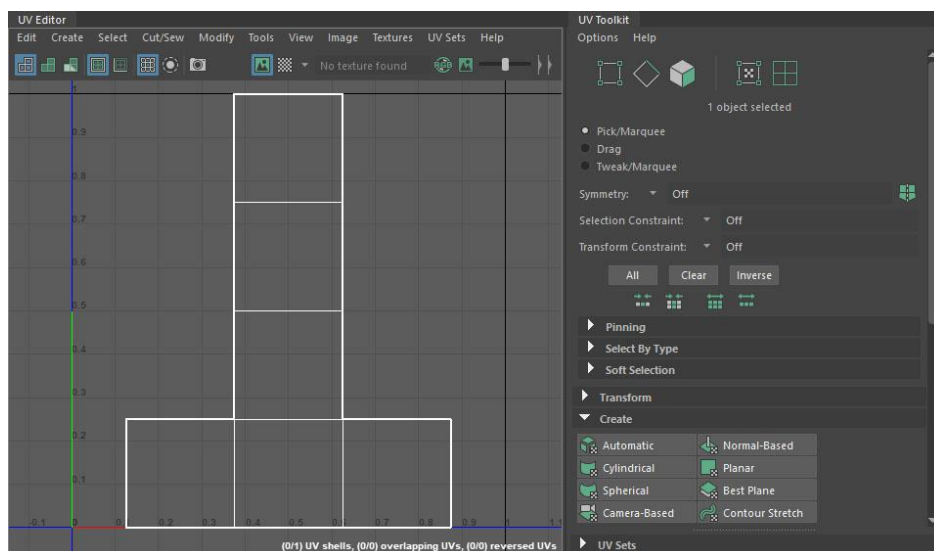


Εικ. 133: IOR =0 vs IOR = Default vs IOR =2

4.4 Textures

4.4.1 UV Mapping

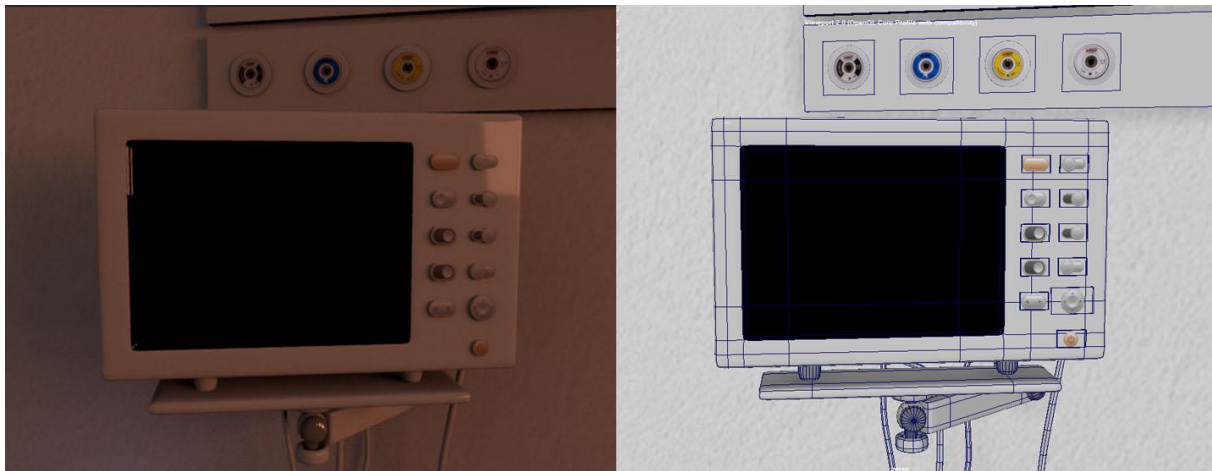
Αφού καθορίσαμε σε όλα τα αντικείμενα των σκηνών τις ιδιότητες των υλικών, σειρά έχει η εφαρμογή textures. Σκοπός είναι να εφαρμόσουμε δισδιάστατες εικόνες πάνω στα αντικείμενα για να τους δώσουμε λεπτομέρειες. Όπως αναφέρθηκε και στο θεωρητικό κεφάλαιο, πριν την εφαρμογή εικόνων πρέπει να ξετυλιχτούν (unwrap) τα 3D αντικείμενα σε 2D εικόνες, ούτως ώστε οι δισδιάστατες εικόνες που θα εισάγουμε να ταιριάζουν με αυτές.



Εικ. 134: UV Editor

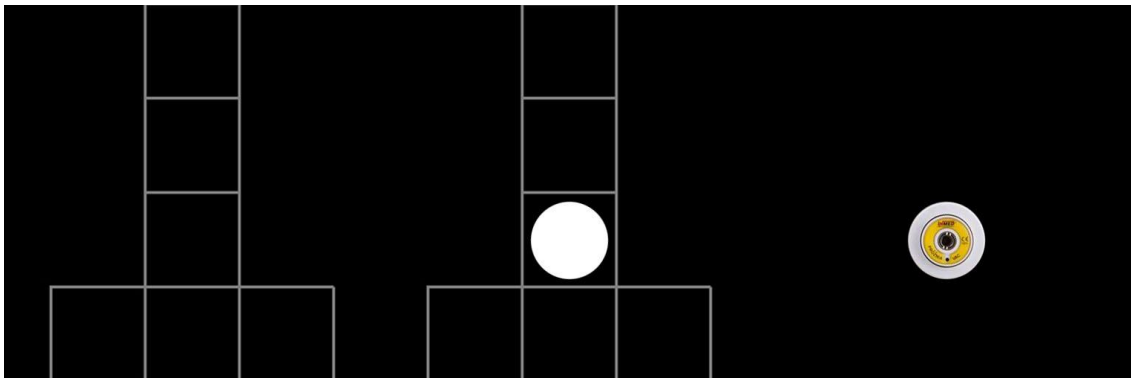
Για να επεξεργαστούμε τα [UV Maps](#) (U οριζόντιος άξονας, V κατακόρυφος άξονας), πηγαίνουμε στο μενού κι επιλέγουμε **UV > UV Editor** και θα ανοίξει ένα νέο παράθυρο με το δικό του μενού και πολλά εργαλεία. Υπάρχουν κάποιες ρυθμίσεις που μπορούν να παράγουν αυτόματα ένα UV Map κατάλληλο για χρήση, αλλά πρέπει το σχήμα του αντικειμένου να είναι πολύ απλό, πιο συγκεκριμένα να έχει σχήμα κύβου, κυλίνδρου ή σφαίρας.

Στο παρακάτω παράδειγμα αντί να δημιουργηθούν οι υποδοχές και τα κουμπιά της οθόνης από την αρχή, δημιουργήθηκαν απλοί κύβοι και εφαρμόστηκαν πάνω του φωτογραφίες με τα αντικείμενα που θέλαμε. Δημιουργήθηκαν δηλαδή [Color Maps](#). Με αυτόν τον τρόπο εξοικονομείται χρόνος τόσο στη σχεδίαση όσο και στο Rendering.



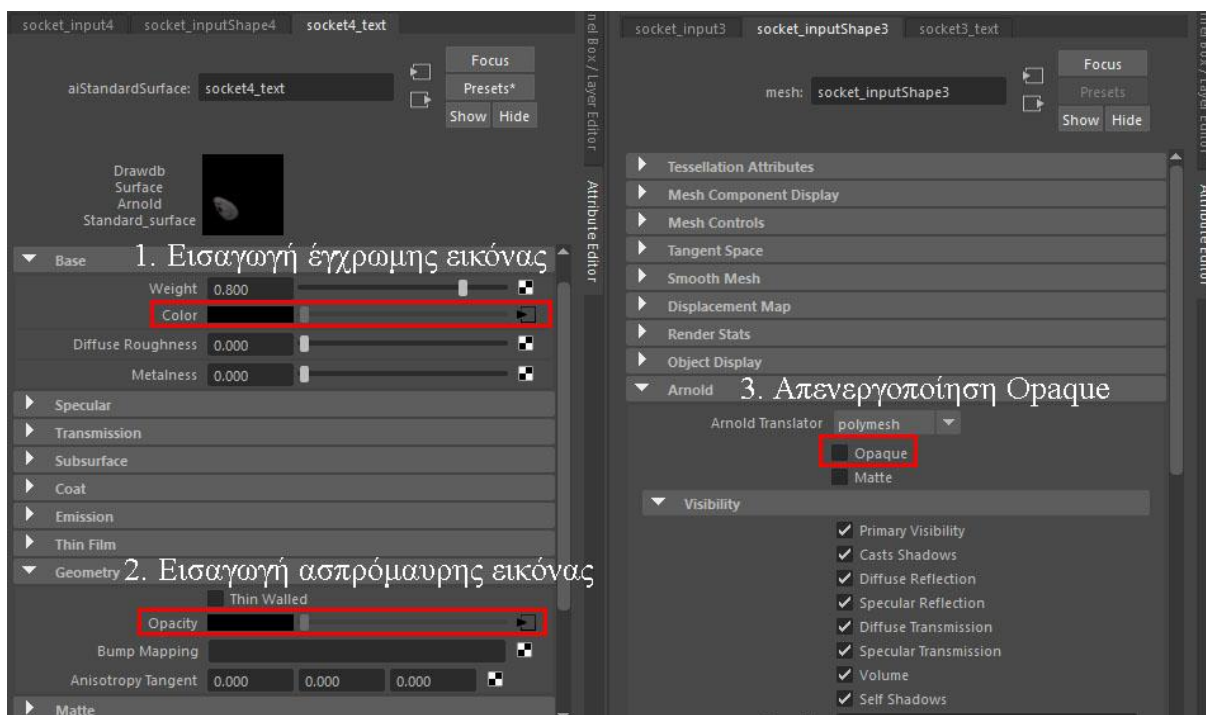
Εικ. 135: Color Map

Για να τοποθετηθούν σωστά οι φωτογραφίες στους κύβους πήγαμε στο UV Editor και εξηγάγαμε τα UV Maps, σαν αυτό που βλέπουμε στην εικόνα 134. Έπειτα το UV Map εισήχθη στο Photoshop για να ξέρουμε πού ακριβώς να τοποθετηθεί η φωτογραφία. Αφού τοποθετήθηκε, σβήσαμε το Layer με το UV Map για να μην εμφανιστεί στο αντικείμενο. Στη συνέχεια αποθηκεύσαμε τη φωτογραφία με την υποδοχή, καθώς και μία φωτογραφία με μαύρο φόντο και άσπρο στο ακριβές σημείο που τοποθετήθηκε η υποδοχή και αποθηκεύτηκαν σε αρχεία .tga.



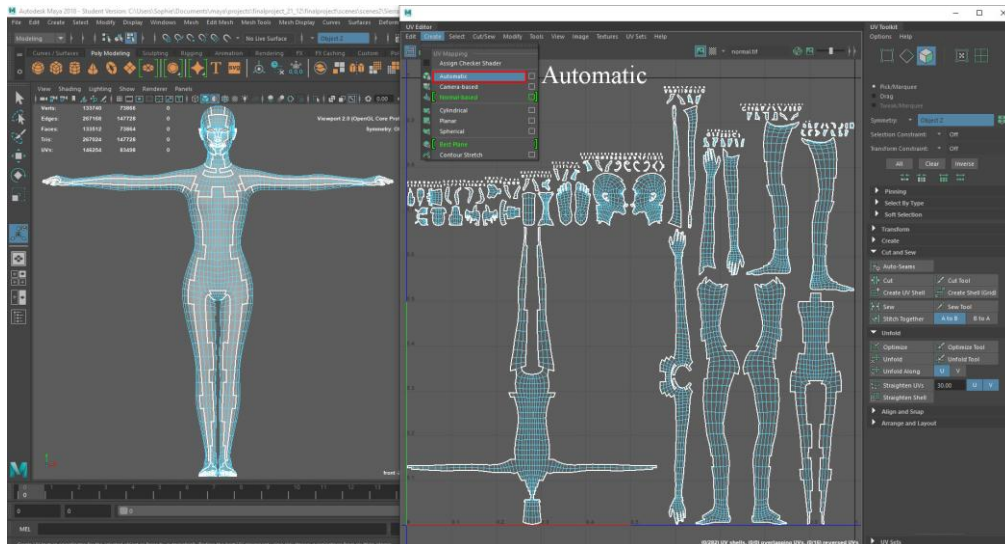
Εικ. 136: Δημιουργία Color Map

Αυτή η τεχνική εφαρμόστηκε για το λόγο ότι θέλουμε ο κύβος να είναι διαφανής και να φαίνεται μόνο η φωτογραφία. Για να γίνει αυτό στην πράξη, πηγαίνουμε στο Attribute Editor > aiStandardSurface και εισάγουμε στην παράμετρο του χρώματος (Color) τη φωτογραφία με την υποδοχή. Έπειτα πηγαίνουμε στην παράμετρο Opacity, η οποία ανήκει στο χαρακτηριστικό Geometry και εισάγουμε την ασπρόμαυρη φωτογραφία. Ουσιαστικά με αυτή την παράμετρο το Arnold εμφανίζει μόνο ό,τι υπάρχει στο άσπρο. Τέλος, πρέπει να απενεργοποιηθεί το Opaque στις γενικές ρυθμίσεις του Arnold. Αυτή η διαδικασία εφαρμόστηκε και στις υπόλοιπες υποδοχές, στα κουμπιά του υπολογιστή, καθώς και στις βλεφαρίδες του χαρακτήρα και στις οθόνες του γραφείου στο sci-fi δωμάτιο (3^η Σκηνή).



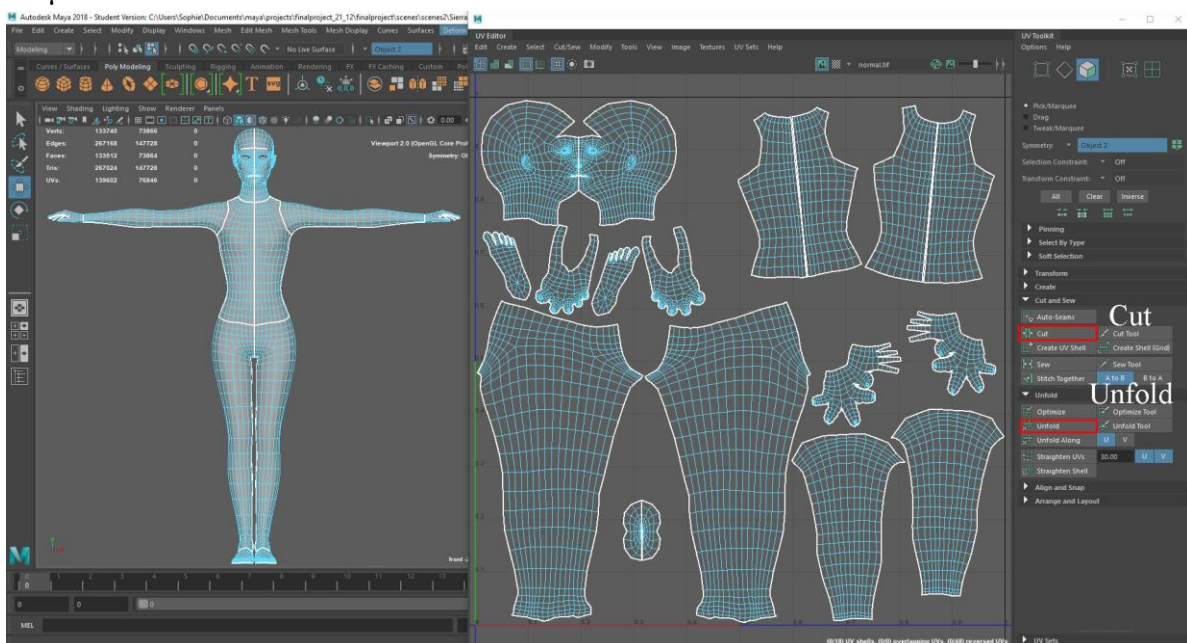
Εικ. 137: Ρύθμιση Opacity

Το UV Editor διαθέτει επίσης και την επιλογή Automatic που μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα αντικείμενα και να ξετυλίξει (unwrap) το UV Map, αλλά εάν το σχήμα είναι πολύπλοκο δε βγαίνει σωστό αποτέλεσμα και πρέπει ο χρήστης να κάνει πολλές μετατροπές. Σε αυτές τις περιπτώσεις ο σχεδιαστής επιλέγει ακριβώς σε ποιες ακμές θα κοπεί το αντικείμενο για να ξετυλιχτεί σωστά η διδιάστατη εικόνα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί επιλέγοντας στο μενού του UV Editor Cut/Sew > Cut. Σε αντίθεση με το Cut, το Sew ενώνει τις ακμές που επιλέγουμε. Για παράδειγμα βλέπουμε το αποτέλεσμα εάν επιλέξουμε το Automatic στον χαρακτήρα. Για να κάνουμε ένωση (Sew) σε όλα τα μικρά μέρη που δημιουργήθηκαν αυτόματα θα ήταν πολύ χρονοβόρο, οπότε δεν είναι η κατάλληλη τεχνική για αυτήν την περίπτωση.



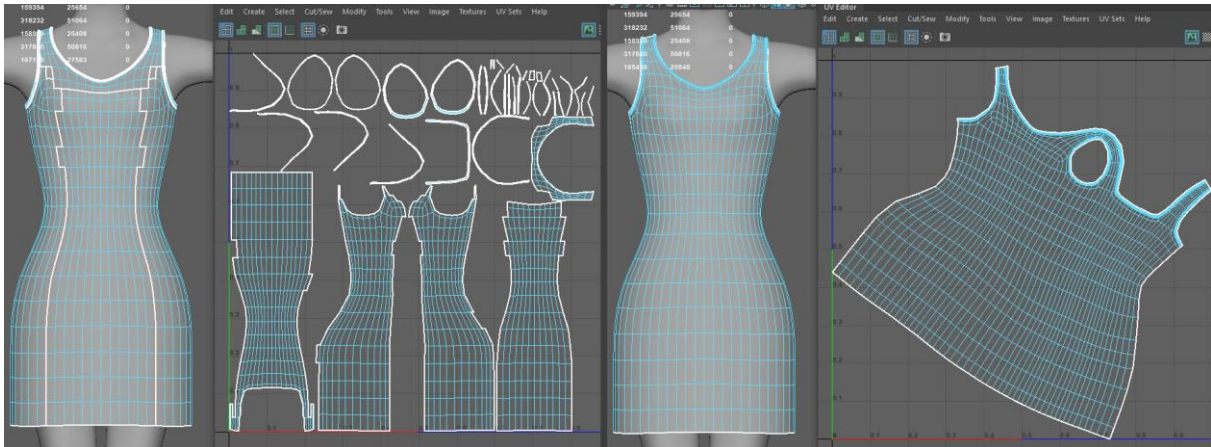
Εικ. 138: Automatic UV Mapping

Συμπερασματικά, το UV Mapping ανθρώπου, ζώων και πολύπλοκων αντικειμένων δημιουργείται χειροκίνητα από το χρήστη. Οπότε πήγαμε στο μοντέλο κι επιλέξαμε ακμές σε κομβικά σημεία, όπως στα περιγράμματα των άνω και κάτω άκρων, στο κέντρο του μοντέλου και στα διαφορετικά τμήματα του σώματος (μέση, κεφάλι, χέρια και πόδια). Επιλέγοντας τις κατάλληλες ακμές εκτελέστηκε το εργαλείο Cut για να κόψει σε εκείνα τα σημεία το τρισδιάστατο αντικείμενο. Στη συνέχεια, επιλέγοντας τα κομμένα μέρη επιλέχθηκε η εντολή Unfold για να ξεδιπλωθούν. Με αυτόν τον τρόπο το μοντέλο είναι τώρα κατάλληλο για να δημιουργηθούν maps και να εφαρμοστούν σωστά πάνω του, είτε εισάγοντάς το UV Map στο Photoshop όπως στις προηγούμενες περιπτώσεις, είτε εισάγοντας όλο το μοντέλο στο Mudbox για να δημιουργηθούν εκεί τα υπόλοιπα maps (color maps, displacement maps κ.λπ.). Εμείς διαλέξαμε τη δεύτερη περίπτωση για να βλέπουμε τις αλλαγές κατευθείαν πάνω στο μοντέλο.



