



Τεχνολογίες Πολυμέσων και Γραφικά

**Γραφικά και CGI στον κινηματογράφο: Η ιδιαίτερη περίπτωση
του «Ο Άρχοντας των Δαχτυλιδιών»**

Σακελλάρης Νικόλαος

Ics21096

Θεσσαλονίκη, Δεκέμβριος 2023

ΓΡΑΦΙΚΑ ΚΑΙ CGI ΣΤΟΝ ΚΙΝΗΜΑΤΟΓΡΑΦΟ: Η ΙΔΙΑΙΤΕΡΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ «Ο ΑΡΧΟΝΤΑΣ ΤΩΝ ΔΑΧΤΥΛΙΔΙΩΝ»

Σακελλάρης Νικόλαος

Απαλλακτική Εργασία

υποβαλλόμενη για την εκπλήρωση των απαιτήσεων του

Μαθήματος: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ και ΓΡΑΦΙΚΑ
του Τμήματος ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Επιβλέπων Καθηγητής

Κοκκινίδης Κων/νος – Ηρακλής

Περίληψη

Η συγκεκριμένη εργασία παρουσιάζει αρχικά τις έννοιες των **γραφικών**, του **CGI** αλλά και της **επαυξημένης (AR)** και **εικονικής πραγματικότητας (VR)**. Στη συνέχεια, αναφέρεται στη συμβολή των παραπάνω τεχνολογιών στον κινηματογράφο και αναλύονται ορισμένες τεχνικές λεπτομέρειες. Ενώ τέλος, γίνεται ειδική αναφορά στο λογισμικό MASSIVE και στο πως αυτό συνέβαλε στο να αλλάξει για πάντα ο τρόπος δημιουργίας των ειδικών εφέ για την δημιουργία ταινιών.

Στόχος της έρευνας αυτής είναι να εντοπιστούν οι ρίζες της δημιουργίας γραφικών με την παρουσίαση των τεχνικών μεθόδων που τα κατέστησαν αναπόσπαστο κομμάτι στην επιστήμη της πληροφορικής σήμερα. Να τονιστεί η άμεση συσχέτιση τους με τον κινηματογράφο. Και να αναλυθεί η σημαντική συμβολή ενός επαναστατικού λογισμικού που δημιουργήθηκε για τις ανάγκες μιας από τις πιο επιτυχημένες τριλογίες ταινιών του 21^{ου} αιώνα.

Στις μέρες μας, ο κινηματογράφος έχει εξελιχθεί δραματικά, με την τεχνολογία των γραφικών και του CGI (Computer Generated Imagery) να αποτελεί θεμέλιο πυλώνα της βιομηχανίας του. Τα γραφικά και τα CGI έχουν ενσωματωθεί με εντυπωσιακό τρόπο στον κινηματογράφο, επιτρέποντας τη δημιουργία εκπληκτικών εικόνων και εφέ που προκαλούν ενθουσιασμό στο κοινό και μαγεύουν εκατομμύρια θεατές παγκοσμίως.

Τα γραφικά και το animation αποτελούν σημαντικούς τομείς της πληροφορικής ενώ χάρη στην ραγδαία ανάπτυξη της επιστήμης αυτής την τελευταία δεκαετία συναντώνται πλέον παντού γύρω μας. Επίσης, τόσο η επαυξημένη (AR) όσο και η εικονική πραγματικότητα (VR) έχουν αρχίσει σιγά σιγά να γίνονται έννοιες γνώριμες ακόμα και σε εκείνους που δεν ασχολούνται άμεσα με αυτόν τον τομέα. Δεν είναι τυχαίο ότι όλο και περισσότερα Video Games αναπτύσσονται με τρόπο συμβατό με την εικονική πραγματικότητα.

Ορόσημο στον κινηματογράφο αποτελεί το λογισμικό MASSIVE, το οποίο δημιουργήθηκε για τις ανάγκες της ταινίας «Ο Άρχοντας των Δαχτυλιδιών: Η Συντροφιά του Δαχτυλιδιού» και συνέβαλε τα μέγιστα στα γυρίσματα των υπόλοιπων δύο ταινιών της τριλογίας του Peter Jackson: «Οι Δύο Πύργοι» και «Η Επιστροφή του Βασιλιά». Το MASSIVE επιτρέπει τη δημιουργία ρεαλιστικών ψηφιακών πλαισίων με χιλιάδες ψηφιακούς χαρακτήρες, επιτρέποντας στην ταινία να προσφέρει εντυπωσιακές μάχες και σκηνές μεγάλης κλίμακας. Αυτό το λογισμικό σηματοδοτεί την επαναστατική εξέλιξη της τεχνολογίας στον κινηματογράφο και ανοίγει νέους ορίζοντες για τη δημιουργία αξέχαστων κινηματογραφικών επιτευγμάτων.

Λέξεις κλειδιά:

Γραφικά, AR, VR, Κινηματογράφος, CGI, MASSIVE, Ο Άρχοντας των Δαχτυλιδιών

Abstract

This paper first presents the concepts of **graphics**, **CGI**, and **augmented (AR)** and **virtual reality (VR)**. It then discusses the contribution of these technologies to cinema and analyzes some technical details. Finally, it makes a special reference to the MASSIVE software and how it helped change the way special effects are created for film production forever. The purpose of this research is to identify the roots of graphic creation by presenting the technical methods that have made them an integral part of computer science today. To emphasize their direct correlation with cinema. And to analyze the significant contribution of a revolutionary software that was created for the needs of one of the most successful film trilogies of the 21st century. In today's world, cinema has evolved dramatically, with the technology of graphics and CGI (Computer Generated Imagery) being a cornerstone of the industry. Graphics and CGI have been incorporated into cinema in an impressive way, allowing the creation of stunning images and effects that excite audiences and enchant millions of viewers around the world. Graphics and animation are important areas of computer science, and thanks to the rapid development of this science in the last decade, they are now found everywhere around us. Also, both augmented (AR) and virtual reality (VR) have slowly begun to become familiar concepts even to those who do not deal directly with this field. It is no coincidence that more and more video games are being developed in a way that is compatible with virtual reality. A milestone in cinema is the MASSIVE software, which was created for the needs of the film "The Lord of the Rings: The Fellowship of the Ring" and contributed greatly to the filming of the remaining two films in Peter Jackson's trilogy: "The Two Towers" and "The Return of the King". MASSIVE allows the creation of realistic digital frames with thousands of digital characters, allowing the film to offer stunning battles and large-scale scenes. This software marks the revolutionary evolution of technology in cinema and opens up new horizons for the creation of unforgettable cinematic achievements.

Keywords:

Graphics, AR, VR, Cinema, CGI, MASSIVE, The Lord of the Rings

Περιεχόμενα

ΓΡΑΦΙΚΑ ΚΑΙ CGI ΣΤΟΝ ΚΙΝΗΜΑΤΟΓΡΑΦΟ: Η ΙΔΙΑΙΤΕΡΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ «Ο ΑΡΧΟΝΤΑΣ ΤΩΝ ΔΑΧΤΥΛΙΔΙΩΝ»	3
Περίληψη	4
Abstract.....	5
Κατάλογος εικόνων.....	8
Κατάλογος Πινάκων και Διαγραμμάτων	9
1. Εισαγωγή.....	10
1.1 Πρόβλημα – Σημαντικότητα Θέματος	10
1.2 Σκοπός και Στόχοι	10
1.3 Διάρθρωση της μελέτης	11
2. Βιβλιογραφική Επισκόπηση	12
3. Μεθοδολογία.....	13
4. Γραφικά και CGI	14
2.1 Βασικές έννοιες.....	14
2.2 Virtual Reality (VR) και Augmented Reality (AR)	16
2.3 Δημιουργία εικονικών περιβαλλόντων	18
2.4 Γραφικά και κινηματογράφος	20
5. Η περίπτωση του “The Lord of the Rings”	22
3.1 Σύνοψη σειράς και βιβλίων	22
3.2 Η σημασία των γραφικών και του CGI στη δημιουργία του κόσμου της ταινίας.....	23
3.3 Ανάλυση της εφαρμογής των ειδικών εφέ	25
3.4 Σύγκριση με άλλες ταινίες	35
6. Το λογισμικό Massive	36
4.1 Εισαγωγή στο λογισμικό και τις δυνατότητες του	36
4.2 Η χρήση του Massive στην δημιουργία του “The Lord of the Rings”	41
4.3 Προκλήσεις και επιτυχίες	43
7. Επίλογος και Συμπεράσματα.....	44
Παράρτημα Α΄: Δημιουργία Σκηνών - Ασκήσεων.....	45
Α.1 Σκηνή - Άσκηση 1	45
Α.2 Σκηνή – Άσκηση 2	46