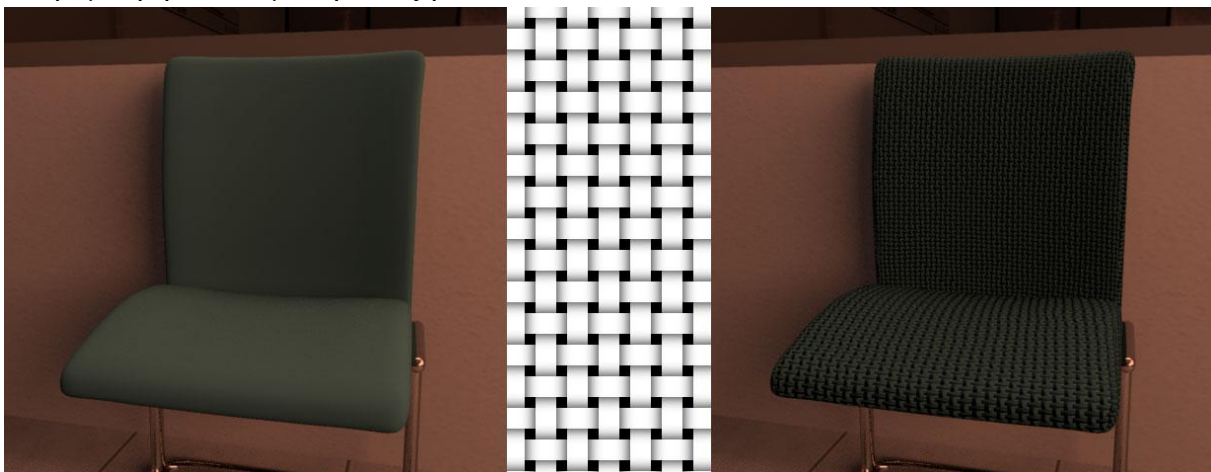
Εικ. 139: Χειροκίνητο UV Mapping

Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για το ρούχο του χαρακτήρα.



Εικ. 140: Αυτόματο vs Χειροκίνητο UV Mapping

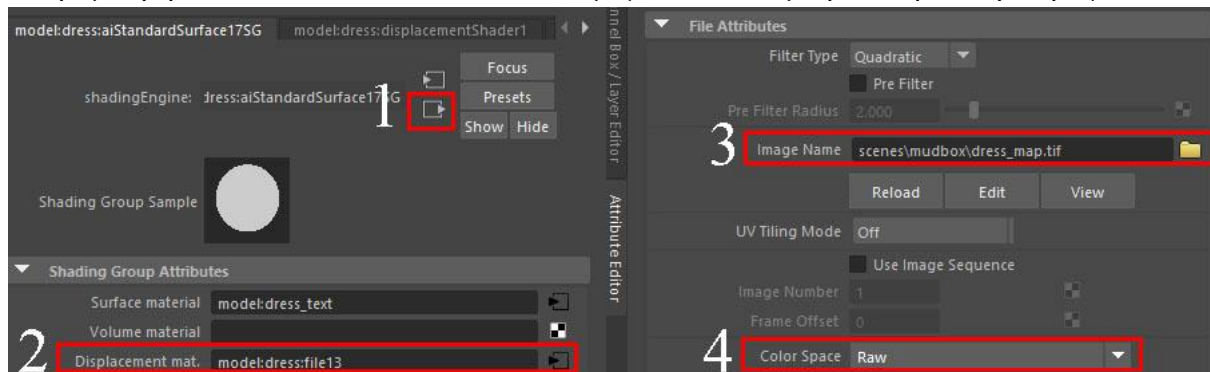
Αφού ετοιμάσαμε τα UV Maps των αντικειμένων, τώρα είναι έτοιμα εφαρμοστούν πάνω τους Texture Maps. Είδαμε ότι για να εφαρμοστεί ένα Color Map έπρεπε να εισαχθεί μια φωτογραφία στην παράμετρο Color του υλικού του αντικειμένου. Όπως αναλύθηκε και στη Θεωρητική Υποδομή, τα maps υφών είναι ασπρόμαυρες δισδιάστατες εικόνες, στις οποίες το άσπρο υποδηλώνει εξόγκωμα και το μαύρο βαθούλωμα. Στην επόμενη φωτογραφία βλέπουμε πώς ήταν η καρέκλα πριν εφαρμοστεί κάποια υφή πάνω της. Στην διπλανή εικόνα της βλέπουμε την ίδια καρέκλα με ένα [bump map](#). Τα bump maps, όπως τα color maps, εφαρμόζονται στο υλικό, οπότε πηγαίνοντας στο aiStandardSurface του αντικειμένου, επιλέγουμε το χαρακτηριστικό Geometry και στην παράμετρο Bump Mapping εισάγουμε την ασπρόμαυρη εικόνα με την πλέξη.



Εικ. 141: Bump Mapping

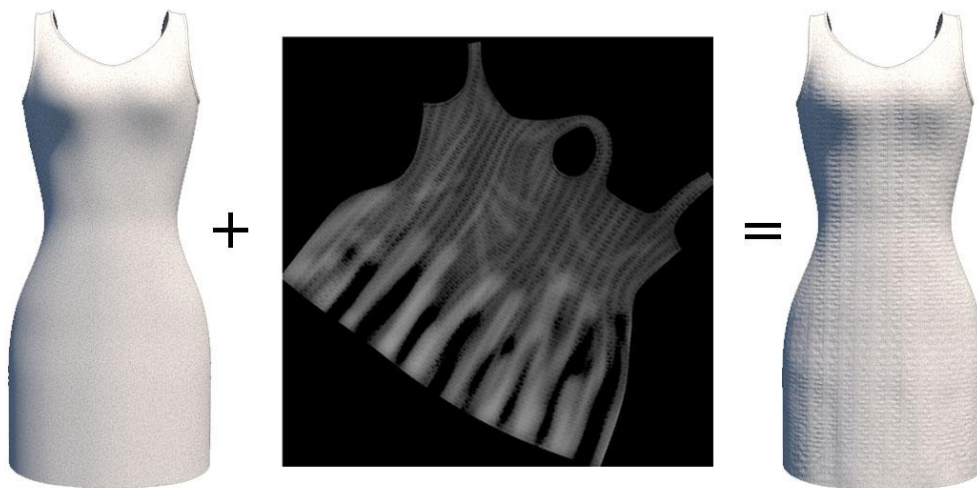
Για να εισάγουμε [Displacement Maps](#) επιλέγουμε στη σκηνή μας το αντικείμενο που θέλουμε, πηγαίνουμε στο Attribute Editor και από τις καρτέλες επιλέγουμε το υλικό aiStandardSurface. Πατάμε το εικονίδιο που φαίνεται παρακάτω στο 1^ο βήμα, στη συνέχεια επιλέγουμε το Displacement material (2) και εισάγουμε την ασπρόμαυρη εικόνα στο Image

name (3). Τέλος, από την drop-down λίστα πρέπει να είναι επιλεγμένο το Raw (4). Στις ρυθμίσεις του Displacement Mapping και του Bump Mapping, μπορούμε να επιλέξουμε το πόσο έντονα ή αχνά θέλουμε να φαίνονται οι υφές, καθώς επίσης να ρυθμίσουμε την ασπρόμαυρη εικόνα να πολλαπλασιαστεί, να μεγαλώσει, να μικρύνει ή να περιστραφεί.



Εικ. 142: Οδηγίες εφαρμογής Displacement map

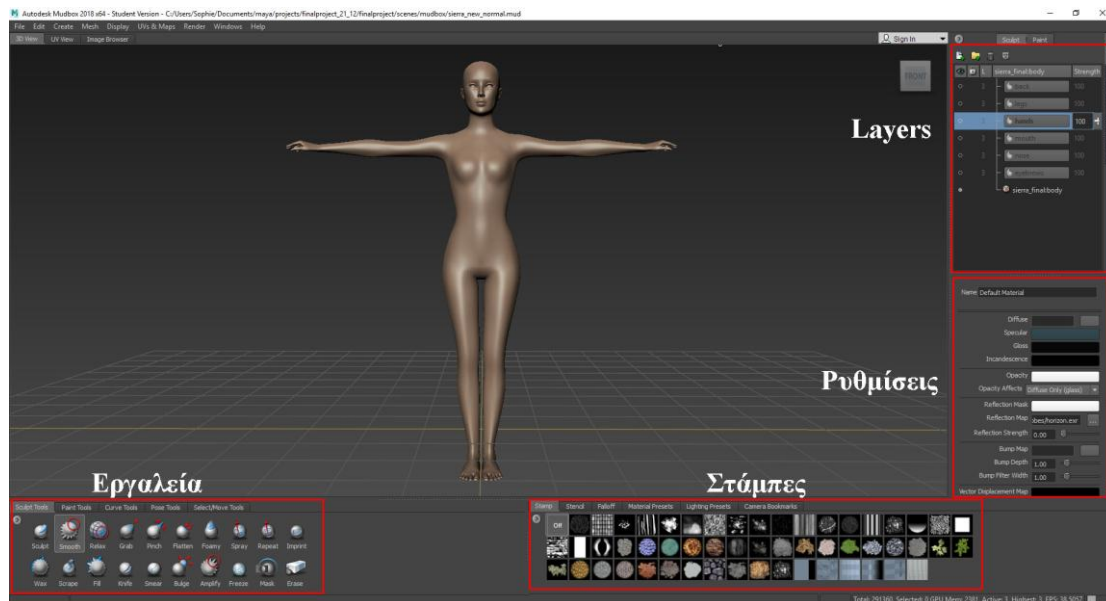
Στην επόμενη εικόνα βλέπουμε στην πράξη την εφαρμογή displacement map στο φόρεμα. Η συγκεκριμένη δισδιάστατη εικόνα δημιουργήθηκε στο Mudbox.



Εικ. 143: Displacement Mapping

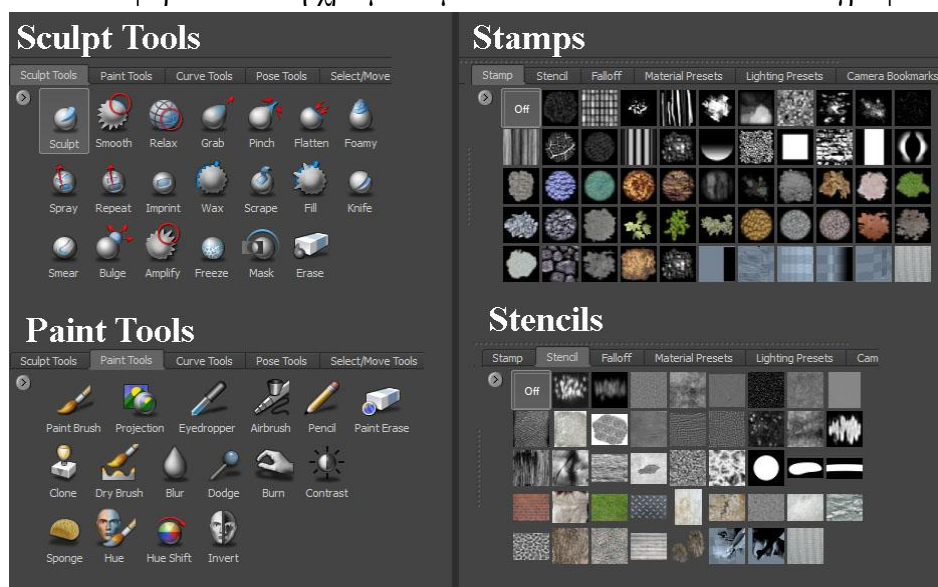
4.4.2 Mudbox

Το Mudbox είναι ένα λογισμικό ψηφιακής γλυπτικής με το οποίο μπορούν να δημιουργηθούν τρισδιάστατα αντικείμενα, να προστεθούν λεπτομέρειες και χρώμα σε μοντέλα που έχουν σχεδιαστεί στο ίδιο ή σε λογισμικά τρισδιάστατης μοντελοποίησης και να εξαχθούν αυτά τα μοντέλα ή τα maps τους. Ο λόγος που χρησιμοποιήθηκε αυτό το πρόγραμμα στην πτυχιακή εργασία είναι για να δημιουργήσει maps υψηλής λεπτομέρειας και στη συνέχεια να εφαρμοστούν στα αντικείμενα στο Maya, όπως είδαμε και παραπάνω. Η σκηνή είναι πιο ελαφριά εάν ένα μοντέλο αποτελείται από χαμηλό αριθμό πολύγωνων και του έχουν εφαρμοστεί maps, από το να αποτελείται από πολλά πολύγωνα που επεξεργάστηκαν σε ένα λογισμικό ψηφιακής γλυπτικής.



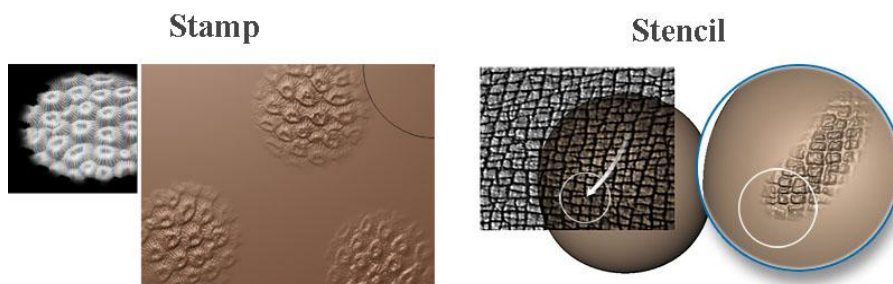
Εικ. 144: Mudbox Interface

Το Mudbox αποτελείται από εργαλεία γλυπτικής και ζωγραφικής. Τα πιο συνηθισμένα εργαλεία γλυπτικής είναι το Sculpt με το οποίο ανασηκώνει την επιφάνεια που αγγίζει, το Smooth το οποίο κάνει την επιφάνεια πιο λεία, το Relax που κάνει την επιφάνεια πιο ομοιόμορφη χωρίς να επηρεάζει το σχήμα του μοντέλου. Επίσης υπάρχει το Grab το οποίο μετακινεί ένα σημείο στην κατεύθυνση που θα υποδείξουμε, το Flatten που κάνει την επιφάνεια επίπεδη, το Foamy που είναι σαν το Sculpt, αλλά ανασηκώνει πιο ομοιόμορφα την επιφάνεια που περνάει το ποντίκι, το Knife το οποίο δημιουργεί απότομες εσοχές στο αντικείμενο και το Erase που διαγράφει οποιαδήποτε γλυπτική έχει δημιουργηθεί. Τα εργαλεία ζωγραφικής που χρησιμοποιούνται συχνότερα είναι τα Paint Brush, Airbrush και Pencil που είναι διαφορετικά είδη χρωματισμού και το Paint Erase που διαγράφει το χρώμα.



Εικ. 145: Mudbox Tools

Το Mudbox, όπως και τα περισσότερα λογισμικά ψηφιακής γλυπτικής, δίνει τη δυνατότητα αποτύπωσης μοτίβων με τη χρήση των εργαλείων που προαναφέρθηκαν. Μπορεί δηλαδή να δημιουργήσει λεπτομέρειες που βασίζονται στα Stamps και τα Stencils. Η ομοιότητά τους είναι πως τα μοτίβα δημιουργούνται με το άσπρο χρώμα των εικόνων, ενώ το μαύρο δεν επηρεάζει καθόλου τη γλυπτική. Η διαφορά τους είναι ότι το Stamp είναι ένα εργαλείο αποτύπωσης που λειτουργεί όπως μία σφραγίδα, ενώ με το Stencil εμφανίζεται το μοτίβο σε όλη την οθόνη και ο σχεδιαστής μπορεί δημιουργήσει λεπτομέρειες συνεχόμενα στο αντικείμενο. Όλα τα εργαλεία του προγράμματος μπορούν να ρυθμιστούν, όπως για παράδειγμα το μέγεθος και η έντασή τους. Επιπλέον, είναι απαραίτητο για την οργάνωση, τον έλεγχο και τη δυνατότητα διορθώσεων, να δημιουργείται νέο Layer μετά από κάθε ουσιαστική αλλαγή.



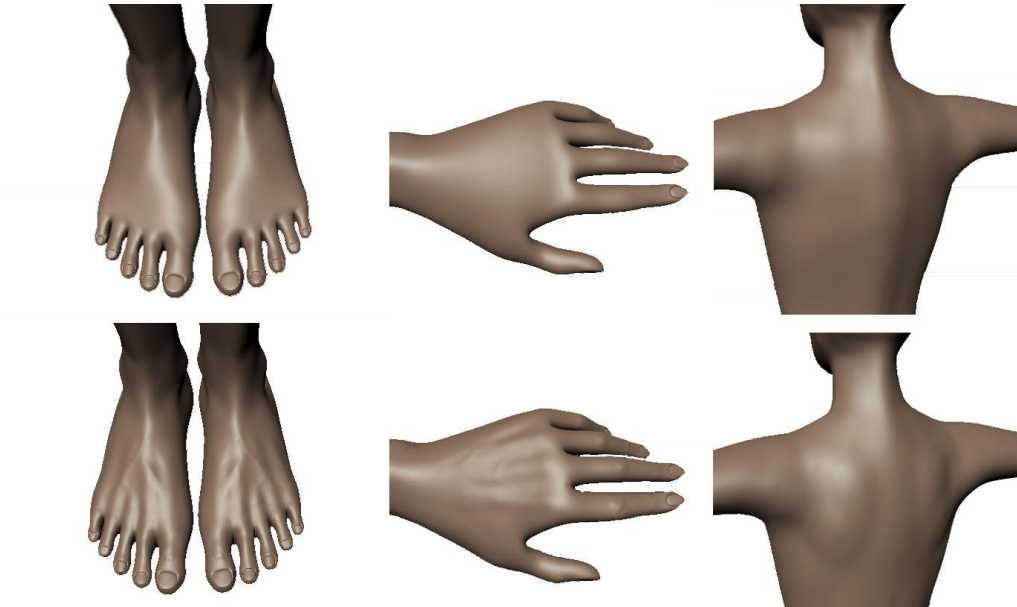
Εικ. 146: Stamp & Stencil

Αφού δημιουργήθηκε ο χαρακτήρας και τα UV maps στο Maya τον εισάγουμε στο Mudbox για να του προσθέσουμε λεπτομέρειες με γλυπτική και ζωγραφική. Για να φαίνονται καλύτερα τα αποτελέσματα της γλυπτικής, ανεβάζουμε τον αριθμό των πολύγωνων με το Shift+D. Ξεκινώντας με τη γλυπτική και με το πρόσωπο, προσθέτουμε λεπτομέρειες στα χείλη με τα εργαλεία Sculpt και Knife και στα φρύδια, με επιλεγμένο το εργαλείο Sculpt, ενεργοποιούμε ένα Stamp με γραμμές και δημιουργούμε τα φρύδια. Επιπλέον, με το Sculpt κι ενεργοποιημένο το Mirror στις ρυθμίσεις του, για να ανυψώνει ταυτόχρονα και στις 2 πλευρές του σώματος ως προς τον άξονα x, δημιουργήθηκε η κλείδα.