Παράρτημα Β': Βιβλιογραφία.....	48
Β.1 Βιβλιογραφία.....	48
Β.2 Επισύναψη εικόνων.....	48
Β.3 Κυρώσεις για Λογοκλοπή	49

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1: Vector Graphics vs Bitmap

Εικόνα 2: VR Headset

Εικόνα 3: Ψηφιακός κόσμος (Unreal Engine 4.27)

Εικόνα 4: Χαρακτήρες της ταινίας Avatar

Εικόνα 5: Elijah Wood και Sir Ian McKellen ως Φρόντο και Γκάνταλφ

Εικόνα 6: Ο Andy Serkis με τη στολή motion-capture

Εικόνα 7: Εκφράσεις προσώπου του Andy Serkis

Εικόνα 8: Λογισμικό ανάπτυξης του Gollum

Εικόνα 9: Εκφράσεις προσώπου του Gollum

Εικόνα 10: Σκηνή μάχης πριν και μετά την επεξεργασία

Εικόνα 11: Agents στη μάχη του Pelennor Fields

Εικόνα 12: Μάχες CGI

Εικόνα 13: Motion capture και άλογο

Εικόνα 14: Ηθοποιοί και άλογα σε greenscreen

Εικόνα 15: Πραγματικά και ψηφιακά άλογα

Εικόνα 16: Mumakill υπό ανάπτυξη

Εικόνα 17: Mumakill σε πορεία σύγκρουσης κατά την ανάπτυξη

Εικόνα 18: Τελικό αποτέλεσμα Mumakill

Εικόνα 19: Παράδειγμα εκτέλεσης του Massive Prime

Εικόνα 20: Εκτέλεση του Massive Jet

Εικόνα 21: Rendering στο Massive for Maya

Εικόνα 22: Μάχη του Helm's Deep

Εικόνα 23: Screenshot της σκηνής Khazad Dum

Εικόνα 23: Screenshot της σκηνής μάχης – Άσκηση 2

Κατάλογος Πινάκων και Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Ψηφιοποιημένη πραγματικότητα

Διάγραμμα 2: Λήψεις ανά ταινία

1. Εισαγωγή

1.1 Πρόβλημα – Σημαντικότητα Θέματος

Η βιβλιογραφική εργασία με τίτλο *"Γραφικά και CGI στον κινηματογράφο: Η ιδιαίτερη περίπτωση του 'Ο Άρχοντας των Δαχτυλιδιών'"* εξετάζει τον ρόλο και την εξέλιξη των γραφικών και του CGI στον κινηματογράφο, επικεντρώνοντας την προσοχή της στην επιτυχημένη σειρά ταινιών *"Ο Άρχοντας των Δαχτυλιδιών"*.

Η εργασία ξεκινά με μια εισαγωγή στις βασικές έννοιες των γραφικών και του CGI καθώς και με μια σύντομη περιγραφή των όρων VR και AR, προσφέροντας μια επισκόπηση της εξέλιξής τους στον κινηματογράφο.

Ακολούθως, αναλύονται διεξοδικά οι βασικές έννοιες της σειράς *"Ο Άρχοντας των Δαχτυλιδιών"*, εστιάζοντας στη σημασία των γραφικών και του CGI στη δημιουργία του μαγικού αυτού κόσμου που εμπνεύστηκε ο J.R.R Tolkien και έφερε στη μεγάλη οθόνη η New Line Cinema σε σκηνοθεσία του Peter Jackson.

Στη συνέχεια, η εργασία επικεντρώνεται στη μελέτη του λογισμικού Massive, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία των ψηφιακών χαρακτήρων στη σειρά. Αναλύονται οι τεχνικές και οι προκλήσεις που αντιμετώπισαν οι δημιουργοί κατά τη χρήση του λογισμικού, καθώς και οι επιτυχίες τους στη δημιουργία εντυπωσιακών εφέ.

Το κείμενο ολοκληρώνεται με συμπεράσματα που αναδεικνύουν τη σημασία της τεχνολογίας CGI στον κινηματογράφο, με έμφαση στην περίπτωση του *"Άρχοντα των Δαχτυλιδιών"*, καθώς και με μια εκτίμηση της συνεισφοράς του λογισμικού Massive.

1.2 Σκοπός και Στόχοι

Εξερεύνηση των Γραφικών και του CGI:

Ο κύριος σκοπός είναι να διερευνήσει τη σημασία και την εξέλιξη των γραφικών και του CGI, αναδεικνύοντας τον τρόπο με τον οποίο αυτές οι τεχνολογίες έχουν επαναπροσδιορίσει την σύγχρονη αλληλεπίδραση του χρήστη με τον υπολογιστή καθώς και την κινηματογραφική εμπειρία.

Ενσωμάτωση των Εννοιών VR και AR:

Ακόμη επιδιώκεται η κατανόηση της επίδρασης των γραφικών και του CGI, ενσωματώνοντας τις έννοιες της εικονικής (VR) και της επαυξημένης πραγματικότητας (AR). Σε αυτό το πλαίσιο,

εξετάζεται πώς οι τεχνολογίες αυτές συνεργάζονται ή συγκρούονται με τα γραφικά και το CGI στη δημιουργία εντυπωσιακών κινηματογραφικών παραγωγών.

Ανάλυση της Περίπτωσης του "Ο Άρχοντας των Δαχτυλιδιών":

Στη συνέχεια γίνεται λεπτομερής ανάλυση της χρήσης γραφικών και CGI στη σειρά ταινιών "Ο Άρχοντας των Δαχτυλιδιών", με έμφαση στο πώς αυτές οι τεχνολογίες χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια των γυρισμάτων της σειράς και άλλαξαν για πάντα την εξέλιξη των ειδικών εφέ στον κινηματογράφο τον 21^ο αιώνα.

Κατανόηση του Λογισμικού Massive:

Τέλος άλλον ένα στόχο αποτελεί η μελέτη του λογισμικού Massive, που δημιουργήθηκε για τις ανάγκες των ταινιών, με έμφαση στις τεχνικές και τις προκλήσεις που αντιμετώπισαν οι καλλιτέχνες.

Στόχος της Εργασίας:

Ο στόχος είναι να δημιουργήσει μια συνολική κατανόηση του πώς οι τεχνολογίες γραφικών και CGI καθώς και οι εξελιγμένες μορφές τους που είναι τα VR και AR, επηρεάζουν την σύγχρονη τεχνολογική εμπειρία και τον κινηματογραφικό κόσμο. Με εμβάθυνση στην περίπτωση του "Άρχοντα των Δαχτυλιδιών", η εργασία αναδεικνύει τον τρόπο με τον οποίο οι διάφορες τεχνολογίες αυτές συνδυάζονται για να δημιουργήσουν μια συναρπαστική κινηματογραφική εμπειρία.

1.3 Διάρθρωση της μελέτης

Το βασικό υλικό και η θεματολογία της παρούσας εργασίας περιγράφονται και αναλύονται στα κεφάλαια 2 με 4. Συγκεκριμένα στο κεφάλαιο 2 γίνεται μια γενική αναφορά στον κόσμο των γραφικών και παρουσιάζονται κάποιες βασικές έννοιες. Στο κεφάλαιο 3 γίνεται εκτενής αναφορά στην χρήση των γραφικών για την δημιουργία των ταινιών του «Άρχοντα» ενώ στο κεφάλαιο 4 αναλύεται η συνεισφορά του λογισμικού Massive που δημιουργήθηκε για τις ανάγκες της κινηματογράφησης τους και χρησιμοποιείται ακόμη και σήμερα.