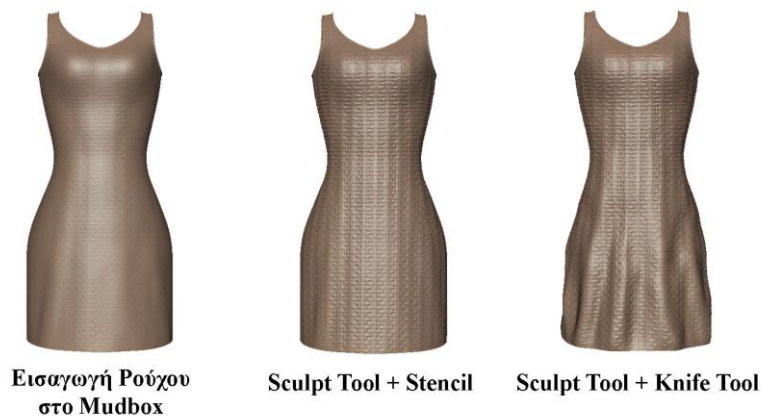
Εικ. 147: Mudbox: Sculpting Προσώπου

Συνεχίστηκε αυτή η διαδικασία και στο υπόλοιπο σώμα. Αλλάζοντας το μέγεθος και την ένταση στο εργαλείο Sculpt και με το Mirror ενεργοποιημένο ως προς τον άξονα x δημιουργήθηκαν γόνατα και αγκώνες και προστέθηκαν λεπτομέρειες στα πόδια, τα χέρια και την πλάτη.



Εικ. 148: Mudbox: Sculpting Σώματος

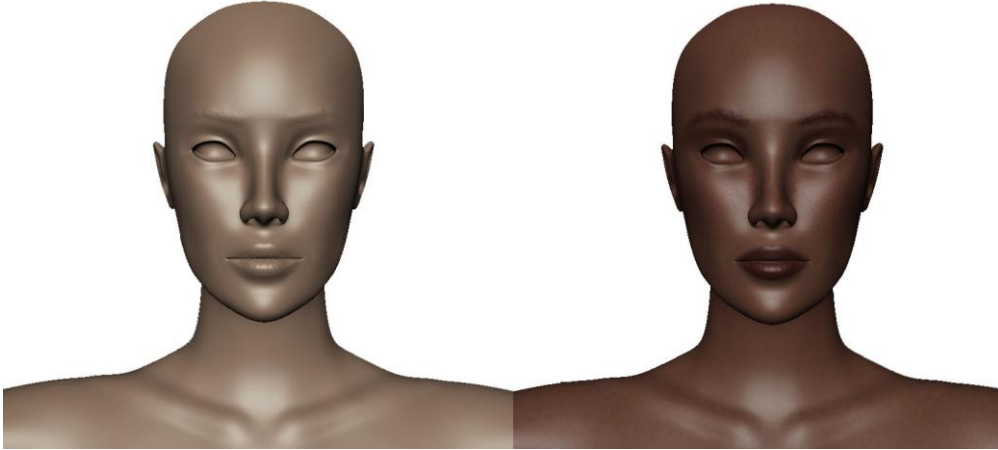
Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, οι υφές του ρούχου του χαρακτήρα δημιουργήθηκαν στο Mudbox. Αφού εισήχθη στο πρόγραμμα το αντικείμενο, με το εργαλείο Sculpt και ένα Stencil που απεικονίζει μια πλέξη, δημιουργήθηκαν οι λεπτομέρειες του φορέματος. Στη συνέχεια με το Sculpt Tool και με το Knife Tool φτιάχτηκαν οι τσακίσεις του ρούχου.



Εικ. 149: Mudbox: Sculpting Ρούχου

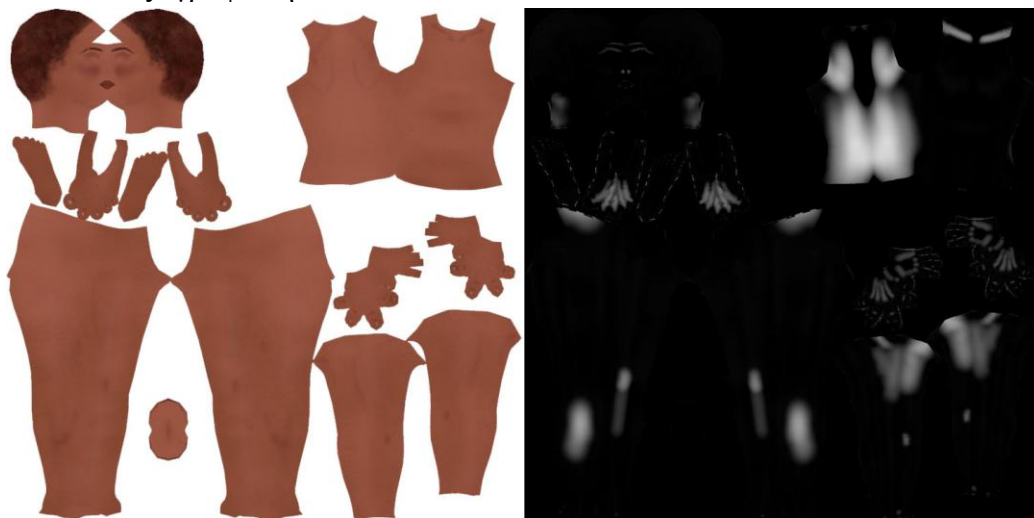
Αφού τελειώσαμε με το κομμάτι της γλυπτικής, συνεχίσαμε με τη ζωγραφική. Για λόγους ευκολίας, υπάρχουν διαφορετικές καρτέλες στο πρόγραμμα για τα Layers της γλυπτικής και για τα Layers της ζωγραφικής. Φτιάξαμε νέο Layer για το δέρμα και χρωμάτισαμε το μοντέλο με το Paint Brush. Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν διάφορα Stamps για

την εισαγωγή φακίδων και αφηρημένων λεπτομερειών στο σώμα. Στη συνέχεια φτιάχτηκαν καινούρια Layers για τα φρύδια, το make-up, τις αρθρώσεις, αλλά και για τα νύχια. Τα φρύδια ζωγραφίστηκαν με το Paint Brush σε συνδυασμό με ένα Stamp, και τα υπόλοιπα Layers δημιουργήθηκαν με το Paint Brush αλλάζοντας μόνο το χρώμα και το μέγεθος στις ρυθμίσεις του.



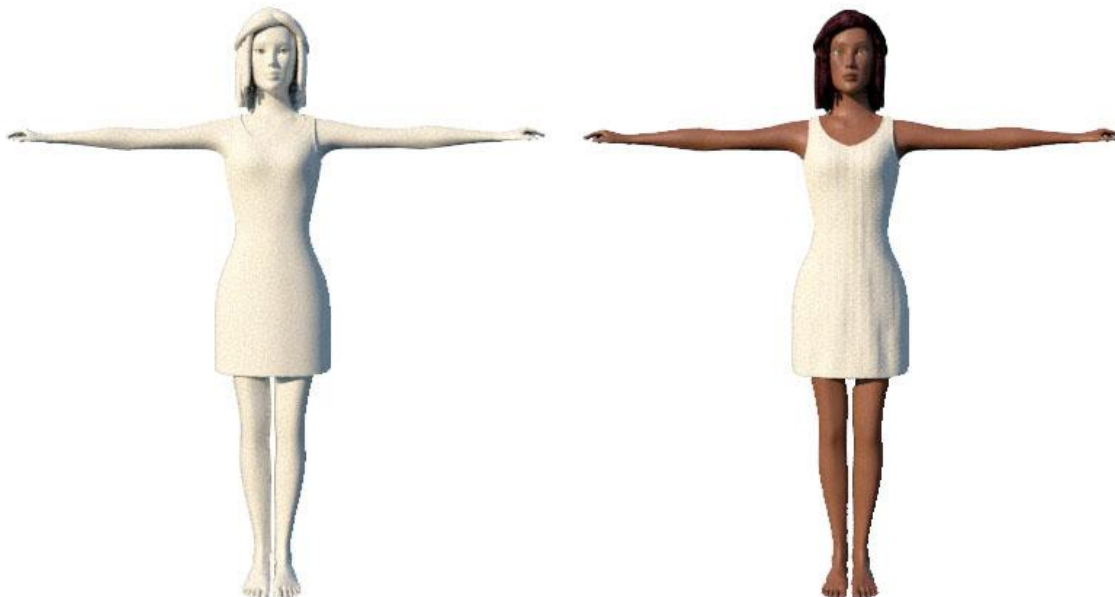
Εικ. 150: Mudbox Painting

Αφού τελειώσαμε και με τη ζωγραφική, θα μπορούσαμε να εισάγουμε το μοντέλο όπως είναι στο Maya. Αλλά επειδή αυξήσαμε νωρίτερα τον αριθμό των πολυγώνων του, για να μπορέσουμε να εισάγουμε μικρές λεπτομέρειες με τη ψηφιακή γλυπτική, θα βάραινε πολύ τη σκηνή και θα καθυστερούσε τη διαδικασία του Rendering. Γι' αυτό το λόγο μπορούμε να εξάγουμε μόνο τα Maps και να τα εφαρμόσουμε στις κατάλληλες παραμέτρους του μοντέλου. Για να επιτευχθεί αυτό πηγαίνουμε στο μενού του Mudbox κι επιλέγουμε **UV&Maps >Extract Texture Maps >New Operation** κι επιλέγουμε το Map που θέλουμε. Στην συγκεκριμένη περίπτωση θα επιλέξουμε το Displacement Map, το οποίο θα απεικονίσει στο μοντέλο αυτά που δημιουργήθηκαν στη γλυπτική. Για να γίνει εξαγωγή του Color Map πηγαίνουμε στο μενού **File >Export All Paint Layers** και αυτό το Map θα εμφανίσει πάνω στο μοντέλο ό,τι ζωγραφίστηκε.



Εικ. 151: Color Map & Displacement Map

Αφού δημιουργήθηκαν τα Texture Maps, επιστρέψαμε στο Maya και αφού εφαρμόσαμε στον χαρακτήρα μας το Shader του Arnold aiStandardSurface, εισήχθη το Color Map στην παράμετρο Color και το Displacement Map στην παράμετρο Displacement Material που απεικονίστηκε και παραπάνω, συγκεκριμένα στην Εικόνα 142.

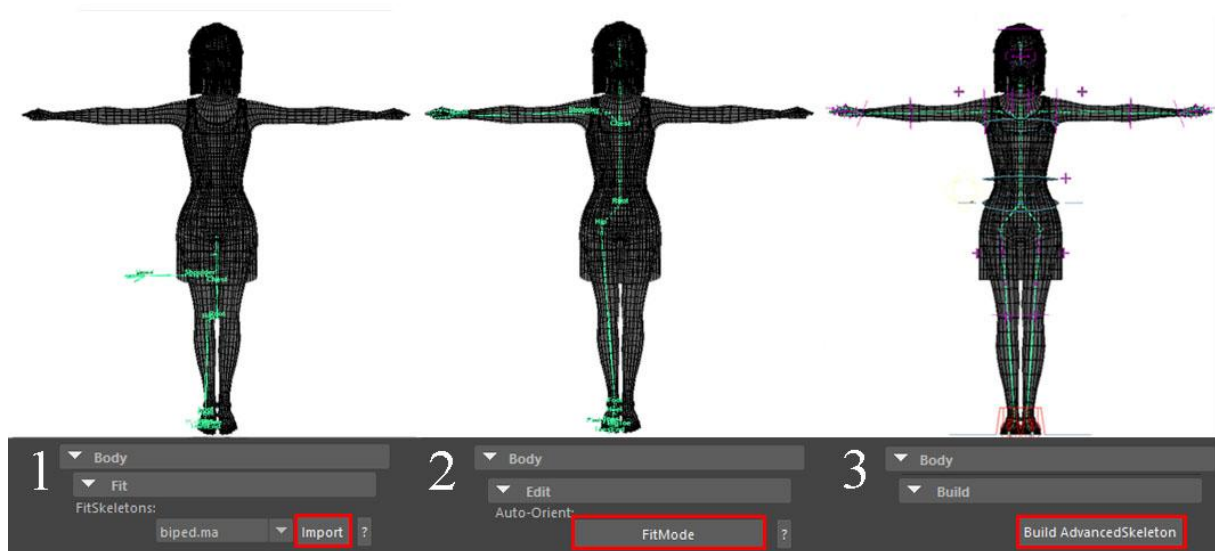


Εικ. 152: Μοντέλο χωρίς Texture Maps vs Μοντέλο με Texture Maps

4.5 Rigging

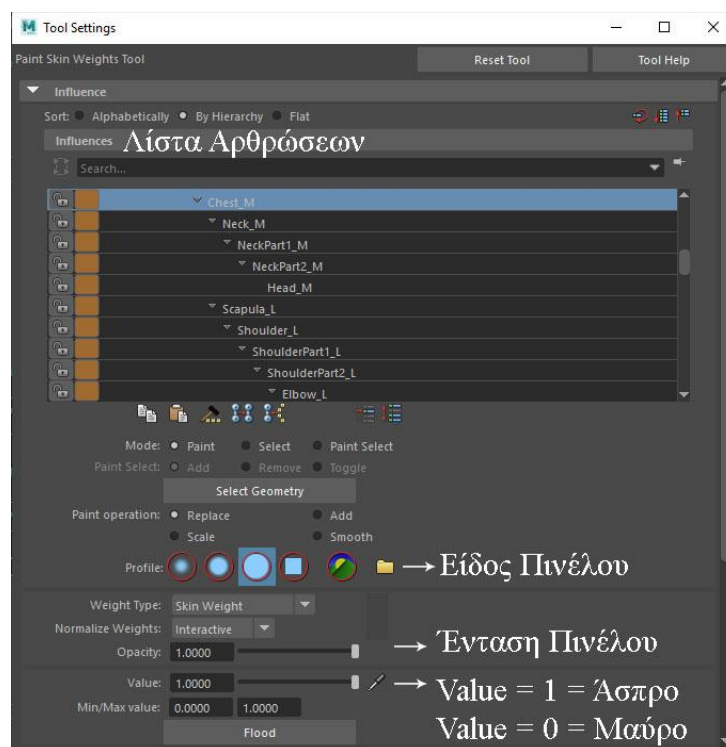
Το Rigging είναι η διαδικασία εφαρμογής σκελετού τον οποίο μπορεί να χειριστεί αργότερα ο σχεδιαστής με σκοπό τη δημιουργία κίνησης. Παρόλο που το Maya διαθέτει εργαλεία γι' αυτή τη διαδικασία, επιλέχθηκε το Advanced Skeleton, σαν plug-in στο Maya, για το λόγο ότι προσφέρει κάποιες αυτοματοποιημένες ενέργειες και απόλυτο έλεγχο του τελικού αποτελέσματος.

Αρχικά, πήγαμε στις ρυθμίσεις του Advanced Skeleton και κάναμε Import τον σκελετό. Αφού τον φέραμε σε κατάσταση επεξεργασίας με την επιλογή Fit Mode, τοποθετήσαμε κάθε άρθρωση στη σωστή θέση. Έπειτα, επιλέξαμε το Build Advanced Skeleton και αφού έγινε Mirror ο σκελετός, προστέθηκαν αυτόματα χειρισμοί για Άμεση Κινηματική ([FK](#)) και για Αντίστροφη Κινηματική ([IK](#)). Στη συνέχεια επιλέξαμε τον χαρακτήρα και το ρούχο και πήγαμε στις ρυθμίσεις του plug-in στο **Body > Deform (Option 1) > Set Smooth Bind Options** με σκοπό να συνδεθούν με τον σκελετό και αυτόματα να επηρεάζονται και να κινούνται μαζί του.



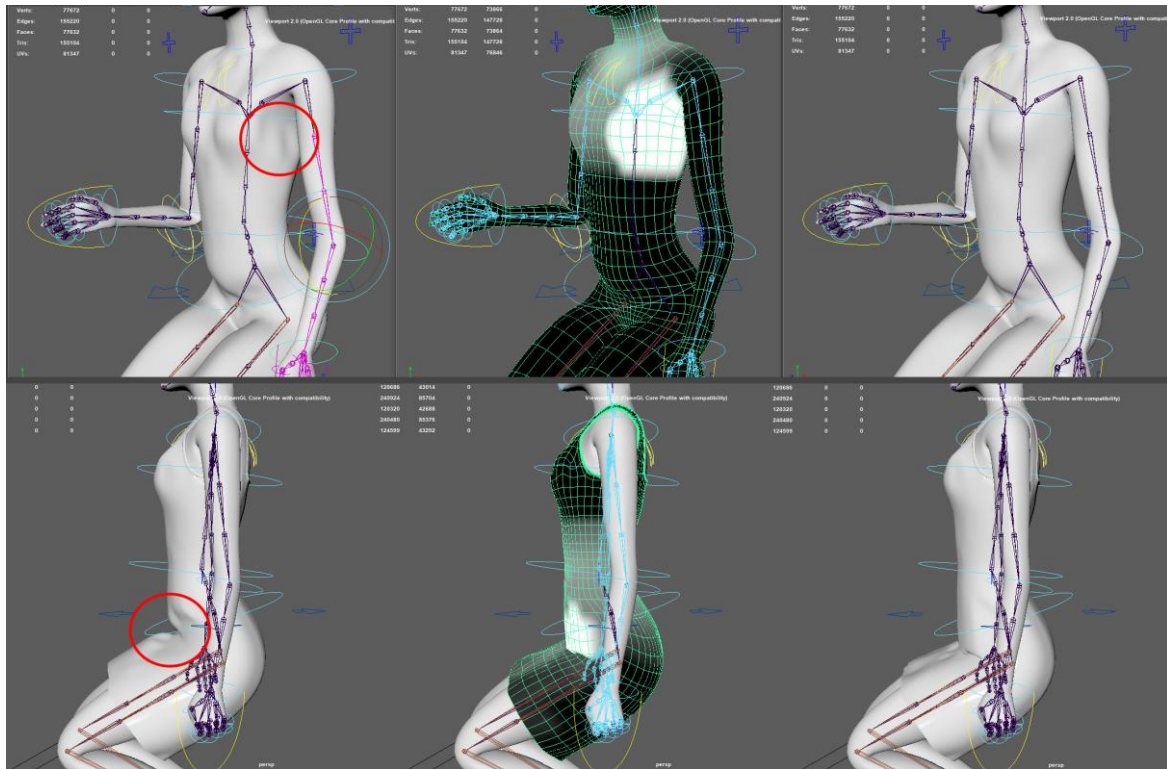
Εικ. 153: Build Skeleton

Μετά την εισαγωγή σκελετού και τη σύνδεσή του με το μοντέλο ακολούθησε η διαδικασία Skinning. Ουσιαστικά έγινε έλεγχος σε κάθε άρθρωση μετακινώντας τη για να διαπιστωθεί με ποιόν τρόπο επηρεάζει το μοντέλο. Σε σημεία που το παραμορφώνει πραγματοποιείται η διαδικασία Skinning για να το διορθώσει. Στο Skinning το μαύρο σημαίνει ότι η άρθρωση δεν επηρεάζει το μοντέλο, ενώ το άσπρο ότι το επηρεάζει. Για να το βρούμε στο Maya πρέπει το drop-down list μενού να αλλάξει από το Modeling στο Rigging. Έπειτα, πηγαίνουμε στο κεντρικό μενού κι επιλέγουμε Skin > Paint Skin Weights.