2. Βιβλιογραφική Επισκόπηση

Για την σύνταξη της έρευνας, συμβουλευτήκα ποικίλες βιβλιογραφικές πηγές. Οι πηγές [1], [2] και [3] ήταν ιδιαίτερα χρήσιμες, καθώς παρείχαν λεπτομερείς πληροφορίες για τις έννοιες των γραφικών και της επαυξημένης πραγματικότητας. Σε περιπτώσεις που τα επιστημονικά περιοδικά δεν παρείχαν επαρκές υλικό, οι συγγραφείς αναζήτησαν εναλλακτικές πηγές, όπως βίντεο στο YouTube. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το βίντεο [6], το οποίο παρέχει μια περιεκτική επισκόπηση της ιστορίας και της ανάπτυξης των γραφικών υπολογιστών.

Επιπλέον, η προσωπική έρευνα του David Thomson με τίτλο “Lord of The Rings: CGI vs. Special Effects” ήταν πολύτιμη. Η μελέτη αυτή, που δημοσιεύθηκε τον Μάιο του 2014, προσφέρει μια λεπτομερή σύγκριση και ανάλυση των δύο τεχνολογιών.

Οι Matt Aitken, Greg Butler, Dan Lemmon, Eric Saindon, Dana Peters και Guy Williams προσφέρουν επίσης μια σημαντική συμβολή στην έρευνα. Στο έργο τους “The Lord of The Rings: The visual effects that brought Middle Earth to the screen”, οι συγγραφείς περιγράφουν λεπτομερώς τις τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία των ειδικών εφέ στην τριλογία του Άρχοντα των Δαχτυλιδιών.

Τέλος, το βιβλίο του Andy Sherkis για την ανάπτυξη του χαρακτήρα Gollum προσφέρει μια μοναδική ματιά στη διαδικασία δημιουργίας ενός από τους πιο εμβληματικούς χαρακτήρες στην ιστορία του κινηματογράφου.

Η παράθεση της βιβλιογραφίας γίνεται σε ISO-690 numeric καθώς κρίθηκε αναγκαίο να αποσαφηνιστούν επακριβώς οι αναφορές της εργασίας.

3. Μεθοδολογία

Η έρευνα για την εργασία σχετικά με τα γραφικά στον "Άρχοντα των Δαχτυλιδιών" βασίστηκε σε μια ολιστική προσέγγιση, η οποία περιελάμβανε την αξιολόγηση διαφορετικών ειδών πηγών. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήσα έρευνα σε βιβλιογραφικές πηγές, επιστημονικά περιοδικά και βίντεο στο YouTube. Η έρευνα σε βιβλιογραφικές πηγές ήταν η βάση της εργασίας. Μελέτησα βιβλία, άρθρα και άλλες δημοσιεύσεις που ασχολούνταν με τα γραφικά, την επαυξημένη πραγματικότητα και τον κινηματογράφο. Ιδιαίτερη έμφαση έδωσα σε πηγές που εστιάζουν στην τριλογία του "Άρχοντα των Δαχτυλιδιών". Η έρευνα σε επιστημονικά περιοδικά ήταν απαραίτητη για την κατανόηση των τεχνικών πτυχών της δημιουργίας γραφικών. Αυτά τα άρθρα παρέχουν λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με τις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία των ειδικών εφέ στην τριλογία του "Άρχοντα των Δαχτυλιδιών".

Η έρευνα σε βίντεο στο YouTube ήταν χρήσιμη για την παροχή μιας πιο περιεκτικής και ελκυστικής εικόνας της εργασίας. Παρακολούθησα βίντεο που περιγράφουν την ιστορία και την εξέλιξη των γραφικών, καθώς και βίντεο που παρουσιάζουν αναλυτικά τις τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία των ειδικών εφέ στην τριλογία του "Άρχοντα των Δαχτυλιδιών". Η συνδυαστική χρήση διαφορετικών ειδών πηγών μου επέτρεψε να αποκτήσω μια ολοκληρωμένη εικόνα της σημασίας των γραφικών στον "Άρχοντα των Δαχτυλιδιών". Η έρευνα αυτή αποκάλυψε ότι η χρήση γραφικών ήταν καθοριστική για την επιτυχία της τριλογίας, καθώς βοήθησε στη δημιουργία μιας μαγικής και ρεαλιστικής φανταστικής ατμόσφαιρας. Οι πληροφορίες που συγκεντρώθηκαν μέσω της έρευνας αυτής χρησιμοποιήθηκαν για τη συγγραφή της εργασίας.

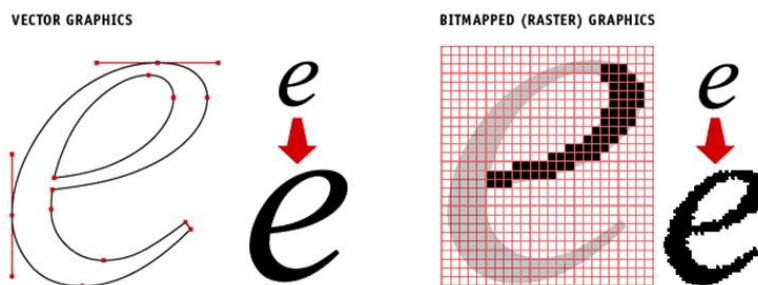
Η εργασία παρουσιάζει μια λεπτομερή ανάλυση της χρήσης γραφικών στον "Άρχοντα των Δαχτυλιδιών". Η εργασία εξετάζει τις διαφορετικές τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία γραφικών, καθώς και τη σημασία των γραφικών για την επιτυχία της ταινίας.

4. Γραφικά και CGI

2.1 Βασικές έννοιες

Τα υπολογιστικά γραφικά αναφέρονται στον τομέα μελέτης και πρακτικής που επικεντρώνεται στη δημιουργία, τον χειρισμό και την προβολή οπτικού περιεχομένου χρησιμοποιώντας τεχνολογία υπολογιστών. Περιλαμβάνει τη δημιουργία εικόνων, σχεδίων και κινούμενων εικόνων, χρησιμοποιώντας μαθηματικές και υπολογιστικές τεχνικές για την αναπαράσταση και επεξεργασία οπτικών πληροφοριών. Ευρέως χρησιμοποιούνται σε ψηφιακή τέχνη, ψυχαγωγία και διεπαφές χρήστη, συμβάλλοντας επίσης σε βιντεοπαιχνίδια, προσομοιώσεις, εικονική πραγματικότητα και άλλα. Ο τομέας αυτός συνδυάζει στοιχεία της πληροφορικής, των μαθηματικών και της τέχνης για τη δημιουργία συναρπαστικών οπτικών εμπειριών, επηρεάζοντας διάφορους τομείς από την ψυχαγωγία και την εκπαίδευση έως την επιστημονική απεικόνιση και το διαδραστικό σχεδιασμό, ενισχύοντας την επικοινωνία στο ψηφιακό περιβάλλον.

Ξεκίνησαν με την προβολή δεδομένων σε εκτυπωτές γραφικών και οθόνες καθοδικών ακτινών (CRT), λίγο μετά την δημιουργία των ίδιων των υπολογιστών. Έχουν εξελιχθεί ώστε να περιλαμβάνουν τη δημιουργία, την αποθήκευση και τον χειρισμό μοντέλων και εικόνων αντικειμένων. Αυτά τα μοντέλα προέρχονται από μια ποικίλη και αυξανόμενη σειρά πεδίων και περιλαμβάνουν φυσικές, μαθηματικές, μηχανολογικές, αρχιτεκτονικές η ακόμη και έννοιες όπως αφηρημένες δομές, φυσικά φαινόμενα και άλλα. Τα υπολογιστικά γραφικά σήμερα είναι σε μεγάλο βαθμό διαδραστικά. Ο χρήστης ελέγχει το περιεχόμενο, τη δομή και την εμφάνιση των αντικειμένων και των εμφανιζόμενων εικόνων τους χρησιμοποιώντας συσκευές εισόδου, όπως πληκτρολόγιο, ποντίκι ή πάνελ αφής στην οθόνη. Λόγω της στενής σχέσης μεταξύ των συσκευών εισόδου και της οθόνης, ο χειρισμός τέτοιων συσκευών συμπεριλαμβάνεται στη μελέτη των υπολογιστικών γραφικών.



Εικόνα 1: Vector Graphics vs Bitmap

Μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1980, τα γραφικά αποτελούσαν ένα μικρό, εξειδικευμένο πεδίο, κυρίως λόγω του ακριβού κόστους του υλικού και του περιορισμένου αριθμού εφαρμογών βασισμένων σε γραφικά που ήταν εύκολες στη χρήση και οικονομικές. Στη συνέχεια, οι Προσωπικοί Υπολογιστές με ενσωματωμένες οθόνες γραφικών ράστερ, όπως ο Xerox Star και, αργότερα, οι μαζικής παραγωγής ακόμη πιο οικονομικοί Apple Macintosh και ο IBM PC με τα κλώνους του, δημοφιλοποίησαν τη χρήση γραφικών με bitmap για την αλληλεπίδραση χρήστη-υπολογιστή. Ένα bitmap είναι μια αναπαράσταση με "ένα" και "μηδέν" του ορθογωνίου πίνακα σημείων (pixels ή pels, δηλαδή "picture elements") στην οθόνη. Μόλις τα γραφικά με bitmap έγιναν προσιτά, ακολούθησε μια έκρηξη εφαρμογών βασισμένων σε γραφικά που ήταν εύκολες στη χρήση και οικονομικές. Αυτές οι εφαρμογές επέτρεπαν σε εκατομμύρια νέους χρήστες να ελέγχουν απλά, χαμηλού κόστους προγράμματα, όπως φύλλα εργασίας, επεξεργαστές κειμένου και προγράμματα σχεδίασης. Τα τελευταία χρόνια έχει διαδοθεί ευρέως και μια μορφή αναπαράστασης των γραφικών γνωστή ως Vector Graphics. Οι εικόνες και τα σχήματα μπορούν πλέον να αναπαρασταθούν με τη βοήθεια μαθηματικών τύπων και συναρτήσεων χωρίς να αλλοιώνεται ούτε στο ελάχιστο η ποιότητα τους.

Τα γραφικά αποτελούν έναν από τους πιο φυσικούς τρόπους επικοινωνίας με έναν υπολογιστή, καθώς η υψηλά αναπτυγμένη ικανότητά μας για αναγνώριση μοτίβων σε διαστάσεις 2D και 3D μας επιτρέπει να αντιλαμβανόμαστε και να επεξεργαζόμαστε γρήγορα και αποτελεσματικά εικονογραφικά δεδομένα. Ακόμα, αποτελούν τον πιο σημαντικό τρόπο παραγωγής εικόνων από την εφεύρεση της φωτογραφίας και της τηλεόρασης. Έχουν το πλεονέκτημα ότι, με τον υπολογιστή, μπορούμε να δημιουργήσουμε εικόνες όχι μόνο από συγκεκριμένα, "πραγματικά" αντικείμενα αλλά και από αφηρημένα συνθετικά αντικείμενα όπως μαθηματικές επιφάνειες σε 4D και δεδομένα που δεν έχουν εγγενή γεωμετρία όπως τα αποτελέσματα έρευνας. Επιπλέον, δεν είμαστε περιορισμένοι σε στατικές εικόνες. Δυναμικά μεταβαλλόμενες εικόνες είναι συχνά ακόμη πιο αποτελεσματικές, ειδικά για φαινόμενα που μεταβάλλονται με τον χρόνο, τόσο πραγματικά όσο και αφηρημένα. Έτσι, ένα βίντεο μπορεί να εμφανίσει αλλαγές με τον χρόνο με πιο γραφικό τρόπο από ένα σύνολο διαφανειών. Επίσης, μια σειρά καρτέ που εμφανίζονται σε μια οθόνη με περισσότερα από 15 καρτέ ανά δευτερόλεπτο (FPS) μπορεί να μεταδώσει ομαλή κίνηση ή μεταβαλλόμενη μορφή καλύτερα από μια σειρά διαφανειών, με πολλά δευτερόλεπτα μεταξύ των ξεχωριστών καρτέ. Η χρήση της δυναμικής είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική όταν ο χρήστης μπορεί να ελέγχει την κινούμενη εικόνα ρυθμίζοντας την ταχύτητα, το τμήμα του συνολικού σκηνικού που βλέπει, το επίπεδο λεπτομέρειας που εμφανίζεται, τη γεωμετρική σχέση των αντικειμένων στη σκηνή μεταξύ τους, κ.λπ.[1]

Η εξέλιξη της τεχνολογίας γραφικών οδήγησε στην ανάπτυξη της έννοιας του CGI (Computer Generated Imagery). Τα προηγούμενα απλά γραφικά εξελίχθηκαν σε ψηφιακά εφέ και αναπαραστάσεις που είναι τώρα ολοένα και περισσότερο ενσωματωμένες στον κόσμο της ψυχαγωγίας. Το CGI αναφέρεται στη δημιουργία ψηφιακών εικόνων και εφέ με χρήση υπολογιστικής τεχνολογίας. Χρησιμοποιείται ευρέως σε ταινίες, τηλεόραση, video games και άλλα μέσα για τη δημιουργία ρεαλιστικών οπτικών εφέ. Από τη δημιουργία φανταστικών κόσμων μέχρι

την αναπαράσταση εκπληκτικών ειδικών εφέ, το CGI ανοίγει νέες διαστάσεις στην αισθητική και την αφήγηση και στον κινηματογράφο.

2.2 Virtual Reality (VR) και Augmented Reality (AR)

Η επαναστατική εξέλιξη της τεχνολογίας έχει δημιουργήσει έναν συναρπαστικό κόσμο που υπερβαίνει τα παραδοσιακά όρια της πραγματικότητας και δίνει νέα διάσταση στα γραφικά όπως τα γνωρίζουμε. Οι έννοιες της Εικονικής (VR) και Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR) αποτελούν πρωτοπόρες τεχνολογίες που αναδεικνύουν έναν νέο τρόπο αλληλεπίδρασης με τον ψηφιακό κόσμο. Μέσω του VR, οι χρήστες επικεντρώνονται σε ένα εικονικό περιβάλλον, ενώ η AR επεκτείνει την πραγματική πραγματικότητα με ψηφιακά στοιχεία. Καθώς αναπτύσσονται συνεχώς, αυτές οι τεχνολογίες ανοίγουν νέες προοπτικές στους τομείς του ψυχαγωγίας, της εκπαίδευσης και της επιχειρηματικότητας. Ας εξερευνήσουμε λεπτομερώς τα βασικά στοιχεία αυτών των συναρπαστικών καινοτομιών.