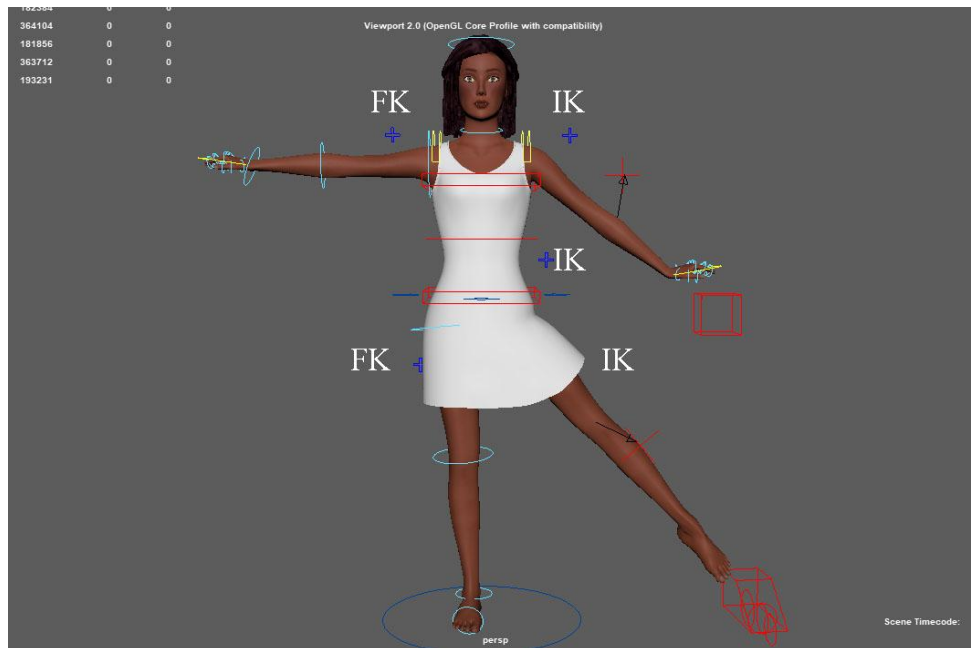
Εικ. 154: Paint Skin Weights Tool

Πηγαίνοντας στις ρυθμίσεις του εργαλείου μπορούμε να επιλέξουμε κάθε μία άρθρωση και να βλέπουμε παράλληλα την επίδραση που έχει στο μοντέλο. Ύστερα μπορούμε να βάψουμε με άσπρο ή μαύρο τα μέρη που θέλουμε να έχουν ή να μην έχουν επιρροή αντίστοιχα. Και σε αυτή τη διαδικασία υπάρχει η επιλογή Mirror στο **Skin > Mirror Skin Weights**. Οπότε έχουμε τη δυνατότητα να ζωγραφίζουμε τα Skin Weights στη μία πλευρά του μοντέλου και να επιλέγουμε Mirror για να αντιγραφούν και στην άλλη.



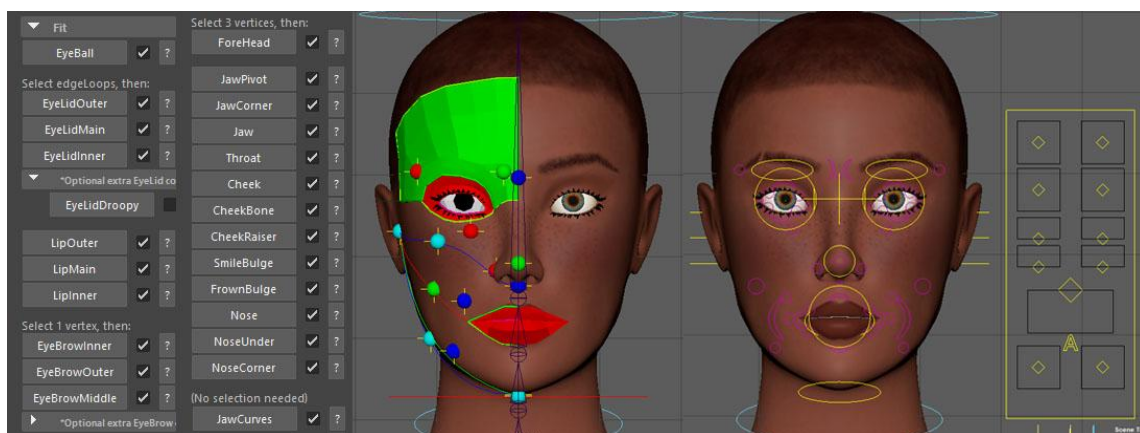
Εικ. 155: Skinning

Αφού ολοκληρώθηκε η διαδικασία του Skinning μπορούμε να δοκιμάσουμε τον σκελετό. Ο σκελετός που δημιουργήθηκε αποτελείται από χειριστήρια IK και FK και μπορούμε να ρυθμίσουμε με ποιόν από τους δύο τρόπους θέλουμε να χειριστούμε κάθε τμήμα, επιλέγοντας τους σταυρούς (Εικ. 156) και αλλάζοντας τις ρυθμίσεις στο Channel Box. Οι σταυροί αυτοί υποδεικνύουν ότι εμπεριέχονται χειρισμοί IK και FK και επηρεάζουν κομβικά σημεία· τον κορμό, τα χέρια και τα πόδια. Στην παρακάτω εικόνα ρυθμίστηκαν οι χειρισμοί ούτως ώστε ο κορμός και η αριστερή πλευρά του μοντέλου να ελέγχονται με IK και η δεξιά πλευρά με FK. Στην αριστερή πλευρά παρατηρούμε ότι μετακινώντας τα κόκκινα κουτιά κινείται όλο το χέρι και το πόδι, ενώ στη δεξιά πλευρά του μοντέλου θα πρέπει να γίνει Rotate κάθε άρθρωση ξεχωριστά. Μπορούμε να χειριστούμε ξεχωριστά τις αρθρώσεις με FK στα δεξιά του μοντέλου, επιλέγοντας τους γαλάζιους κύκλους που βρίσκονται στον ώμο, τον αγκώνα και τον καρπό - για το χέρι - και στον γοφό, το γόνατο και τον αστράγαλο για το πόδι. Όπου δηλαδή βλέπουμε γαλάζιους κύκλους είναι οι χειριστές κίνησης με FK και όπου βλέπουμε κόκκινα κουτιά είναι οι χειριστές κίνησης με IK.



Εικ. 156: Rig Controls

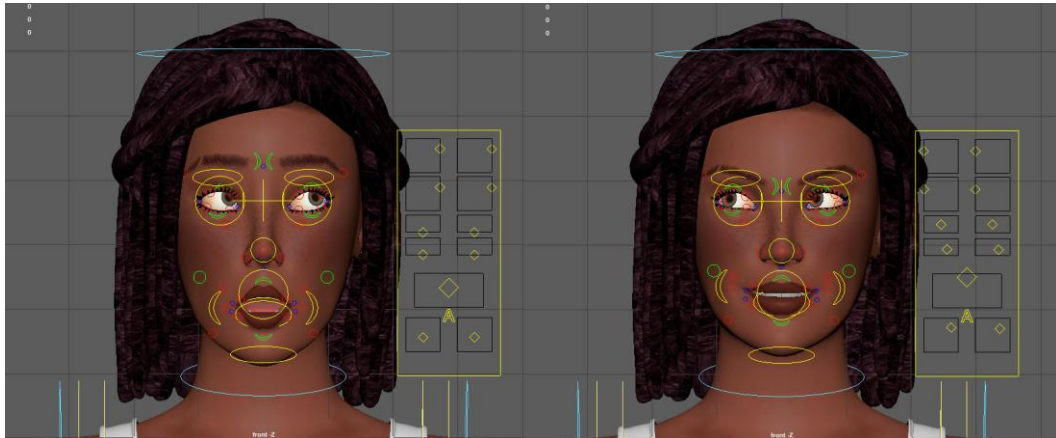
Αφού τελειώσαμε με το σώμα συνεχίζουμε με το πρόσωπο στο Advanced Skeleton. Ακολουθώντας μία μία τις επιλογές του plug-in για το πρόσωπο (Face) επιλέγουμε αυτό που μας ζητάει κάθε φορά. Για παράδειγμα το περίγραμμα των ματιών, το περίγραμμα των χειλιών, την άκρη της μύτης, το σαγόι, την αρχή και το τέλος των φρυδιών κ.λπ. Μπορεί να μας ζητήσει να επιλέξουμε ακμές ή κορυφές, αλλά σε κάθε περίπτωση, αφού τα επιλέξουμε, πατάμε το κουμπί με το αντίστοιχο όνομα στις ρυθμίσεις. Αφού πραγματοποιήσει όλους τους υπολογισμούς, στο τέλος παράγει ένα πινακάκι που περιέχει μικρά χειριστήρια για τις εκφράσεις του προσώπου.



Εικ. 157: Face Rigging

Κάθε χειριστήριο επηρεάζει κάποιο τμήμα του προσώπου και αν τους αλλάξουμε θέση μετακινούν και το αντίστοιχο τμήμα. Παρακάτω μπορούμε να παρατηρήσουμε τις αλλαγές στον πίνακα ελέγχου κίνησης και ταυτόχρονα την επιρροή τους στο μοντέλο. Τα πρώτα χειριστήρια επηρεάζουν τα φρύδια και τα μάτια, το μεσαίο τη μύτη και τα δύο

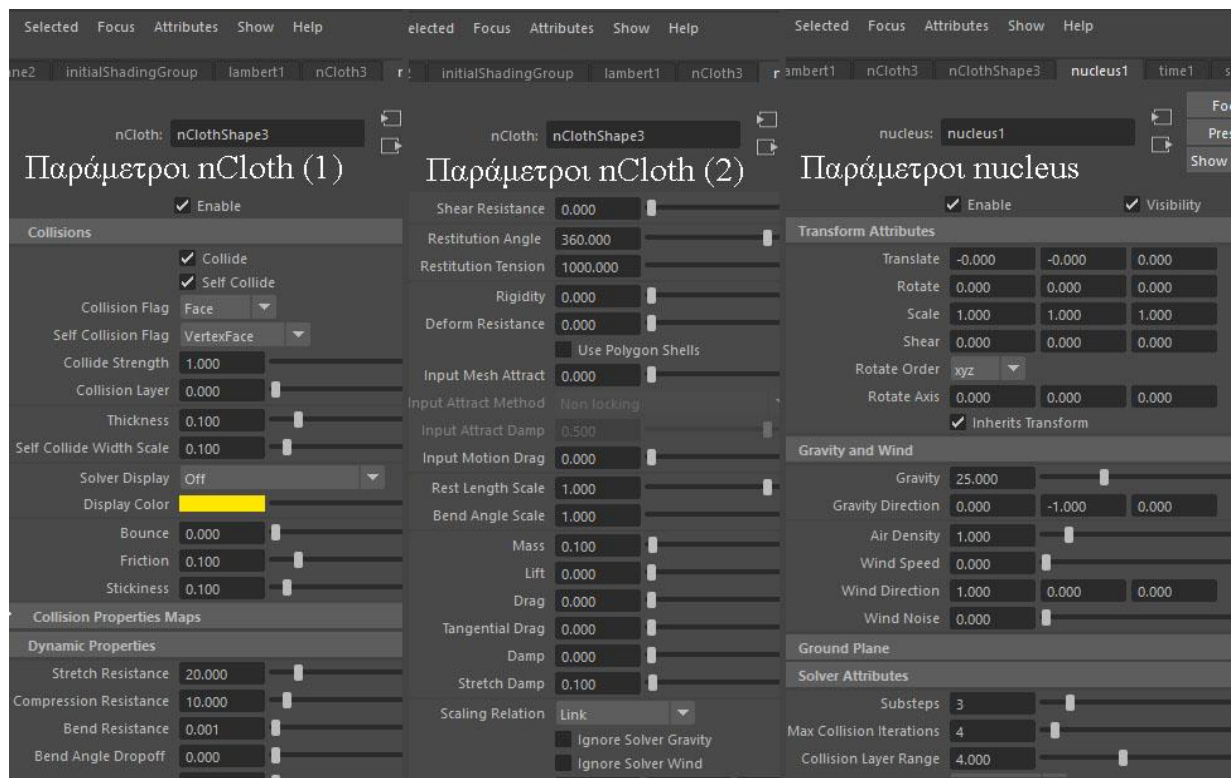
τελευταία την κάτω γνάθο και το στόμα. Μετά από τη διαδικασία Rigging και Skinning, το μοντέλο είναι έτοιμο για animation.



Εικ. 158: Face Rig Control

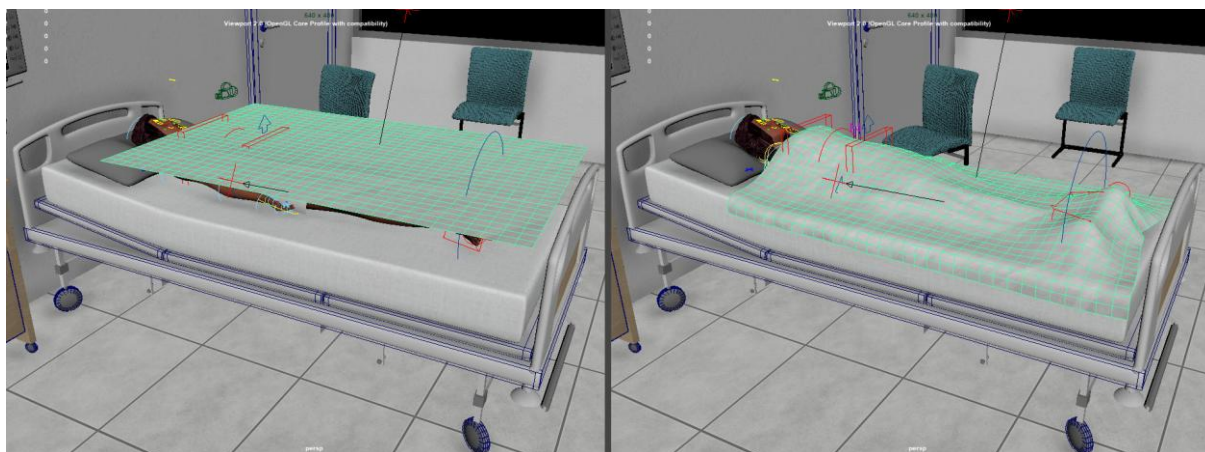
4.6 Dynamics

Στην εργασία χρησιμοποιήθηκαν [Dynamics](#) για να συμπεριφερθεί ένα επίπεδο σχήμα (planar) σαν ύφασμα. Αρχικά, εισήχθη το planar στη σκηνή και τροποποιήθηκε το σχήμα του και οι υποδιαιρέσεις του στο Attribute Editor. Όσα περισσότερα είναι τα πολύγωνα σε ένα αντικείμενο, τόσο αυξάνονται και οι λεπτομέρειες. Στη συνέχεια αλλάξαμε στην drop-down λίστα το Rigging σε FX και αφού άλλαξε το κεντρικό μενού, επιλέξαμε το **nCloth > Create nCloth** με επιλεγμένο το planar.



Εικ. 159: Παράμετροι Dynamics

Πηγαίνοντας στις ρυθμίσεις του nCloth στο Attribute Editor υπάρχουν πολλές παράμετροι που μπορούμε να ρυθμίσουμε. Για παράδειγμα την ελαστικότητα του υφάσματος, τη μάζα του, την αντίστασή του και πολλά ακόμα. Επιπλέον, με το που χρησιμοποιήσουμε nCloth, ή γενικά Dynamics στην σκηνή, δημιουργείται αυτόματα στο Attribute Editor μία καρτέλα με το όνομα nucleus και οι παράμετροί της έχουν σχέση με τη φυσική στην σκηνή. Μπορούμε δηλαδή να ρυθμίσουμε την ένταση της βαρύτητας, του ανέμου, ακόμα και την κατεύθυνσή τους. Οι δυνάμεις αυτές επηρεάζουν μόνο τα αντικείμενα που έχουν εφαρμοστεί πάνω τους Dynamics.



Εικ. 160: nCloth

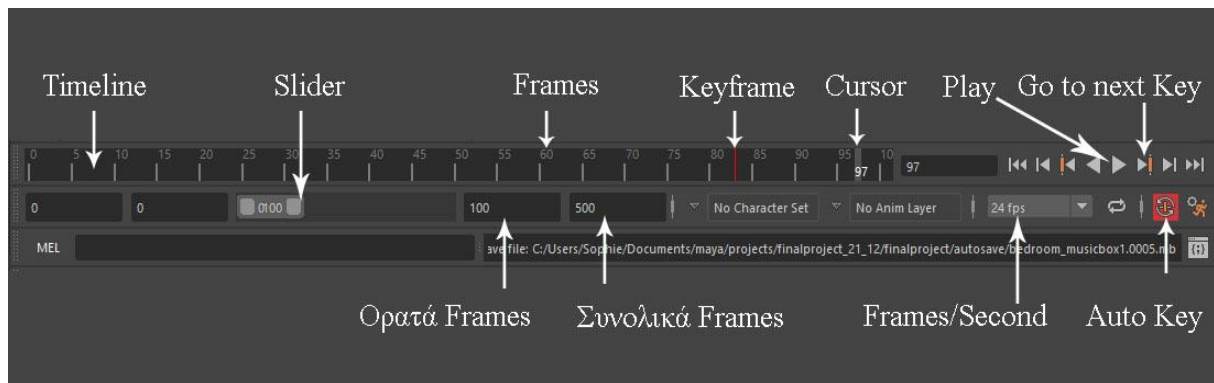
Όταν τελικά πατήσουμε Play στο Timeline του προγράμματος, το planar θα αρχίσει να πέφτει λόγω της βαρύτητας, αλλά θα διαπεράσει όποιο αντικείμενο συναντήσει. Για την αποφυγή αυτού επιλέγουμε τα αντικείμενα που θέλουμε να αλληλεπιδράσει, στη συγκεκριμένη περίπτωση το χαρακτήρα, το φόρεμα και το στρώμα του κρεβατιού (Εικ.160). Στη συνέχεια πηγαίνουμε στο μενού **nCloth > Create Passive Collider** και με αυτήν την επιλογή το σεντόνι (planar) θα συγκρούεται με τα συγκεκριμένα αντικείμενα και δε τα διαπερνάει. Οι παράμετροι των Passive Colliders διαθέτουν στο Attribute Editor το χαρακτηριστικό nucleus (όπως και το nCloth) καθώς και μία καρτέλα με το όνομα nRigid στην οποία μπορούμε να ρυθμίσουμε κάποιες βασικές παραμέτρους που σχετίζονται με τη σύγκρουση, όπως για παράδειγμα την ένταση της σύγκρουσης και το πόσο κολλώδης είναι η επιφάνεια.

Οι λόγοι που χρησιμοποιήθηκαν Dynamics ήταν για εξοικονόμηση χρόνου και για την απόδοση καλύτερου αποτελέσματος. Θα ήταν πολύ δυσκολότερο και πιο χρονοβόρο να επεξεργαζόμασταν όλες τις κορυφές του planar για σχηματίσουμε το περίγραμμα του χαρακτήρα. Στο τέλος, για να μείνει το σεντόνι στην τελική του μορφή και να μη γίνεται επίπεδο planar κάθε φορά που γυρνάμε το timeline στην αρχή, πηγαίνουμε στο κεντρικό μενού κι επιλέγουμε **nCloth > Rest Shape > Set Rest to Start Shape**.

4.7 Animation

Το Animation πραγματοποιήθηκε στο Maya με την προσθήκη κλειδιών (keyframes) στο timeline του προγράμματος. Δηλαδή για να αποθηκεύσουμε κάποια αλλαγή την

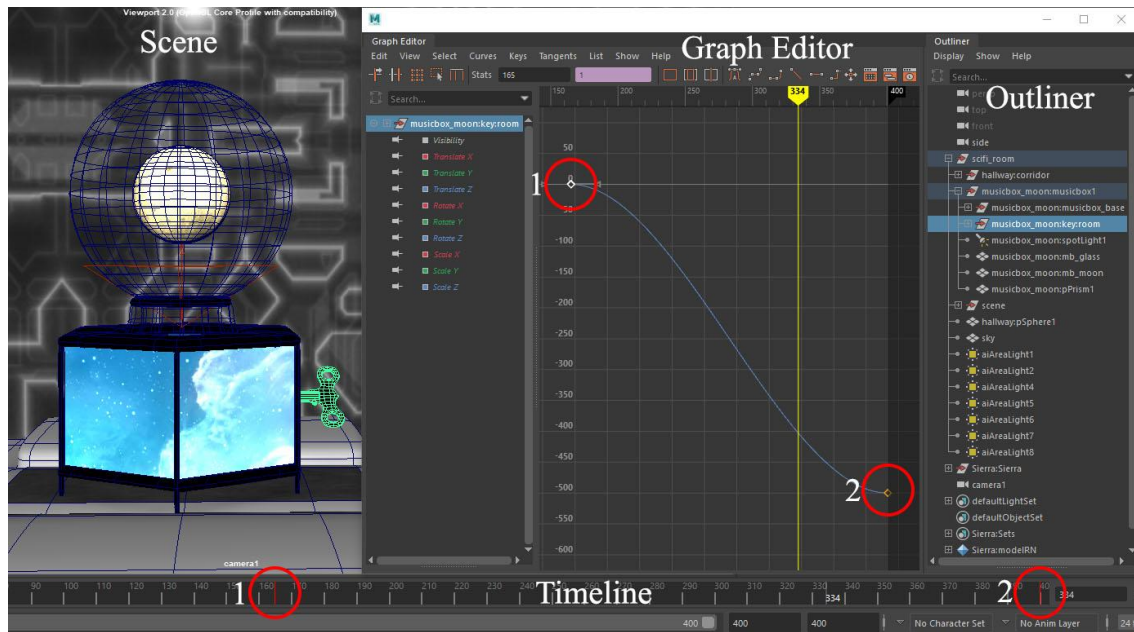
“κλειδώνουμε” στο timeline με keyframe. Το timeline αποτελείται από μια μπάρα με αριθμούς, οι οποίοι απεικονίζουν τα frames. Για την εισαγωγή keyframe μπορούμε να πατήσουμε το S ή εναλλακτικά μπορούμε να ενεργοποιήσουμε το Auto Key, το οποίο εισάγει αυτόματα keyframes μετά από οποιαδήποτε αλλαγή στη σκηνή. Πατώντας το S υπάρχει μεγαλύτερος έλεγχος από τον σχεδιαστή, αλλά και η πιθανότητα να ξεχάσει να εισάγει κάπου κάποιο κλειδί. Με το Auto Key μπορεί να γίνει προσθήκη κλειδιών σε σημεία που δε χρειάζεται και όσο περισσότερα κλειδιά υπάρχουν, τόσο περισσότερο διαρκεί το Rendering. Και οι δύο τρόποι είναι χρήσιμοι και εκτελούνται ανάλογα με τις απαιτήσεις κάθε animation και τις περισσότερες φορές χρησιμοποιούνται και οι δύο σε κάθε σκηνή.



Εικ. 161:Timeline

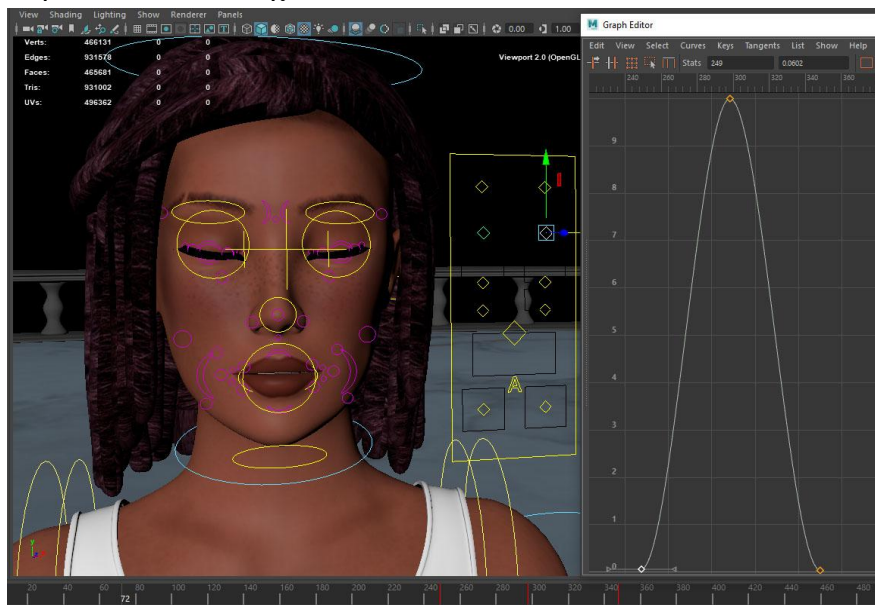
Αρχικά, επιλέξαμε από την drop-down λίστα το Animation για να μας εμφανίσει το ανάλογο περιεχόμενο στο κεντρικό μενού. Στη συνέχεια επιλέξαμε από το μενού **Windows > Animation Editors > Graph Editor** όπου άνοιξε ένα νέο παράθυρο. Το Graph Editor είναι κατάλληλο για τη διαχείριση και επεξεργασία των keyframes. Μπορούμε να δούμε όλα τα keyframes από όποια μοντέλα είναι επιλεγμένα στη σκηνή. Έχουμε τη δυνατότητα να τα επεξεργαστούμε μεμονωμένα, αλλά και μαζικά. Διαθέτει εργαλεία όπου μπορούμε να τα μετακινήσουμε όλα μαζί, καθώς και να τα φέρουμε πιο κοντά μεταξύ τους στο Timeline ή να τα απομακρύνουμε που θα είχε σαν αποτέλεσμα να εκτελείται το animation πιο γρήγορα και πιο αργά αντίστοιχα.

Ένα απλό παράδειγμα animation που δημιουργήθηκε για την πτυχιακή είναι το μουσικό κουτί. Για να γυρνάει το κουρδιστήρι εισήχθη ένα keyframe στην αρχική του θέση και ένα αργότερα στο timeline αφού περιστράφηκε αρκετές φορές (Rotate). Πατώντας το Play στο Timeline θα δούμε στη σκηνή το αντικείμενο να περιστρέφεται. Πολλές φορές μπορεί να καθυστερεί η αναπαραγωγή και να μη γίνεται σε πραγματικό χρόνο. Αλλάζοντας και ελαττώνοντας στο Timeline τα Frames/Seconds θα έχουμε ένα αποτέλεσμα που θα πλησιάζει στο τελικό, του Rendering. Γι' αυτό όποτε αναπαράγουμε το animation χαμηλώνουμε τον αριθμό fps στη σκηνή για να αποφεύγονται αργότερα τα πολλά Rendering σε περίπτωση που δεν έχει βγει το animation όπως υπολογίζαμε.



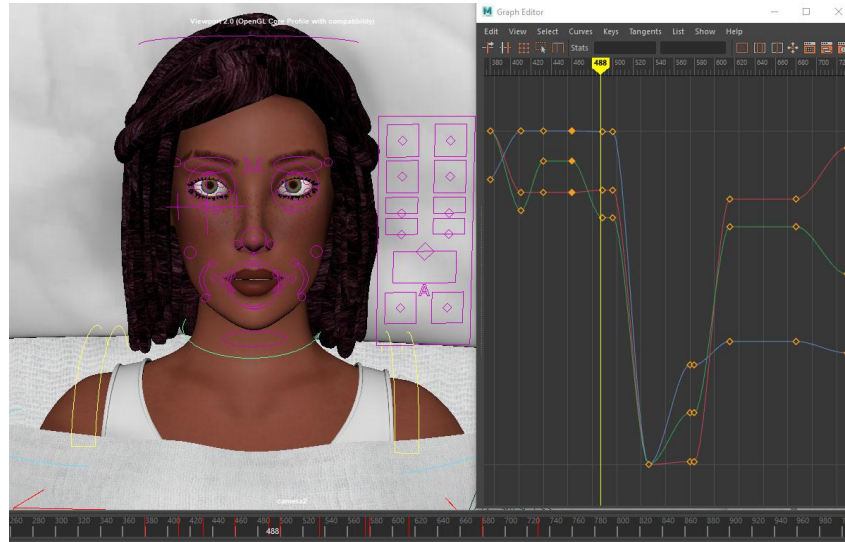
Εικ. 162: Animation: Music Box

Σχεδόν όλη η ταινία μικρού μήκους αποτελείται από animation του χαρακτήρα. Για να αποκτήσει κίνηση επιλέχθηκε ο χειριστής κίνησης (που προστέθηκε στη διαδικασία Rigging) στο μέρος του χαρακτήρα που επιθυμούσαμε να αλλάξουμε και τοποθετήθηκε ένα keyframe. Έπειτα, μετακινήσαμε τον κέρσορα του Timeline λίγο πιο μετά (υπολογίζοντας στο περίπου ότι ένα δευτερόλεπτο αποτελείται από 24 frames) και αφού πραγματοποιούσαμε κάποια αλλαγή στους χειριστές τοποθετούσαμε νέο keyframe κ.ό.κ. Η διαδικασία αυτή συνεχίστηκε για κάθε μέρος του σώματος και του προσώπου που θέλαμε να μεταβάλλουμε. Παρακάτω μπορούμε να δούμε ένα παράδειγμα animation για ανοιγοκλείσιμο των ματιών. Τοποθετήσαμε ένα keyframe ενώ ήταν ανοιχτά, ένα λίγο πιο μετά ενώ ήταν κλειστά κι ένα στο τέλος ενώ ήταν και πάλι ανοιχτά.



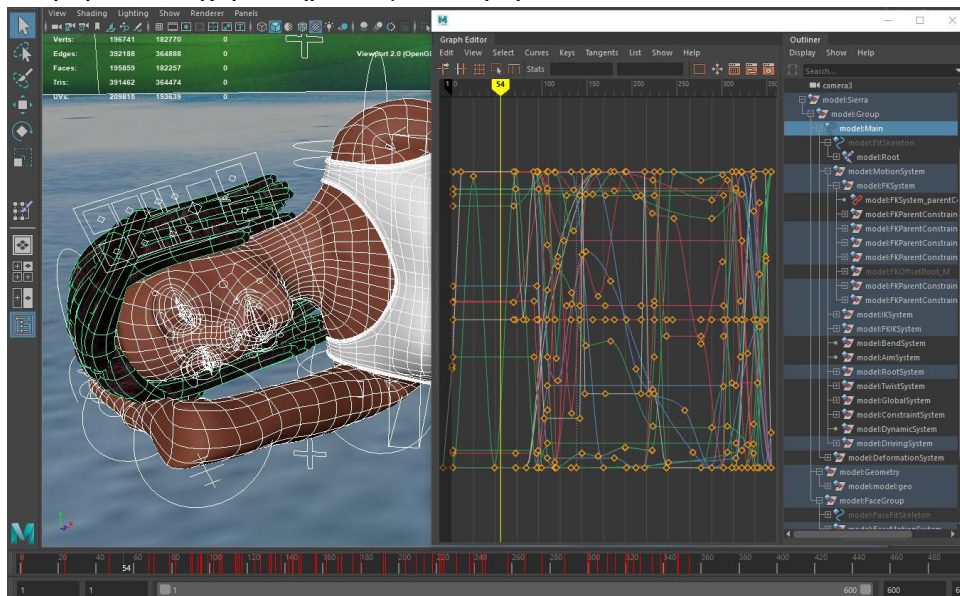
Εικ. 163: Animation: Ανοιγοκλείσιμο Ματιών

Στην επόμενη εικόνα μπορούμε να δούμε συνολικά τα keyframes που χρειάστηκαν να εισαχθούν σε μία σκηνή μόνο για την κίνηση του λαιμού. Μιας και χειριζόμαστε FK θα χρησιμοποιήσουμε το εργαλείο της περιστροφής (Rotate). Η κόκκινη καμπύλη στο Graph Editor απεικονίζει τις αλλαγές που έγιναν ως προς τον άξονα x, η πράσινη καμπύλη ως προς τον άξονα y και η μπλε ως προς τον άξονα z.



Εικ. 164: Animation: Κίνηση μέλος του σώματος

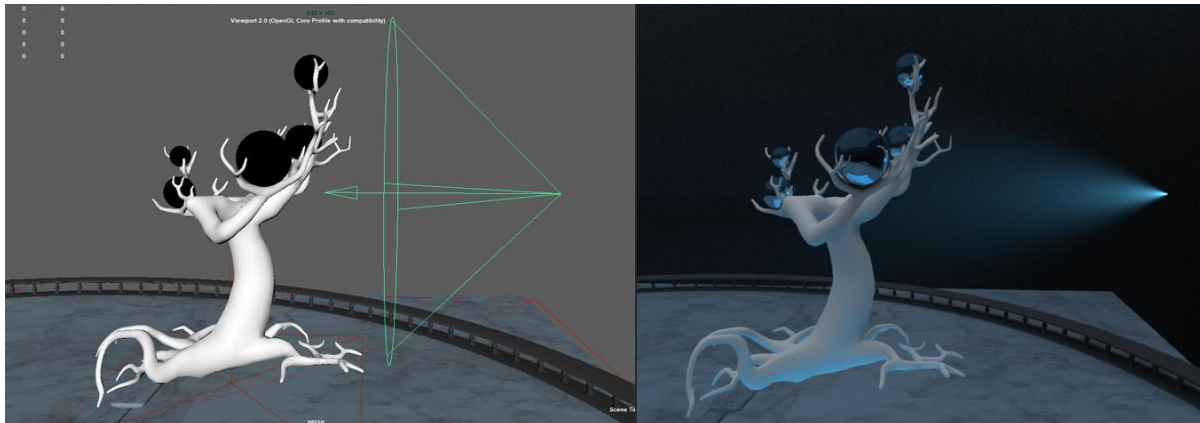
Η ίδια διαδικασία συνεχίστηκε σε όλες τις σκηνές, εισάγοντας δηλαδή keyframes κατά την τροποποίηση των χειριστών κίνησης του σώματος και του προσώπου. Οι αλλαγές στο σώμα έγιναν περιστρέφοντας τους γαλάζιους κύκλους (εάν επιλέγαμε FK) ή μετακινώντας τα κόκκινα κουτιά (εάν επιλέγαμε IK). Οι αλλαγές στο πρόσωπο πραγματοποιήθηκαν τροποποιώντας τους χειριστές κίνησης στο πινακάκι. Στην επόμενη εικόνα μπορούμε να δούμε ένα τελικό αποτέλεσμα στο Graph Editor με όλα τα keyframes που τοποθετήθηκαν στο χαρακτήρα σε μια σκηνή.



Εικ. 165: Animation: Character

4.8 Φωτισμός

Το Maya και το Arnold διαθέτουν πολλά είδη φωτισμού, αλλά θα αναφερθούν αυτά που χρησιμοποιήθηκαν. Από το Maya χρησιμοποιήθηκε μόνο το **Spot Light**, το οποίο μπορούμε να το βρούμε στο κεντρικό μενού Create > Lights > Spot Light. Το Spot Light μοιάζει με το φακό, δηλαδή το φως διαχέεται από μία μικρή πηγή σε σχήμα κώνου και ακολουθεί μία πορεία προς αυτήν την κατεύθυνση. Αυτός ο φωτισμός χρησιμοποιήθηκε στη 2^η σκηνή με το δέντρο και στο μουσικό κουτί, κάτω από το φεγγάρι.



Εικ. 166: Spot Light

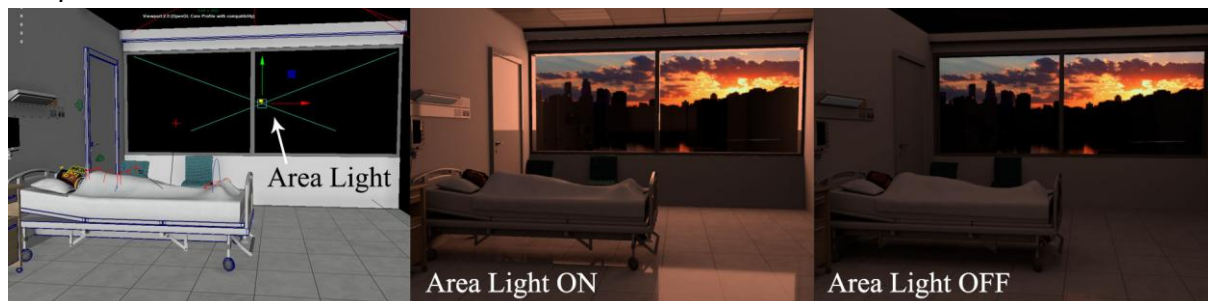
Αφού τον εισάγουμε στη σκηνή και τον έχουμε επιλεγμένο, μπορούμε να αλλάξουμε διάφορες παραμέτρους στο Attribute Editor. Πιο συγκεκριμένα, μπορούμε να ρυθμίσουμε την ένταση, το μέγεθος (αυξομειώνοντας τον κώνο), το χρώμα, καθώς και το πόσο αχνά θέλουμε να φαίνεται το περίγραμμά του. Όσο πιο κοντά είναι ένα αντικείμενο σε αυτήν την πηγή φωτός, τόσο πιο φωτεινό γίνεται.