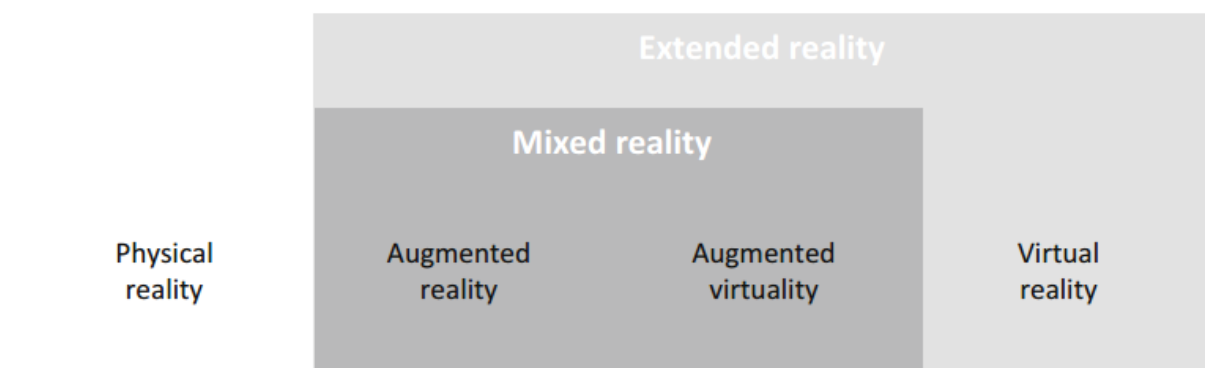
Εικόνα 2: VR Headset

Η σύγχρονη τεχνολογία εικονικής πραγματικότητας συνήθως περιλαμβάνει συσκευές που ο χρήστης προσαρμόζει στο κεφάλι του (HMDs), συνήθως αναφερόμενες ως VR Headset, που επιτρέπουν στους χρήστες να βυθιστούν σε ένα εικονικό κόσμο με τον αποκλεισμό του πραγματικού κόσμου. Η αρχική τεχνολογία εικονικής πραγματικότητας χρησιμοποιούνταν κυρίως για σοβαρούς σκοπούς, συμπεριλαμβανομένης της προσομοίωσης πτήσης και της στρατιωτικής εκπαίδευσης. Αργότερα ιδιαίτερα διαδεδομένη έγινε η χρήση της τεχνολογίας VR στον τομέα του gaming. Η βιομηχανία του “gaming” κυκλοφόρησε Headset συσκευές όπως το Oculus Rift, το HTC VIVE και το PlayStation VR, οι οποίες πυροδότησαν τη διάδοση της εικονικής πραγματικότητας στα οικιακά νοικοκυριά. Εκτός από τις συσκευές αυτές, η σύγχρονη τεχνολογία VR συνήθως περιλαμβάνει ακουστικά (ή άλλα είδη ηχείων) για τον ήχο και χειριστήρια για την υφή, άλλα πιο προηγμένα συστήματα VR μπορεί ακόμη να περιλαμβάνουν απτικά γάντια, απτικές στολές,

πολυδιάστατες περιπατητικές μηχανές ή άλλα υλικά που ενισχύουν την συνολική εμπειρία του χρήστη.

Αρχικά, οι όροι "εικονικό περιβάλλον" και "εικονικός κόσμος" χρησιμοποιούνται συχνά στο πλαίσιο της εικονικής πραγματικότητας (VR). Ένα εικονικό περιβάλλον αποτελείται από "λογισμικές αναπαραστάσεις πραγματικών (ή φανταστικών) παραγόντων, αντικειμένων και διαδικασιών, καθώς και από μια ανθρώπινη-υπολογιστική διεπαφή για την εμφάνιση και την αλληλεπίδραση με αυτά τα μοντέλα", ενώ ένας εικονικός κόσμος είναι ένα ειδικό είδος (multi-user) εικονικού περιβάλλοντος που παρέχει "κοινόχρηστους, προσομοιωμένους χώρους που κατοικούνται και διαμορφώνονται από τους κατοίκους τους, οι οποίοι εκπροσωπούνται ως άβαταρ". Εξατομικευμένα άβαταρ και αλληλεπίδραση multi-user χρησιμοποιήθηκαν για να διακρίνουν τους εικονικούς κόσμους από την VR, αλλά πολλές εφαρμογές VR είναι διαθέσιμες στην αγορά σήμερα που επιτρέπουν στους χρήστες να δημιουργούν και να προσαρμόζουν ατομικά άβαταρ (π.χ. AltspaceVR). Ωστόσο, τα εικονικά περιβάλλοντα και οι εικονικοί κόσμοι συνήθως αναφέρονται σε λογισμικό που τρέχει σε υλικό που μπορεί ή όχι να βασίζεται στην VR.

Δεύτερον, όροι όπως "αναμειγμένη πραγματικότητα" (MR), "επαυξημένη πραγματικότητα" (AR) και "αυξημένη εικονικότητα" (AV), που χρησιμοποιούνται διαφορετικά στην έρευνα και την πράξη, συχνά συγχέονται με την VR. Η AR αναφέρεται στον "σε πραγματικό χρόνο συνδυασμό ψηφιακών και φυσικών πληροφοριών μέσω διάφορων τεχνολογικών συσκευών", προσθέτοντας εικονικές πληροφορίες στην εμφανιζόμενη φυσική πραγματικότητα, ενώ η AV αναφέρεται σε έναν "εικονικό κόσμο επαυξημένο με την αντιστοίχιση μιας εικόνας ή βίντεο από τον πραγματικό κόσμο σε εικονικά αντικείμενα".[2]



Διάγραμμα 1: Ψηφιοποιημένη πραγματικότητα

Ορίζουμε την Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) ως μια πραγματική, σε πραγματικό χρόνο, άμεση ή έμμεση προβολή ενός φυσικού πραγματικού περιβάλλοντος που έχει ενισχυθεί/επαυξηθεί με την προσθήκη εικονικών πληροφοριών που παράγονται από υπολογιστή. Η AR είναι ταυτόχρονα διαδραστική και καταχωρημένη σε τρισδιάστατο χώρο, συνδυάζοντας πραγματικά και εικονικά

αντικείμενα. Το Συνεχές Φάσμα Πραγματικότητας-Εικονικότητας του Milgram, καθορίζεται από τους ως ένα φάσμα που εκτείνεται μεταξύ του πραγματικού περιβάλλοντος και του εικονικού περιβάλλοντος, περιλαμβάνοντας την AR και την Επαυξημένη Εικονικότητα (AV) στη μέση, όπου η AR είναι πιο κοντά στον πραγματικό κόσμο και η AV πιο κοντά σε έναν καθαρά εικονικό κόσμο. Η AR στοχεύει στο να απλοποιήσει τη ζωή του χρήστη, φέρνοντας εικονικές πληροφορίες όχι μόνο στο άμεσο περιβάλλον του, αλλά και σε οποιαδήποτε έμμεση προβολή του πραγματικού περιβάλλοντος, όπως ένα βίντεο. Ενισχύει την αντίληψη και την αλληλεπίδραση του χρήστη με τον πραγματικό κόσμο. Ενώ η τεχνολογία Εικονικής Πραγματικότητας (AR) ή Εικονικό Περιβάλλον, όπως το αποκαλεί ο Milgram, βυθίζει εντελώς τους χρήστες σε ένα συνθετικό κόσμο χωρίς να βλέπουν τον πραγματικό κόσμο, η τεχνολογία AR αυξάνει την αίσθηση της πραγματικότητας επικαλύπτοντας εικονικά αντικείμενα και ενδείξεις πάνω στον πραγματικό κόσμο σε πραγματικό χρόνο.[3]

2.3 Δημιουργία εικονικών περιβαλλόντων

Ενώ οι υπολογιστικά δημιουργημένες εικόνες τοπίων μπορεί να είναι στατικές, το computer animation αφορά αποκλειστικά δυναμικές εικόνες που μοιάζουν με ταινία. Παρ' όλα αυτά, γενικά, ο όρος "computer animation" αναφέρεται σε δυναμικές εικόνες που δεν επιτρέπουν την αλληλεπίδραση του χρήστη, ενώ ο όρος virtual world χρησιμοποιείται για τα διαδραστικά κινούμενα περιβάλλοντα.

Computer animation είναι ουσιαστικά ο ψηφιακός διάδοχος της τέχνης του stop motion animation των τρισδιάστατων μοντέλων και του frame-by-frame animation των δισδιάστατων εικονογραφήσεων. Οι Computer Generated Imagery είναι πιο ελέγξιμες από άλλες φυσικά βασισμένες διαδικασίες, όπως η κατασκευή πλήθους από μινιατούρες για εφέ σκηνών ή η πρόσληψη υποκειμένων για σκηνές με πλήθος, καθώς επιτρέπει τη δημιουργία εικόνων που δεν θα ήταν εφικτές με καμία άλλη τεχνολογία. Μπορεί επίσης να επιτρέψει σε έναν μόνο γραφίστα να παράγει τέτοιο περιεχόμενο χωρίς τη χρήση ηθοποιών, ακριβών σκηνικών ή κατασκευών.

Για τη δημιουργία της ψευδαίσθησης της κίνησης, μια εικόνα εμφανίζεται στην οθόνη του υπολογιστή και επαναλαμβάνεται με μια νέα εικόνα παρόμοια με την προηγούμενη, αλλά προχωρημένη ελαφρώς στο πεδίο του χρόνου (συνήθως με ρυθμό 24 ή 30 καρέ/δευτερόλεπτο).



Εικόνα 3: Ψηφιακός κόσμος (Unreal Engine 4.27)

Ψηφιακοί κόσμοι

Ένας εικονικός-ψηφιακός κόσμος είναι ένα περιβάλλον που βασίζεται σε πράκτορες και είναι προσομοιωμένο, επιτρέποντας στους χρήστες να αλληλεπιδρούν με τεχνητά κινούμενους χαρακτήρες (π.χ., λογισμικό πράκτορα) ή με άλλους φυσικούς χρήστες, μέσω της χρήσης άβαταρ. Οι εικονικοί κόσμοι προορίζονται για να κατοικούν και να αλληλεπιδρούν οι χρήστες τους. Ο όρος σήμερα έχει γίνει σε μεγάλο βαθμό συνώνυμος με διαδραστικά τρισδιάστατα εικονικά περιβάλλοντα, όπου οι χρήστες παίρνουν τη μορφή άβαταρ που είναι ορατοί γραφικά από άλλους. Αυτά τα άβαταρ συνήθως απεικονίζονται ως κειμενικές, δισδιάστατες ή τρισδιάστατες γραφικές αναπαραστάσεις, αν και είναι δυνατές και άλλες μορφές (π.χ., ακουστικές και αίσθησης αφής, για παράδειγμα). Ορισμένοι, αλλά όχι όλοι, οι εικονικοί κόσμοι επιτρέπουν τη συμμετοχή πολλαπλών χρηστών.[4]

Η δημιουργία ψηφιακών κόσμων με τη χρήση CGI έχει εκτοξευθεί σε ποικίλες εφαρμογές στη σύγχρονη εποχή. Στον κινηματογραφικό χώρο, τα εφέ CGI είναι καθοριστικά για τη δημιουργία εκπληκτικών σκηνών και ψηφιακών χαρακτήρων. Από τη Marvel Studios με τη χρήση του προηγμένου λογισμικού CGI όπως το Autodesk Maya για τη δημιουργία των υπερήρων και των εφέ στις ταινίες τους, όπως το "Avengers: Endgame", μέχρι την Pixar που χρησιμοποιεί το RenderMan για την παραγωγή κινούμενων ταινιών υψηλής ποιότητας όπως το "Toy Story". Στον τομέα των παιχνιδιών, η δημιουργία εντυπωσιακών εικονικών κόσμων αναθεωρείται με τη χρήση CGI. Το Unreal Engine, αναπτύσσεται από την Epic Games, είναι ένα ισχυρό εργαλείο για τη δημιουργία ρεαλιστικών γραφικών σε παιχνίδια όπως το "Fortnite". Επιπλέον, στον χώρο της εκπαίδευσης και της εκπαίδευσης σε πραγματικό χρόνο, η δημιουργία εκπαιδευτικών περιβαλλόντων με ψηφιακούς κόσμους είναι αναπτυσσόμενη με τη χρήση λογισμικών όπως το Unity3D και το Blender, επιτρέποντας σε μαθητές και επαγγελματίες να αλληλεπιδρούν με προσομοιωμένα περιβάλλοντα για εκπαίδευση και κατάρτιση. Συνολικά, η χρήση της CGI

διευρύνει τις δυνατότητες στη δημιουργία εκπληκτικών και ρεαλιστικών ψηφιακών εμπειριών σε πολλούς τομείς της καθημερινής ζωής.

2.4 Γραφικά και κινηματογράφος

Στον κινηματογράφο, η χρήση των γραφικών αναδεικνύει μια συναρπαστική διάσταση που ενισχύει την κινηματογραφική εμπειρία. Από τη δημιουργία εκπληκτικών ειδικών εφέ έως την εξερεύνηση της φαντασίας, τα γραφικά ανοίγουν νέα παράθυρα για τους δημιουργούς. Η καλλιτεχνική χρήση των γραφικών δεν περιορίζεται σε επιστημονική φαντασία ή επικές περιπέτειες, αλλά επιτρέπει επίσης την αναπαράσταση πολύπλοκων συναισθηματικών και ψυχολογικών καταστάσεων. Οι γραφικές τέχνες στον κινηματογράφο αντιπροσωπεύουν ένα κλειδί για τη δημιουργία εντυπωσιακών οπτικών κόσμων που κεντρίζουν το κοινό και ενισχύουν την αφήγηση της ιστορίας.

Η ιστορία του σινεμά ξεκινά με τον αρχικό κινηματογράφο, όπου η εικόνα αποτυπωνόταν από φωτογραφικό φιλμ. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας οδήγησε σε προόδους, όπως η εισαγωγή του ήχου, του χρώματος, και της τρισδιάστατης εικόνας. Ωστόσο, η πραγματική επανάσταση έλαβε χώρα με την εισαγωγή των ψηφιακών εφέ και της CGI.

Ο Ρόλος των CGI στο Σινεμά:

Τα CGI αναδεικνύουν την ικανότητα του σινεμά να δημιουργεί φανταστικούς κόσμους, απίστευτα πλάσματα και εντυπωσιακές σκηνές. Η κύρια λειτουργία τους είναι να παρέχουν εφέ που δεν θα ήταν εφικτά με παραδοσιακά μέσα. Από την δημιουργία ψηφιακών χαρακτήρων μέχρι την αναπαράσταση φανταστικών τοπίων, οι CGI επιτρέπουν στους δημιουργούς να φέρνουν στην οθόνη ό,τι φανταστούν.

▪ Κίνηση Capture (Motion Capture):

Η τεχνολογία αυτή επιτρέπει την καταγραφή της κίνησης πραγματικών ανθρώπων και τη μεταφορά της σε ψηφιακούς χαρακτήρες. Αυτό δίνει ρεαλιστικότητα στα ψηφιακά πλάσματα, καθιστώντας τα πιο αληθοφανή.

▪ Υφές και Φωτισμός (Textures and Lighting):

Οι καλές ψηφιακές εικόνες απαιτούν ρεαλιστικές υφές και φωτισμό. Οι CGI καλλιτέχνες χρησιμοποιούν προηγμένα συστήματα για τη δημιουργία φωτισμού που να μιμείται τον πραγματικό κόσμο.

▪ Εξέλιξη της Ψηφιακής Εικόνας στο Σινεμά:

Η πρώτη φορά που χρησιμοποιήθηκαν CGI σοβαρά στο σινεμά ήταν το 1973 με την ταινία "Westworld," αλλά η πραγματική αποκορύφωση συνέβη στη δεκαετία του '90 με την ταινία

"Jurassic Park." Η δυνατότητα να δημιουργηθούν ρεαλιστικά δεινόσαυροι σήμανε μια νέα εποχή στα εφέ. Η εξέλιξη συνεχίστηκε με ταινίες όπως το "The Matrix" (1999) που προσέφεραν εντυπωσιακά πρωτοποριακά εφέ. Στα 2000s, η τεχνολογία CGI εξελίχθηκε περαιτέρω με τη χρήση φυσικού φωτός στην αναπαράσταση των ψηφιακών αντικειμένων, δίνοντάς τους πιο ρεαλιστική όψη. Στη σύγχρονη εποχή, ταινίες όπως το "Avatar" (2009) και το "The Jungle Book" (2016) καθιέρωσαν νέα στάνταρ στην ποιότητα των CGI, προσφέροντας εντυπωσιακή αληθοφάνεια σε ψηφιακούς χαρακτήρες και περιβάλλοντα.