Εικ. 167: Παράμετροι Spot Light

Ο φωτισμός που χρησιμοποιήθηκε περισσότερο στην εργασία προήλθε από το Arnold και ονομάζεται **Area Light**. Μπορούμε να το βρούμε στο κεντρικό μενού επιλέγοντας Arnold

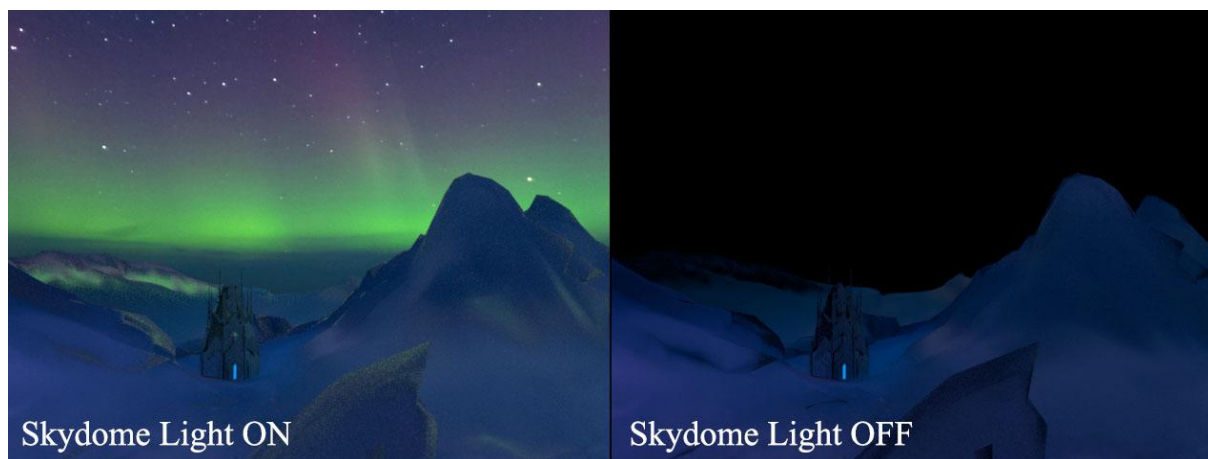
> Lights > Area Light. Αυτός ο φωτισμός εκπέμπει ακτίνες φωτός από ένα οριοθετημένο σχήμα, συγκεκριμένα από ορθογώνιο, κύκλο ή κύλινδρο. Επίσης, χρησιμοποιείται συχνότερα σε εσωτερικούς χώρους και είναι ιδανικός για την δημιουργία φωτισμού που μοιάζει με λαμπτήρες φθορισμού, αλλά και τη δημιουργία φυσικού φωτός που μπαίνει από τα παράθυρα. Το Area Light διαχέει το φως από μία περιοχή, όχι από κάποια πηγή, κάνοντάς το πιο ρεαλιστικό.



Εικ. 168: Area Light

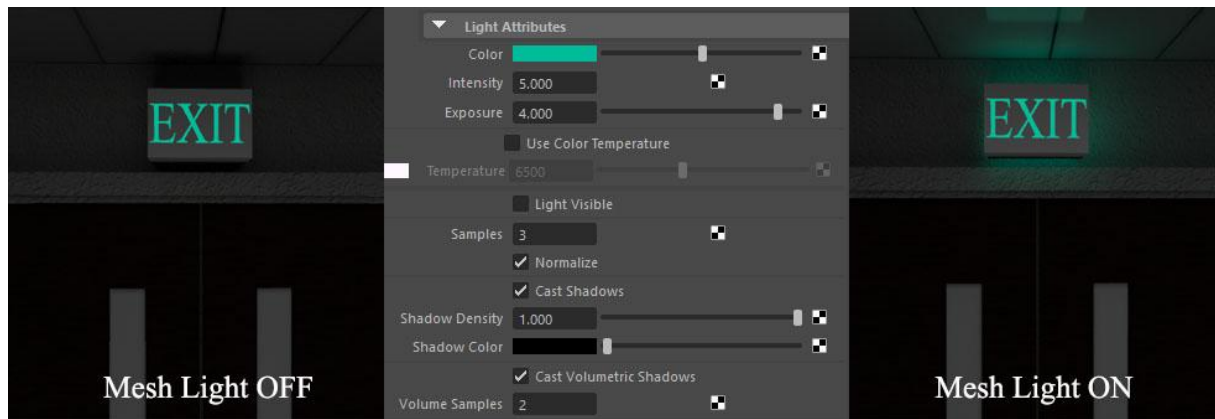
Για να αλλάξουμε τις παραμέτρους του πηγαίνουμε στο Attribute Editor. Εκεί μπορούμε να ρυθμίσουμε την ένταση του φωτός, το χρώμα του και την ποιότητά του. Επιπλέον, μπορούμε να ρυθμίσουμε την ποιότητα, την ένταση και το χρώμα των σκιών που δημιουργεί.

Το Arnold διαθέτει επίσης το **Skydome Light**, το οποίο είναι μία φωτεινή σφαίρα που εκπέμπει φως. Στο Attribute Editor μπορούμε να ρυθμίσουμε την ένταση, την ποιότητα, καθώς και το χρώμα του. Η κύρια χρήση του όμως είναι για να εκπέμπει μία φωτογραφία φως. Εισάγοντας στην παράμετρο Color μία εικόνα, αυτόματα η σφαίρα εκπέμπει φως με τα χρώματά της. Το Skydome Light εισήχθη στην 1^η σκηνή, σε συνδυασμό με άλλους φωτισμούς.



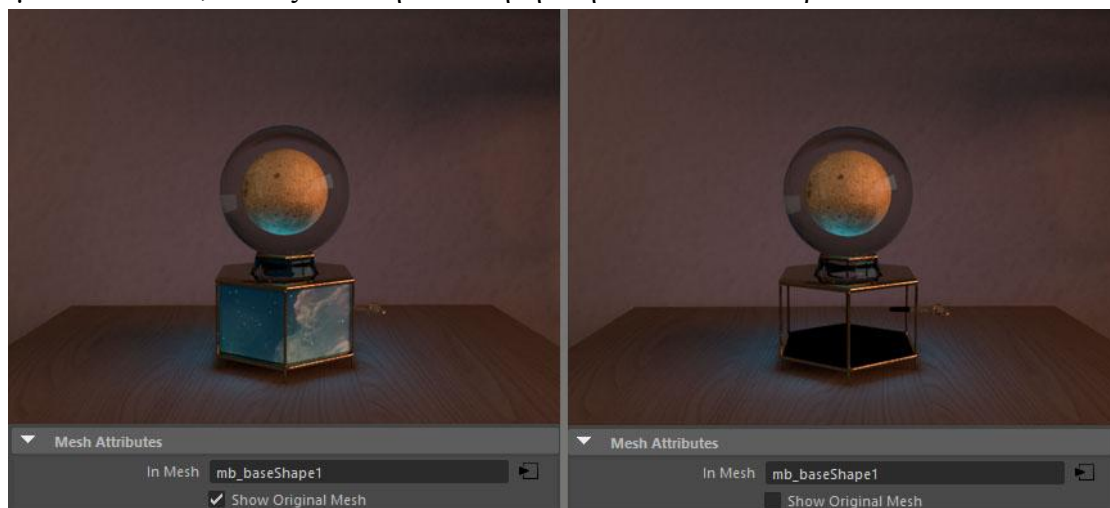
Εικ. 169: Skydome Light

Το τελευταίο είδος φωτισμού που χρησιμοποιήθηκε είναι το **Mesh Light**, που μπορούμε να το βρούμε στο κεντρικό μενού, πηγαίνοντας στο Arnold > Lights > Mesh Light. Για να μπορέσει να λειτουργήσει αυτός ο φωτισμός πρέπει να συνδεθεί με κάποιο τρισδιάστατο μοντέλο. Οπότε, επιλέγοντας στην σκηνή μας ένα αντικείμενο και πατώντας το Mesh Light, αυτόματα θα εκπέμπει φως.



Εικ. 170: Mesh Light

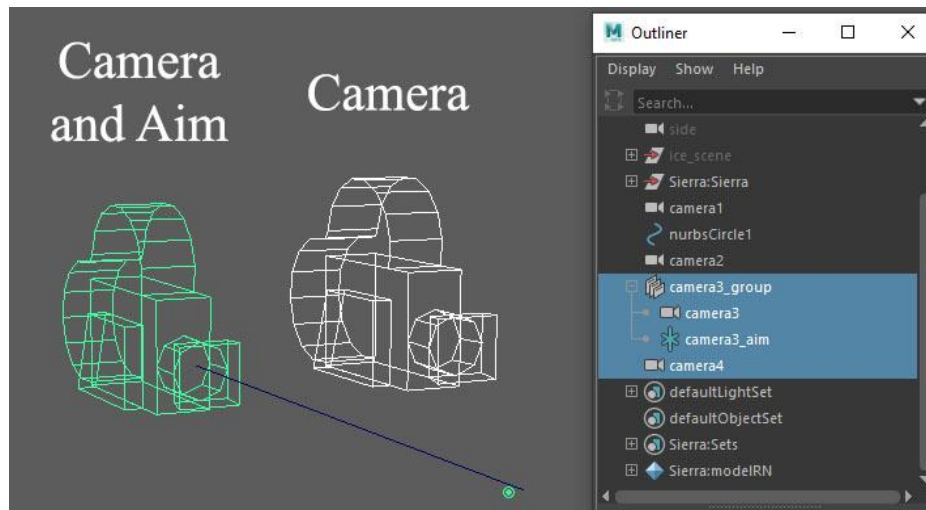
Στο Attribute Editor μπορούν να ρυθμιστούν, όπως και στα υπόλοιπα είδη φωτισμού, οι παράμετροι του χρώματος, της έντασης, της ποιότητας του φωτός και των σκιών. Επιπλέον, υπάρχει η επιλογή να μην είναι ορατό το αντικείμενο που εκπέμπει το φως, αλλά να συνεχίζει να φωτίζει. Το Mesh Light, εκτός από το EXIT του διαδρόμου, εφαρμόστηκε και στο μουσικό κουτί, καθώς και στην 1^η σκηνή στην είσοδο του κτιρίου.



Εικ. 171: Show Original Mesh

4.9 Κάμερες

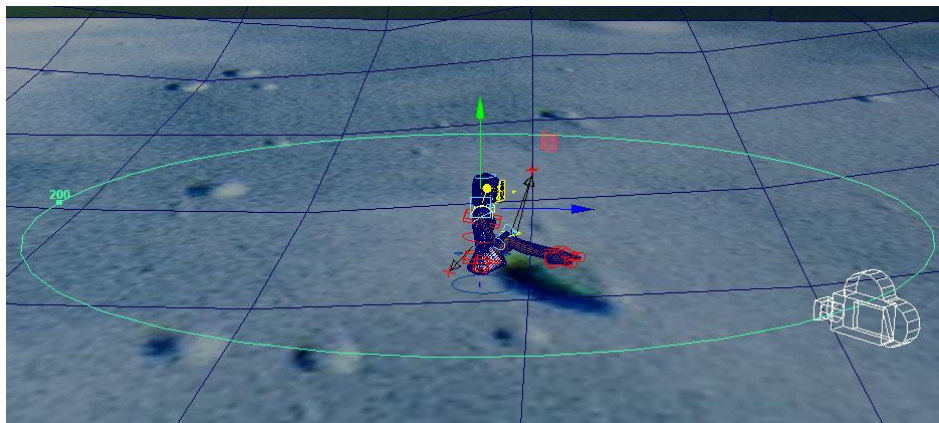
Αφού ετοιμάστηκαν όλες οι σκηνές για λήψη, ξεκίνησε η εισαγωγή καμερών. Χρησιμοποιήθηκαν δύο είδη κάμερας τα οποία μπορούμε να τα βρούμε στο κεντρικό μενού Create > Cameras > **Camera** και **Camera and Aim**. Η πρώτη είναι μια συνηθισμένη κάμερα και η δεύτερη έχει ένα σημάδι στόχου το οποίο μπορούμε να μετακινήσουμε ξεχωριστά από την κάμερα και να επηρεάσει την περιστροφή της. Στην περίπτωση που μετακινήσουμε την κάμερα, θα κοιτάζει συνεχώς στο σημείο που στοχεύει. Για να προσθέσουμε κίνηση στην απλή κάμερα εισάγουμε ένα keyframe μετά από κάθε αλλαγή, ενώ στην Camera and Aim πρέπει να εισάγουμε keyframes στην κάμερα και τον στόχο.



Εικ. 172: Cameras

Για να ακολουθήσει μία κάμερα ένα μοντέλο που κινείται στη σκηνή επιλέγουμε πρώτα την κάμερα, έπειτα πατώντας Shift (για να επιλέξει και τα 2) επιλέγουμε το μοντέλο και πατάμε το P. Με αυτόν τον τρόπο κάνουμε την κάμερα παιδί (child) του αντικειμένου (parent) με αποτέλεσμα να το ακολουθεί παντού.

Ένας άλλος τρόπος για να προσθέσουμε κίνηση στις κάμερες είναι να τις συνδέσουμε με NURBS. Αρχικά, δημιουργούμε στη σκηνή μία κάμερα και μία καμπύλη οποιουδήποτε σχήματος. Μπορούμε να τις συνδέσουμε και με καμπύλες που το σχήμα τους κατασκευάστηκε από τον χρήστη. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα θα εισάγουμε έναν έτοιμο κύκλο, μιας και χρησιμοποιήθηκε και στην εργασία. Στη συνέχεια, επιλέγουμε την κάμερα, μετά με Shift επιλέγουμε και τον κύκλο και πηγαίνουμε στο κεντρικό μενού, που ανήκει στην κατηγορία Animation και επιλέγουμε Constrain > Motion Paths > Attach to Motion Path. Με αυτόν τον τρόπο, όταν πατήσουμε Play στο Timeline, η κάμερα θα ξεκινήσει να κινείται και θα ακολουθήσει την πορεία της καμπύλης. Ο αριθμός που βλέπουμε στο τέλος της καμπύλης είναι τα συνολικά frames που χρειάζεται η κάμερα για να τη διασχίσει.



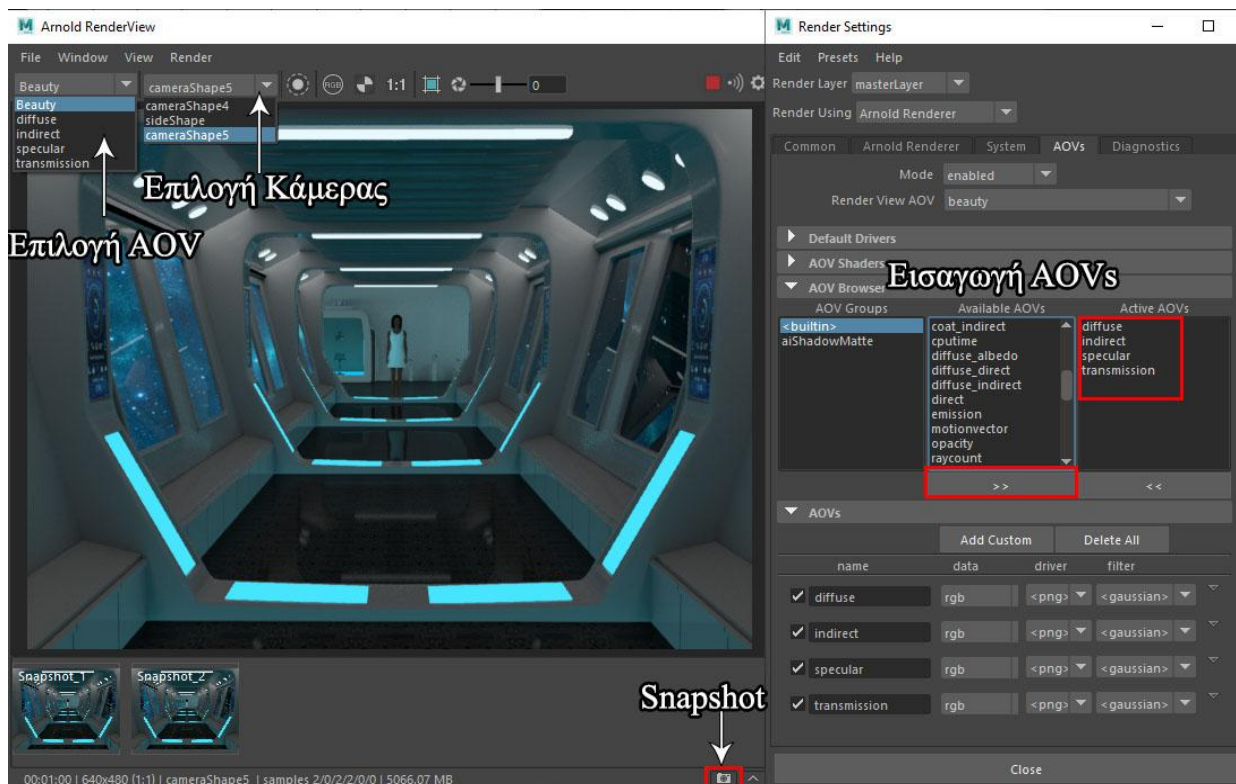
Εικ. 173: Attach Camera to Motion Path

Ο πιο συνηθισμένος τρόπος δημιουργίας κίνησης των καμερών είναι με keyframes. Αντιμετωπίζοντάς τες ως αντικείμενα στη σκηνή, τοποθετήσαμε keyframes μετά από κάθε

αλλαγή πορείας ή περιστροφής. Κάθε φορά που θέλουμε να προσθέσουμε animation στην κάμερα πηγαίνουμε στα viewports και στο μενού τους επιλέγουμε Panels > Perspective > και την κάμερα που θέλουμε. Με αυτόν τον τρόπο θα βλέπουμε μέσα από τον φακό της τη σκηνή. Στη συνέχεια, κουνώντας τη ροδέλα το ποντικιού μπορούμε να μετακινήσουμε την κάμερα μπροστά και πίσω. Σε περίπτωση που θέλουμε να τη γυρίσουμε προς οποιαδήποτε κατεύθυνση πατάμε Alt + Left Click. Οπότε βλέποντας τη σκηνή και κάνοντας αλλαγές στα πλάνα, τοποθετήθηκαν παράλληλα κλειδιά. Σε περίπτωση που θέλουμε να επιλέξουμε την κάμερα που έχουμε στο Viewport, επειδή δε θα τη βλέπουμε πλέον στη σκηνή, μπορούμε να την επιλέξουμε από το Outliner. Για να διαγράψουμε ή για να επεξεργαστούμε keyframes πηγαίνουμε στο Graph Editor, όπως πηγαίναμε και στα αντικείμενα και τους χειριστές κίνησης του χαρακτήρα.

4.10 Rendering

Για το [Rendering](#) των σκηνών χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Arnold ως plug-in στο Maya. Το Arnold είναι μία προηγμένη μηχανή απόδοσης που λειτουργεί με [Ray Tracing](#) και προσφέρει τη δυνατότητα να παράγει διαδραστικά τα αποτελέσματα, ενώ δουλεύει ο σχεδιαστής. Αρχικά, επιλέγουμε από την drop-down λίστα το Rendering για να αποκτήσει και το κεντρικό μενού τα συναφή περιεχόμενα. Για να ανοίξει το παράθυρο που βλέπουμε τα αποτελέσματα του Rendering ενώ εργαζόμαστε, πηγαίνουμε στο κεντρικό μενού κι επιλέγουμε Arnold > **Render** ή **Arnold RenderView**.



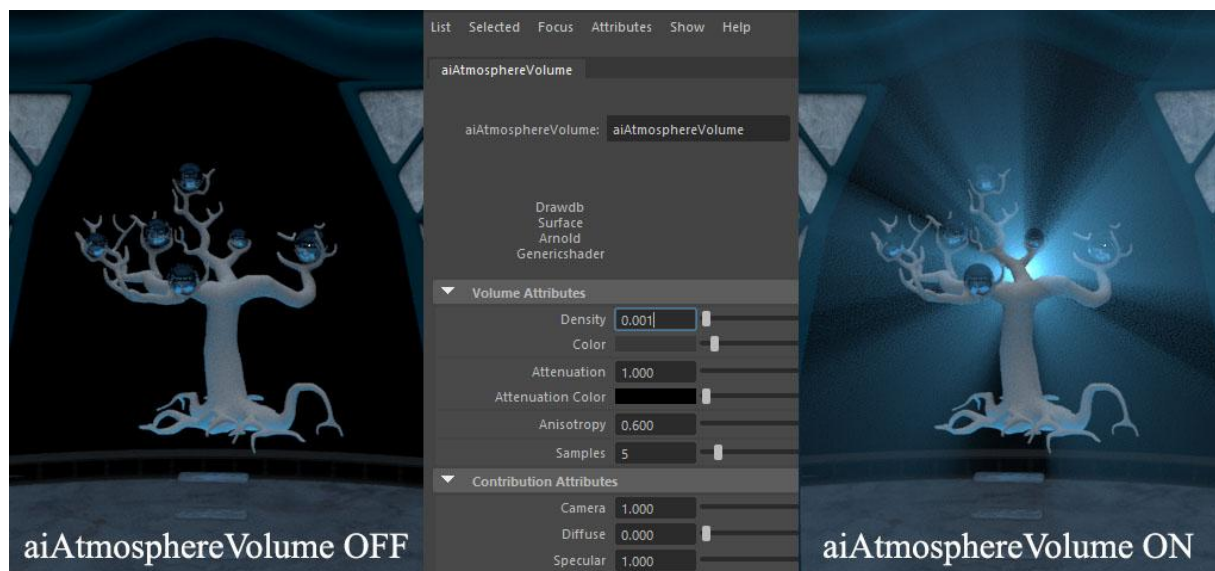
Εικ. 174: Arnold RenderView

Ανοίγοντας το παράθυρο, μπορούμε να δούμε τις ρυθμίσεις που διαθέτει. Αρχικά, έχουμε τη δυνατότητα να επιλέξουμε όποια κάμερα θέλουμε από τη σκηνή και να κάνουμε

Snapshot την εικόνα που γίνεται Rendering. Αυτό είναι πολύ χρήσιμο για τις περιπτώσεις που κάνουμε αλλαγές στη σκηνή, για παράδειγμα στο φωτισμό ή στο υλικό και θέλουμε να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα μεταξύ δύο ή παραπάνω εικόνων.

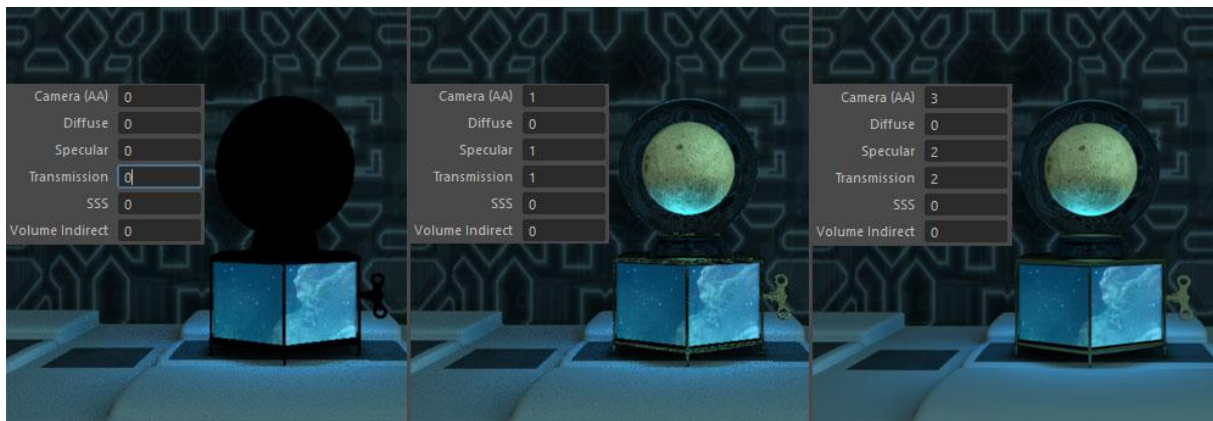
Επιπροσθέτως, έχουμε τη δυνατότητα να δούμε στο RenderView συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, όπως για παράδειγμα μόνο τις αντανakλάσεις ή μόνο το φως που διαθλάται. Για να το πετύχουμε αυτό πηγαίνουμε στις ρυθμίσεις του Arnold από το μενού **Render > Render Settings** και στην καρτέλα AOVs (Arbitrary Output Values) εισάγουμε από την λίστα του AOV Browser αυτά που επιθυμούμε. Ακολουθώντας αυτή τη διαδικασία μπορούμε να εντοπίσουμε την αιτία προβλημάτων στην ποιότητα και να τα διορθώσουμε αναλόγως, είτε στις ρυθμίσεις του φωτισμού, είτε στις ρυθμίσεις της μηχανής απόδοσης.

Συνεχίζοντας με τα Render Settings, στην καρτέλα Arnold Renderer μπορούμε να εισάγουμε στην ατμόσφαιρα ομίχλη (Fog) ή όγκο (Atmosphere Volume). Εισάγοντας όγκο, σε συνδυασμό με ένα Spot Light δημιουργείται το εφέ της 2^{ης} σκηνής με το δέντρο. Στο Attribute Editor μπορούμε να ρυθμίσουμε την πυκνότητα της ατμόσφαιρας, το χρώμα, αλλά και την ποιότητα ανεβάζοντας τον αριθμό των Samples.



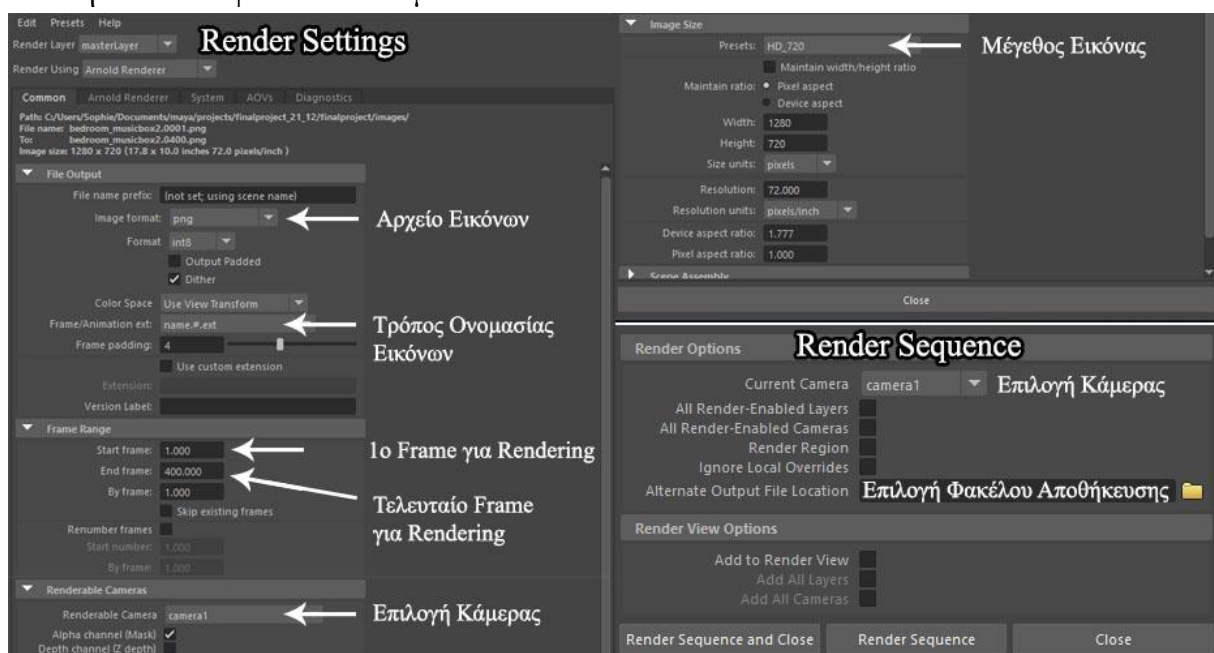
Εικ. 175: aiAtmosphereVolume

Όπως αναφέρθηκε και στο θεωρητικό κεφάλαιο, το animation αποτελείται από εικόνες σε αλληλουχία. Οπότε, εάν οι εικόνες που βλέπουμε στο RenderView είναι καλές στην ποιότητα, το ίδιο θα είναι και το τελικό βίντεο. Για να βελτιώσουμε την ποιότητα αλλάζουμε τις ρυθμίσεις του Arnold πηγαίνοντας στο μενού **Render > Render Settings > Arnold Renderer > Sampling**. Το Sampling αποτελείται από κάποια πεδία εκ των οποίων τα Camera(AA), Specular και Transmission άλλαξαν συνεχώς μέχρι να φτάσουμε στο τελικό αποτέλεσμα. Όσο υψηλότερη τιμή έχουν τα πεδία τους, τόσο βελτιώνεται η ποιότητα σε αυτά τα χαρακτηριστικά, αλλά παράλληλα ανεβαίνουν και οι χρόνοι του Rendering, οπότε δοκιμάζοντας διάφορες τιμές, έγιναν προσπάθειες για να υπάρξει μία ισορροπία μεταξύ της ποιότητας και του χρόνου. Οι τιμές διαφοροποιούνται ανάλογα με το φωτισμό της σκηνής και τα χαρακτηριστικά των υλικών.



Εικ. 176: Ρυθμίσεις ποιότητας του Arnold

Βάζοντας σε όλα τα πεδία 0 παρατηρούμε ότι δεν υπάρχουν αντανakλάσεις, ότι δε φαίνονται τα διαφανή αντικείμενα, ούτε και τα αντικείμενα που είναι αντανakλαστικά. Βάζοντας στα πεδία που απαιτείται την τιμή 1 παρατηρούμε ότι υπάρχουν τα παραπάνω χαρακτηριστικά, αλλά σε κακή ποιότητα και με θόρυβο. Ανεβάζοντας κι άλλο τις τιμές έχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα. Το πεδίο Camera (AA) ρυθμίζει τη γενικότερη ποιότητα της εικόνας, το Specular την ποιότητα των αντανakλάσεων και το Transmission ελέγχει την ποιότητα των διάφανων αντικειμένων.



Εικ. 177: Render Settings

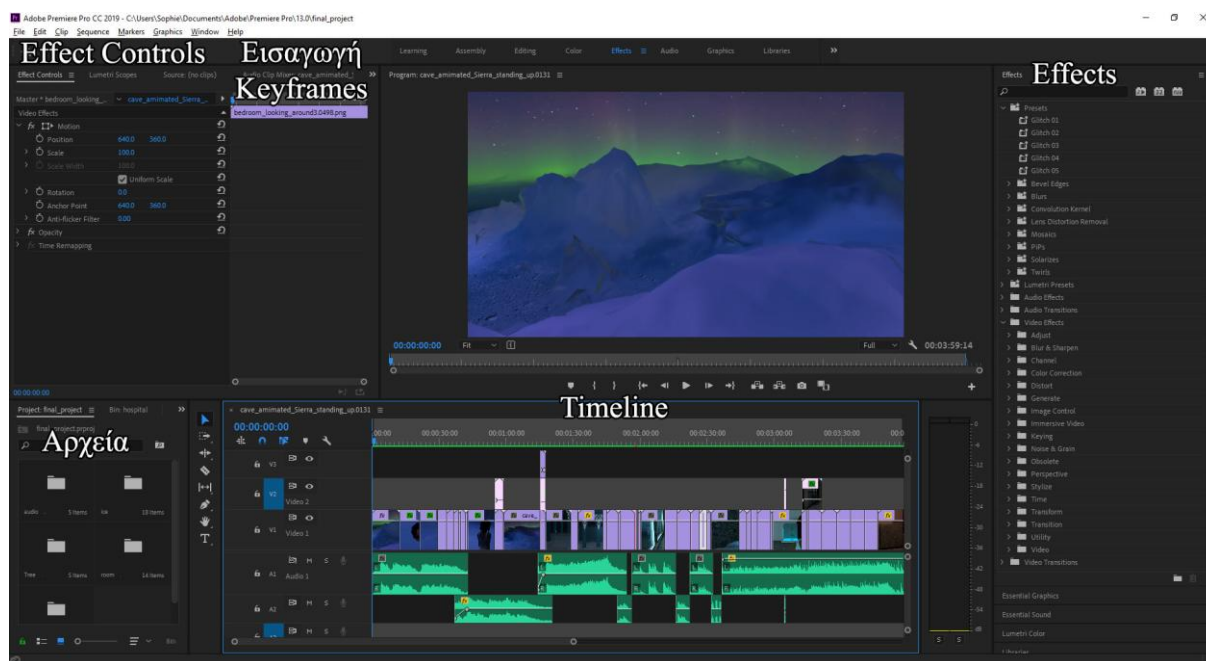
Αφού ρυθμίστηκαν για το πως θα φαίνονται οι τελικές εικόνες, σειρά έχει το τελικό Rendering. Στο Render Settings, στην πρώτη καρτέλα που γράφει Common, υπάρχουν όλες οι απαραίτητες ρυθμίσεις γι' αυτή τη διαδικασία. Έχουμε τη δυνατότητα να επιλέξουμε το είδος των αρχείων που θέλουμε να είναι οι εικόνες και με ποιόν τρόπο θα εμφανίζονται τα ονόματα, για παράδειγμα στην παραπάνω εικόνα επιλέχθηκε να ονομάζονται όλες σύμφωνα με το name.*.ext (δηλαδή: Όνομα Εικόνας. Αριθμός Εικόνας. Είδος Αρχείου). Επίσης,

μπορούμε να ρυθμίσουμε από ποιο Frame να ξεκινάει το Rendering και σε ποιο να τελειώνει. Τέλος, πρέπει να επιλέξουμε την κάμερα μέσω της οποίας θα γίνει το Rendering, καθώς και το μέγεθος της εικόνας.

Για να γίνει το τελικό Rendering πηγαίνουμε στο κεντρικό μενού κι επιλέγουμε **Render > Render Image Sequence** και θα βγει το παράθυρο που βρίσκεται κάτω δεξιά στην Εικόνα 177. Επιλέγουμε την κάμερα και τον φάκελο που θέλουμε να αποθηκευτούν οι εικόνες και πατάμε **Render Sequence and Close**. Κάθε σκηνή πρέπει αποθηκεύεται σε ξεχωριστό φάκελο, για να μπορέσει να εισαχθεί η αλληλουχία εικόνων σε ένα πρόγραμμα επεξεργασίας βίντεο. Μπορούμε να θεωρήσουμε ότι μία σκηνή που γίνεται Rendering είναι ένα βίντεο, αλλά επειδή δεν εξάγεται ως ένα βίντεο, αλλά ως δεκάδες ή εκατοντάδες εικόνες τη φορά, είναι θεμιτό να αποθηκεύονται σε ένα φάκελο όλες μαζί. Σε περίπτωση που για οποιονδήποτε λόγο θέλουμε να σταματήσουμε το Rendering, πατάμε το **Escape**. Το τελικό αποτέλεσμα είναι μία αλληλουχία εικόνων, όπου κάθε εικόνα αντιστοιχεί σε ένα frame. Η κάθε εικόνα είναι αποθηκευμένη με το όνομα της σκηνής, τον αριθμό του frame που της αντιστοιχεί και το είδος αρχείου που επιλέξαμε στις ρυθμίσεις.

4.11 Editing

Μετά το πέρας της διαδικασίας του Rendering, για να παραχθεί το τελικό βίντεο πρέπει να ακολουθήσει η διαδικασία του Editing (επεξεργασίας βίντεο), η οποία πραγματοποιήθηκε στο Premiere Pro της Adobe. Το πρόγραμμα αποτελείται από διαφορετικά παράθυρα, χωρισμένα ανάλογα με τη χρήση τους.