▪ Προκλήσεις και Προοπτικές:

Παρά την επιτυχία των CGI, υπάρχουν προκλήσεις. Η αναζήτηση της ρεαλιστικότητας ενδέχεται να οδηγήσει σε φαινόμενα όπως το "Uncanny Valley," όπου οι ψηφιακοί χαρακτήρες δεν είναι αρκετά ρεαλιστικοί και προκαλούν αναστάτωση. Παράλληλα, η συνεχής εξέλιξη της τεχνολογίας άνοιξε νέους ορίζοντες, όπως η χρήση της τεχνητής νοημοσύνης για τη δημιουργία αυτόνομων ψηφιακών χαρακτήρων με προηγμένες συμπεριφορές.

Συνοψίζοντας, οι CGI έχουν αναδείξει το σινεμά σε έναν κόσμο όπου οι φανταστικές ιστορίες γίνονται πραγματικότητα. Με τη χρήση προηγμένων τεχνολογιών, οι δημιουργοί μπορούν να μεταφέρουν το κοινό σε ανεξερεύνητους κόσμους και να προσφέρουν μια εμπειρία που πριν ήταν αδιανόητη. Παρά τις προκλήσεις, οι CGI συνεχίζουν να ανοίγουν νέες προοπτικές για την τέχνη του σινεμά.



Εικόνα 4: Χαρακτήρες της ταινίας Avatar

5. Η περίπτωση του “The Lord of the Rings”

Η τριλογία ταινιών “Ο Άρχοντας των Δαχτυλιδιών” αποτελεί μια από τις πιο επιτυχημένες κινηματογραφικές παραγωγές του 21^{ου} αιώνα. Αποτελείται από τις ταινίες “Η Συντροφιά του Δαχτυλιδιού”, “Οι Δύο Πύργοι” και “Η Επιστροφή του Βασιλιά” που είναι βασισμένες στα ομώνυμα βιβλία του Άγγλου φιλόλογου και συγγραφέα J. R. R. Tolkien.

Το κόστος παραγωγής για ολόκληρη την τριλογία ταινιών εκτιμάται ότι ήταν περίπου 281 εκατομμύρια δολάρια. Αυτό το ποσό περιλαμβάνει τα κόστη παραγωγής για όλες τις τρεις ταινίες: “Η Συντροφιά του Δαχτυλιδιού” (2001), “Οι Δύο Πύργοι” (2002) και “Ο Βασιλιάς των Δαχτυλιδιών” (2003). Όσον αφορά τα κέρδη από το ταμείο, η τριλογία ήταν εξαιρετικά επιτυχημένη. Το συνολικό παγκόσμιο κέρδος από το ταμείο για τις τρεις ταινίες ήταν πάνω από 2,9 δισεκατομμύρια δολάρια.

Στην συγκεκριμένη ενότητα γίνεται μελέτη της κινηματογραφικής παραγωγής και αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιήθηκαν τα γυρίσματα έτσι ώστε να συνδυαστεί ο πραγματικός με τον ψηφιακό κόσμο και τα γραφικά.



Εικόνα 5: Elijah Wood και Sir Ian McKellen ως Φρόντο και Γκάνταλφ

3.1 Σύνοψη σειράς και βιβλίων

Στο “The Lord of the Rings: The Fellowship of the Ring” ακολουθούμε την ιστορία του Φρόντο, ενός χόμπιτ (πλάσμα δημιουργήμα της φαντασίας του συγγραφέα που παραπέμπει σε μικρόσωμο άνθρωπο) που άθελα του καταλήγει να έχει στην κατοχή ένα μαγικό δαχτυλίδι. Μπλέκεται έτσι σε μια περιπέτεια από την οποία εξαρτάται το μέλλον ολόκληρου του κόσμου. Στην περιπέτεια αυτή

σύμμαχος και συνοδοιπόρος του είναι ο σοφός μάγος Γκάνταλφ, ο φύλακας Άραγκορν αλλά και μια ομάδα αποτελούμενη από ανθρώπους ξωτικά και χόμπιτ.

Στην δεύτερη ταινία της σειράς με τίτλο “The Two Towers” οι πρωταγωνιστές συμμετέχουν σε μεγάλες μάχες, καθοριστικές για την εξέλιξη της ιστορίας ενώ ο θεατής γνωρίζει νέους χαρακτήρες και βασιλεία όπως ο βασιλιάς Θέοντεν του Ρόχαν και το πλάσμα Γκόλουμ. Στην συγκεκριμένη ταινία η χρήση ειδικών εφέ είναι πολύ πιο έντονη συγκριτικά με την πρώτη καθώς υπάρχει μεγαλύτερη ανάγκη για την απεικόνιση μεγαλύτερων και πολυπληθέστερων σκηνών.

Τέλος, στην τρίτη και τελευταία ταινία της τριλογίας το “The Return of the King” που προβλήθηκε στις κινηματογραφικές αίθουσες το 2003 ολοκληρώνεται η ιστορία του κόσμου της “Μέσης Γης”. Η τελική μάχη με τον σκοτεινό Άρχοντα Σάουρον, που επιθυμεί διακαώς να αποκτήσει το δαχτυλίδι, εκτυλίσσεται μπροστά στα μάτια των θεατών που παρακολουθούν με αγωνία την έκβαση της ιστορίας. Μιας ιστορίας που ξεκίνησε από το ήσυχο σπιτάκι του Φρόντο και ολοκληρώνεται στις φωτιές της μαύρης γης της Μόρντορ.

3.2 Η σημασία των γραφικών και του CGI στη δημιουργία του κόσμου της ταινίας

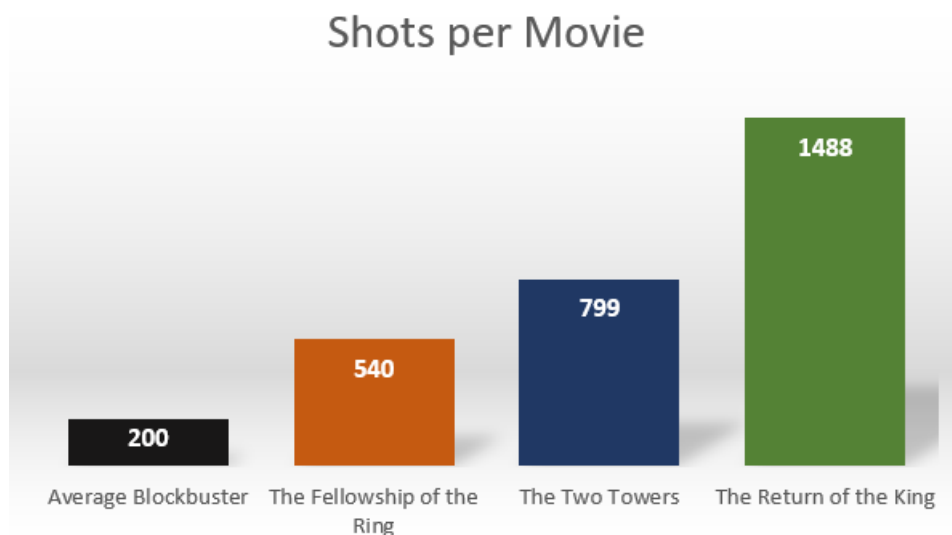
Ενώ κάποιοι κριτικοί ταινιών πιστεύουν ότι τα ειδικά εφέ και οι τα CGI αποσπούν από μια ταινία, οι παραγωγοί της τριλογίας “Ο Άρχοντας των Δαχτυλιδιών” κατάφεραν να δημιουργήσουν ένα εκπληκτικό, αλλά ρεαλιστικό κόσμο σχεδόν χωρίς χρήση υπολογιστικών εικόνων και τα ψηφιακά εφέ που χρησιμοποιήθηκαν συνέβαλαν μόνο στην ενίσχυση και τον συμπληρωματικό ρόλο των χαρακτήρων και της πλοκής των ταινιών.