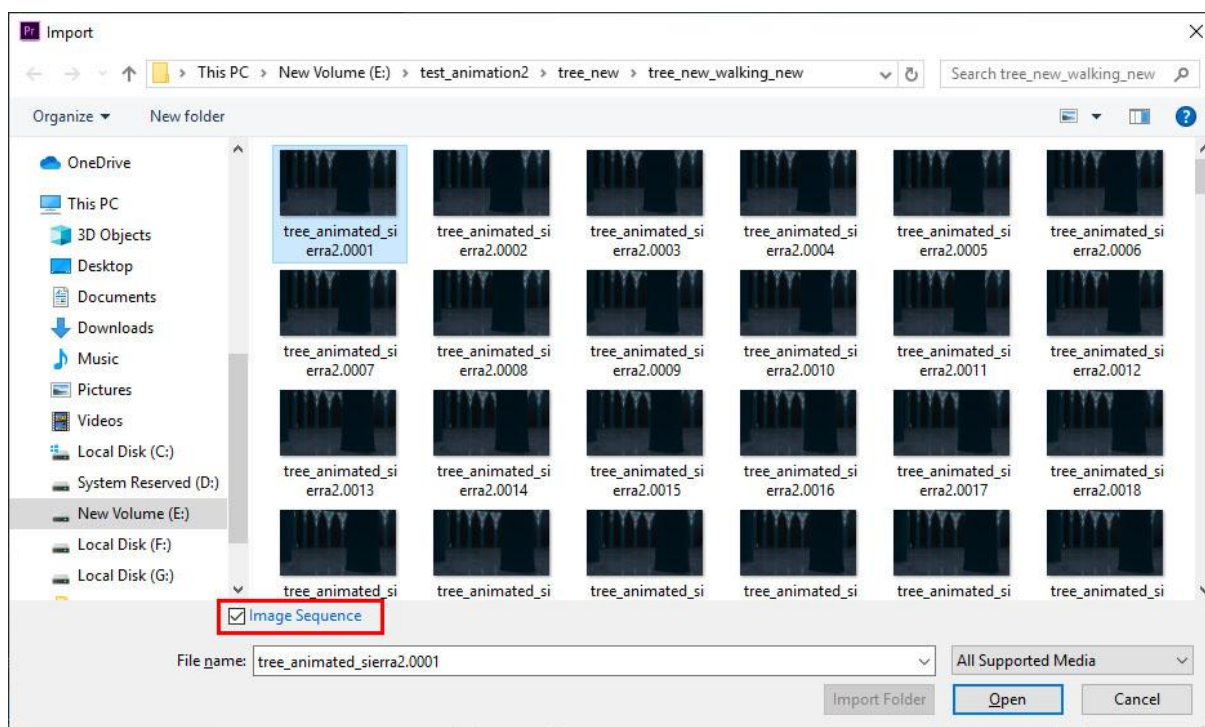


Εικ. 178: Adobe Premiere Pro CC 2019

Αρχικά, υπάρχει το παράθυρο που εισάγουμε τα αρχεία, δηλαδή τα βίντεο, τους ήχους και τις εικόνες. Για την καλύτερη οργάνωση, δημιουργήθηκαν φάκελοι για να εισαχθούν τα αρχεία ανάλογα με το θέμα τους. Το λογισμικό διαθέτει επίσης το Timeline, στο οποίο εισάγονται τα αρχεία για να επεξεργαστούν. Δεξιά του προγράμματος υπάρχουν διάφορα εφέ

για τη μετάβαση (transition) μεταξύ των βίντεο και των ήχων, αλλά και εφέ που μπορούν να αλλάξουν πολλά χαρακτηριστικά σε αυτά. Επιπλέον, για να ρυθμίσουμε τις παραμέτρους τους, πηγαίνουμε στα αριστερά της οθόνης. Επιλέγοντας ένα βίντεο ή ένα audio από το Timeline, μπορούμε να δούμε εκεί τα default εφέ που ήδη έχουν, καθώς και αυτά που τους έχουμε προσθέσει εμείς. Για να εισάγουμε εμείς κάποιο εφέ, σε ένα βίντεο για παράδειγμα, επιλέγουμε από τη λίστα με τα Effects αυτό που επιθυμούμε και το κάνουμε drag and drop πάνω σε ένα βίντεο που βρίσκεται στο Timeline. Στη συνέχεια μπορούμε να το επεξεργαστούμε στο παράθυρο που βρίσκεται στα αριστερά, ρυθμίζοντας τις παραμέτρους και εισάγοντας keyframes.

Για να εισαχθούν οι εικόνες του Rendering πηγαίνουμε στο μενού και πατάμε στο File > Import. Στη συνέχεια, επιλέγουμε την πρώτη φωτογραφία και το κουτί που είναι δίπλα στο **Image Sequence**, για να μην εισάγει μόνο τη φωτογραφία που επιλέξαμε, αλλά και τις επόμενες από αυτή. Εάν επιλέξουμε μία εικόνα που βρίσκεται στη μέση του φακέλου δε θα εισάγει τις προηγούμενες. Το αποτέλεσμα είναι να έχουν στο πρόγραμμα τη μορφή βίντεο.

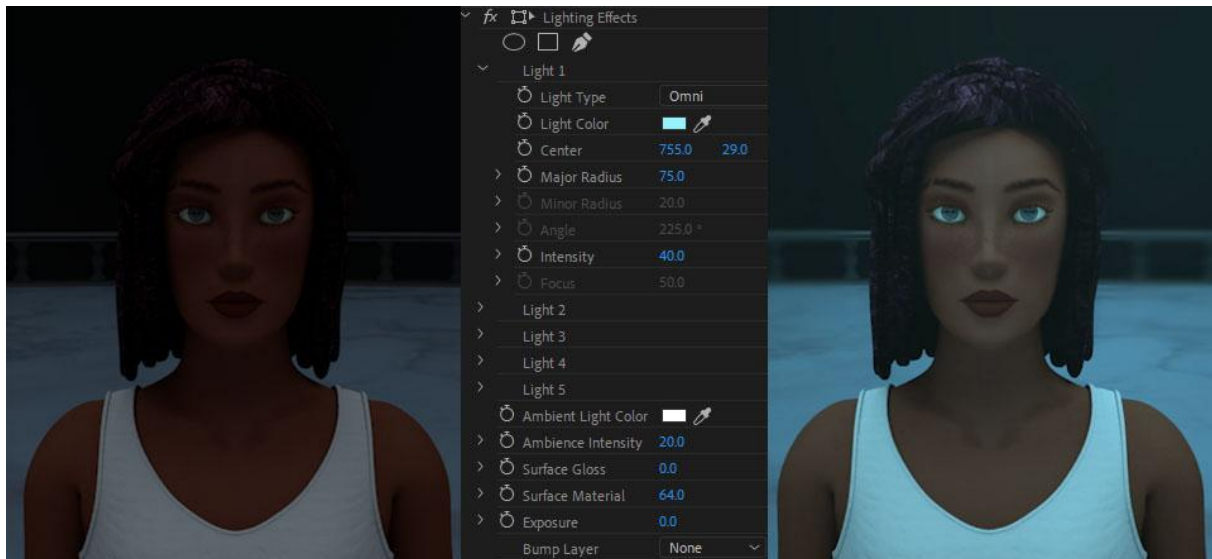


Εικ. 179: Import Image Sequence

Μετά την εισαγωγή τους στο λογισμικό, τοποθετούμε τα βίντεο στο Timeline με drag and drop. Εάν βλέπουμε ότι το Rendering δεν έγινε στους χρόνους που υπολογίζαμε και το αποτέλεσμα βγαίνει πιο αργό ή πιο γρήγορο, μπορούμε να το ρυθμίσουμε πατώντας δεξί κλικ πάνω στο προβληματικό βίντεο. Από τις ρυθμίσεις που βγαίνουν επιλέγουμε το **Speed/Duration** και θα ανοίξει ένα νέο παράθυρο, όπου μπορούμε να ρυθμίσουμε πόσο πιο αργά ή πιο γρήγορα θέλουμε να πάει.

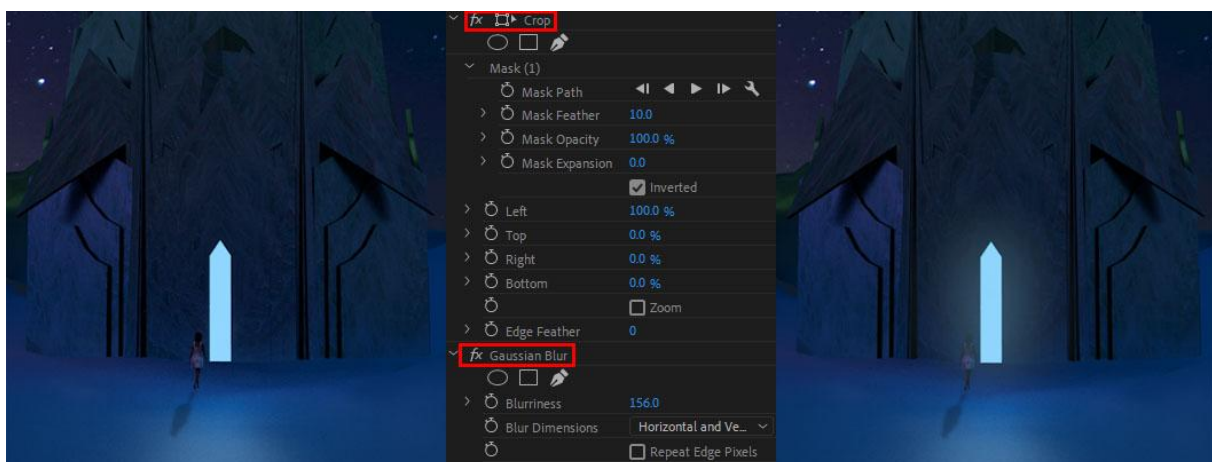
Αφού ρυθμίσαμε την ταχύτητα και τοποθετήσαμε όλα τα βίντεο στη σειρά, πραγματοποιήθηκαν κάποιες διορθώσεις στο φωτισμό. Κάποιες σκηνές ήταν πιο σκούρες από το επιθυμητό και σε αυτές εισήχθη, από τη λίστα των εφέ, το Lighting. Στη συνέχεια,

πηγαίνοντας στο παράθυρο του Effect Control, έγιναν αλλαγές σε διάφορες παραμέτρους, όπως στην ένταση και το χρώμα.



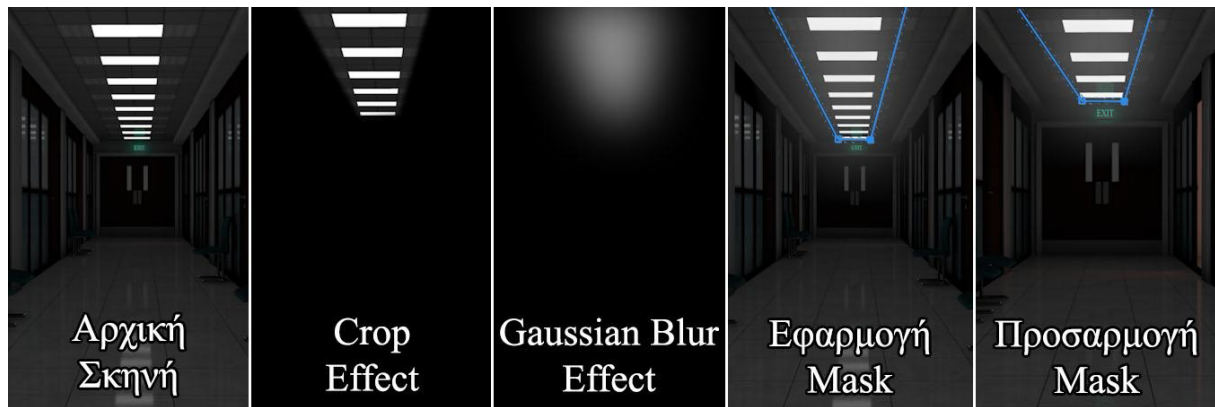
Εικ. 180: Lighting Effect

Επιπλέον, σε κάποιες σκηνές προστέθηκε λάμψη στις περιοχές από όπου εκπέμπεται φως. Για την επίτευξη αυτού έγινε Copy Paste το βίντεο που θέλαμε να εισάγουμε τη λάμψη, τοποθετήθηκε το ένα βίντεο πάνω από το άλλο στο timeline και εισήχθησαν στο δεύτερο δύο εφέ, το Crop και το Gaussian Blur.



Εικ. 181: Crop & Gaussian Blur Effects

Αρχικά, επιλέγει με το Crop το μέρος της σκηνής που θέλαμε να φωτίσει, δημιουργήθηκε δηλαδή Mask. Αυτό το εφέ έκανε ορατό μόνο εκείνο το κομμάτι του βίντεο. Έπειτα, εφαρμόστηκε το Gaussian Blur το οποίο θόλωσε εκείνη την περιοχή. Στη συνέχεια, στις σκηνές όπου η κάμερα είχε κίνηση, όπως στο διάδρομο της Εικόνας 182, έπρεπε να αλλάζουμε το Path της μάσκας για να ακολουθεί την πηγή του φωτός. Μετά την κάθε αλλαγή τοποθετήθηκαν keyframes για να αποθηκευτούν οι νέες θέσεις της μάσκας.



Εικ. 182: Δημιουργία Λάμψης

Μετά το πέρας των διορθώσεων, έγιναν Import οι ήχοι και η μουσική στο Timeline και ρυθμίστηκε ή έντασή τους. Για να γίνει εξαγωγή όλων των αρχείων σε ένα ενιαίο βίντεο πήγαμε στο κεντρικό μενού στο File > Export > Media (ή Ctrl+M). Στο παράθυρο που εμφανίζεται ρυθμίστηκε η ποιότητα που θέλαμε να έχει το τελικό βίντεο, συγκεκριμένα επιλέγει το Format H.264 (.mp4) με ποιότητα εικόνας 1920x1080 pixels.

5 Συμπεράσματα

Το τρισδιάστατο animation ανήκει σε ένα δημιουργικό, αλλά και απαιτητικό κλάδο που συνεχώς αναπτύσσεται. Υπάρχει συνεχής βελτίωση τόσο στα λογισμικά όσο και στις μεθόδους που χρησιμοποιούν, με σκοπό την επίτευξη ποιοτικότερου αποτελέσματος σε ταχύτερους χρόνους. Αυτό παρατηρήθηκε στη βιβλιογραφική έρευνα, αλλά και πρακτικά, κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της πτυχιακής εργασίας. Αρχικά, η μηχανή απόδοσης που χρησιμοποιήθηκε ήταν το mental ray της Autodesk, αλλά στην πορεία η εταιρεία σταμάτησε τα updates του λογισμικού και κυκλοφόρησε τη φοιτητική έκδοση του Arnold δωρεάν. Παρόλο που το mental ray έκανε πολύ καλές φωτορεαλιστικές αποδόσεις, η διάρκειά τους ήταν τεράστια. Για παράδειγμα, ένα μόνο frame μπορεί να είχε διαφορά στο χρόνο του rendering, σε σχέση με το Arnold, από μερικά λεπτά μέχρι μισή ώρα. Από τη στιγμή που άλλαξε η μηχανή απόδοσης, έπρεπε να αλλάξουν και όλα τα Shaders στα μοντέλα, διότι δεν ήταν ορατά τα υλικά του mental ray στο νέο Renderer. Αλλά ο χρόνος που χρειάστηκε γι' αυτές τις αλλαγές ήταν μικρότερος από αυτόν που θα χρειαζόταν για το συνολικό Rendering.

Επιπροσθέτως, για τη δημιουργία μίας τρισδιάστατης ταινίας μικρού μήκους χρειάζεται πολύ καλός εξοπλισμός. Για παράδειγμα, αυτός ήταν ο λόγος που δε χρησιμοποιήθηκαν περισσότερο Dynamics, παρόλο που δημιουργήθηκαν δυναμικά μαλλιά και ρούχα για το χαρακτήρα. Δε χρησιμοποιήθηκαν ποτέ για το λόγο ότι “βάραιναν” πολύ τη σκηνή και κατά την αναπαραγωγή στο Timeline του Maya το μοντέλο είχε πολύ αργή κίνηση με αποτέλεσμα να ήταν αδύνατο να αντληφθούμε τους χρόνους για να εισαχθούν σωστά τα keyframes.

Εκτός από τον εξοπλισμό, σημαντικό ρόλο παίζουν και τα λογισμικά που θα επιλεγούν για κάθε διαδικασία. Υπάρχουν πολλά διαθέσιμα προγράμματα για κάθε τομέα που μπορεί να ενδιαφέρει ένα σχεδιαστή και λόγω της συνεχούς εξέλιξης της τεχνολογίας, προσφέρουν συνεχώς καλύτερες και πιο φιλικές προς το χρήστη δυνατότητες. Επιπροσθέτως, η αύξηση της ζήτησης, η εξέλιξη του επαγγέλματος και ο ανταγωνισμός συμβάλλουν στο γεγονός ότι οποιοσδήποτε πλέον μπορεί να έχει πρόσβαση σε λογισμικά για 3D animation.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία σκοπό είχε να αγγίξει ένα μέρος της τρισδιάστατης τέχνης και να δείξει κάποιους από του πολλούς υπάρχοντες τρόπους μοντελοποίησης, ψηφιακής σχεδίασης και animation. Είχε στόχο την ανάλυση διαφόρων διαδικασιών που αποτελούν βασικά στάδια σε τέτοιου είδους project, όπως για παράδειγμα το UV Mapping, το Texturing, το Rigging, το Skinning, καθώς και το Rendering. Επιπλέον, η αναφορά των προβλημάτων που παρουσιάστηκαν, είχε στόχο την ενημέρωση και την αποφυγή των ίδιων σφαλμάτων στο μέλλον.

Βιβλιογραφία

http://multimediamcc.com/old-students/ashaver/3d_history.html
http://multimediamcc.com/old-students/ashaver/3d_process.html
<https://www.wired.com/1995/12/toy-story/>
https://en.wikipedia.org/wiki/Computer_animation
<https://www.doubleimpactstudio.com/history-of-3d-animation-in-cinema/>
<https://study.com/academy/lesson/3-d-animation-history-definition.html>
https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_computer_animation
<https://www.engadget.com/2014/07/14/motion-capture-explainer/>
<https://lukebeech.wordpress.com/motion-capture/>
<https://www.media-freaks.com/the-process-of-3d-animation/>
<https://stopmotionmagazine.com/history-stop-motion-nutshell/>
https://en.wikipedia.org/wiki/3D_computer_graphics
<https://whatis.techtarget.com/definition/3D-modeling>
<https://conceptartempire.com/what-is-3d-modeling/>
<https://professional3dservices.com/blog/3d-modeling-techniques.html>
<https://www.lifewire.com/common-modeling-techniques-for-film-1953>
<https://www.lifewire.com/3d-model-components-1952>
<https://www.ck12.org/geometry/faces-edges-and-vertices-of-solids/lesson/Faces-Edges-and-Vertices-of-Solids-MSM6/>
<http://gl.ict.usc.edu/Research/DigitalEmily2/>
<https://www.lifewire.com/texture-mapping-1956>
<https://conceptartempire.com/uv-mapping-unwrapping/>
<https://knowledge.autodesk.com/support/maya/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ENU/Maya-LightingShading/files/GUID-DC60577E-1A09-4D51-BD6E-6400F4F5EFD7-htm.html>
<https://www.pluralsight.com/blog/film-games/bump-normal-and-displacement-maps>
<https://knowledge.autodesk.com/support/maya/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ENU/Maya-LightingShading/files/GUID-792F3CD8-FD78-41C6-B967-14A0FC13AF46-htm.html>
<https://www.zco.com/blog/three-types-3d-animation-techniques/>
<http://arenasurat.com/different-types-of-3d-animation-techniques/>
https://en.wikipedia.org/wiki/Fluid_animation
<https://www.pluralsight.com/blog/film-games/understanding-dynamics-powerful-effects-can-make-3d-life-easier>

<https://knowledge.autodesk.com/support/maya/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ENU/Maya-CharEffEnvBuild/files/GUID-70A85F9C-9FC0-49FD-A535-76D379D2C9BC-htm.html>

<https://conceptartempire.com/what-is-3d-rendering/>

<http://www.3drender.com/glossary/3drendering.htm>

<https://www.digitaltrends.com/computing/what-is-ray-tracing/>

<https://www.techradar.com/news/ray-tracing>

<https://www.wired.com/story/what-is-ray-tracing/>

https://chunky.llbit.se/path_tracing.html

https://graphics.fandom.com/wiki/Photon_mapping

<https://solidthinking.com/tutorials/2014-tutorials/windows/help/radiosity.htm>

<https://www.creativebloq.com/features/best-3d-modelling-software>

<https://all3dp.com/1/best-free-3d-modeling-software-3d-cad-3d-design-software/>

<https://www.rendernode.com/3d-modeling-software/>

<https://all3dp.com/1/best-3d-rendering-software/>

<https://www.creativebloq.com/features/best-video-editing-software-for-designers>