Και οι τρεις ταινίες κέρδισαν το “Βραβείο Ακαδημίας” για τα “Καλύτερα Οπτικά Εφέ” και θεωρούνται ευρέως αποθεωμένες για την εξυπνάδα και τη ρεαλιστική τους εμφάνιση. Όπως αναφέρεται σε ένα άρθρο, “Τα ειδικά εφέ ήταν αυτό για το οποίο το ‘Ο Άρχοντας των Δαχτυλιδιών’ έλαβε τις υψηλότερες κριτικές, καθώς τα εφέ που χρησιμοποιήθηκαν δεν είχαν εφαρμοστεί ποτέ με τέτοια κλίμακα πριν στον κινηματογράφο. Σύμφωνα με τον Brian Sibley, ο εγκεφαλός πίσω από αυτά τα εφέ ήταν μια εταιρεία με έδρα τη Νέα Ζηλανδία που ονομάζεται Weta Digital, υπεύθυνη για “τον σχεδιασμό και την κατασκευή των μινιατούρων, των πανοπλιών, των όπλων, των μοντέλων πλασμάτων... καθώς και όλων των προσθετικών και των εφέ ειδικού μακιγιάζ”.

Η Weta είχε ήδη συνεργαστεί ξανά με τον σκηνοθέτη Peter Jackson στην ταινία “Braindead”, οπότε ήταν ήδη εξοικειωμένη. Όταν προσέγγισαν για πρώτη φορά την ιδέα, γνώριζαν ότι αναλάμβαναν έναν τεράστιο καθήκον. Δεν ήταν όμως μέχρι να τελειώσουν που συνειδητοποίησαν πόσο μεγάλη ήταν η πρόκληση. Ο αριθμός των αντικειμένων που χρειαζόνταν για τις ταινίες ήταν απίστευτος. Συνολικά, η Weta έπρεπε να δημιουργήσει και να κατασκευάσει πάνω από 48.000 κομμάτια πανοπλίας, 75.000 μινιατούρες στρατιωτών για τη χορογραφία των σκηνών μάχης, 1.800 ζευγάρια ψεύτικων ποδιών Hobbit, 1.600 ζευγάρια ψεύτικων αυτιών Hobbit και 10.800 κοστούμια μόνο για τους επιπλέον χαρακτήρες. Αυτά τα κοστούμια, παρόλο που κάποιες φορές δεν προσέλκυαν την

προσοχή των επισκεπτών, αποτέλεσαν ουσιώδες μέρος της ταινίας. Πώς θα ήταν τα ξωτικά χωρίς τις αιθέριες, κυρτές τους κορδέλες; Η ομάδα της Weta αφιέρωσε αρκετό χρόνο για να χτίσει προσεκτικά τις ντουλάπες των κεντρικών χαρακτήρων, προσπαθώντας να αποτυπώσει την εμφάνιση που ήθελε ο Peter Jackson, να προσθέσει τη δική του πινελιά και να την κρατήσει συνεπή με αυτό που είχε στο μυαλό του αρχικά ο J.R.R. Tolkien, χωρίς ωστόσο το κόστούμι να αποσπάσει κάτι από τον χαρακτήρα ή την ταινία.[5]

Το πιο εκπληκτικό είναι η δουλειά που χρειάστηκε να γίνει στο “The Return of the King” συγκριτικά με τις δύο προηγούμενες ταινίες. Οι τεχνικοί έπρεπε να καλύψουν όχι μόνο πλάσματα και χαρακτήρες αλλά και περιβάλλοντα, μεγάλες στρατιές και κατασκευές που καταστρέφονταν. «Όπου και αν κοιτούσε κανείς χρειαζόταν να προσθέσει κάτι στη σκηνή» αναφέρει μέλος του κινηματογραφικού συνεργείου.



Διάγραμμα 2: Λήψεις ανά ταινία

Ενδεικτικά ο αριθμός των κινηματογραφικών λήψεων που χρειάστηκαν είναι υπερδιπλάσιος συγκριτικά με παραγωγές που μέχρι τότε θεωρούνταν μεγάλες σε μέγεθος.[6] Μπορεί λοιπόν κανείς να συμπεράνει πως η χρήση ειδικών εφέ και υπολογιστικών γραφικών μόνο εμπόδιο δεν θα αποτελούσε στην παραγωγή της ταινίας. Η Weta με την δημιουργία του λογισμικού Massive έθεσε νέα στάνταρ στα επίπεδα των κινηματογραφικών παραγωγών. Η συνεισφορά του στην αποτελεσματική διεκπεραίωση των ταινιών είναι τεράστια. Δεν μπορεί κανείς να φανταστεί πως θα ήταν οι θρυλικές αυτές ταινίες χωρίς την βοήθεια των ψηφιακά δημιουργημένων μαχών που προσέφερε το Massive. Ο ήδη μεγάλος αριθμός των props, το κόστος παραγωγής και ο αριθμός των απαιτούμενων λήψεων θα εκτοξευόταν σε σημείο που θα καθιστούσε αδύνατα τα γυρίσματα.

3.3 Ανάλυση της εφαρμογής των ειδικών εφέ

Κατά τη διάρκεια των γυρισμάτων δημιουργήθηκε η ανάγκη για πρωτοποριακές τεχνολογίες και καινοτομίες στην επιστήμη των υπολογιστικών γραφικών. Το κινηματογραφικό συνεργείο σε συνεργασία με την Weta εμπνεύστηκαν και υλοποίησαν λογισμικά που χρησιμοποιούνται ακόμη και σήμερα στην παραγωγή ταινιών και τηλεοπτικών προγραμμάτων.

Δημιουργώντας το Gollum

Η απεικόνιση του πλάσματος Γκόλουμ (Gollum) δημιούργησε νέες μεγάλες προκλήσεις στο ήδη δύσκολο έργο των γυρισμάτων. Ο χαρακτήρας αυτός παρότι θα σκεφτόταν κανείς ότι ήταν ένα κοινό CGI έπρεπε να συμπεριφέρεται και να κινείται με τα χαρακτηριστικά ενός ανθρώπου. Οι εκφράσεις του προσώπου του έπρεπε να είναι φυσικές και να δίνουν την εντύπωση ότι αυτό το πλάσμα ήταν κάποτε ένα είδος ανθρώπου. Όπως αναφέρει ο Joe Letteri: «Το Gollum ήταν πραγματικά ο πρώτος CGI χαρακτήρας που ελπίζαμε να φέρουμε στην μεγάλη οθόνη και έπρεπε να αλληλεπιδρά με ανθρώπινο τρόπο με άλλους ηθοποιούς»

Η διαδικασία ανάπτυξης του Gollum χωριζόταν σε 4 βασικά στάδια:

1. On-set Performance: Καταγραφή θέσεων και κινήσεων σε φιλμ 35mm
2. Motion capture: μετατροπή σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας ως βάση την παράσταση στο υπολογιστικά δημιουργημένο Gollum
3. ADR (Automated Dialogue Replacement): δημιουργία και τακτοποίηση μονοπατιών ήχου για να δουλέψουν οι animators
4. Animation: ανάπτυξη του χαρακτήρα, καρέ καρέ, χρησιμοποιώντας τα παραπάνω βήματα σαν βάση έτσι ώστε να μπει το Gollum στις σκηνές μαζί με τους άλλους ηθοποιούς.

Ο τρόπος με τον οποίο σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε ψηφιακά αυτός ο χαρακτήρας θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως μια από τις πρώτες περιπτώσεις AR (Augmented Reality) καθώς οι αλληλεπιδράσεις του ηθοποιού με το περιβάλλον του καταγράφονταν από κινηματογραφικό εξοπλισμό και στη συνέχεια επαυξάνονταν και διορθώνονταν ψηφιακά.

Όπως περιγράφει ο Jim Rygiel, Visual Effects Designer της παραγωγής, ο Gollum είναι ένα πλάσμα το οποίο δεν μπορούσες να φτιάξεις με τις κοινές λαστιχένιες στολές καθώς έπρεπε πραγματικά να συμμετέχει ενεργά στην παράσταση. Είναι τρελός, αλλά έχει αυτές τις μικρές ευγενικές και ευαίσθητες στιγμές του, άρα είναι σχεδόν άνθρωπος, σαν ένα αδυνατισμένο πλάσμα που μοιάζει με τον ET. Μας ώθησε στο σημείο να συνειδητοποιήσουμε ότι έπρεπε να τον φτιάξουμε πλήρως υπολογιστικά, ενώ ταυτόχρονα εξασφαλίζουμε ότι φαινόταν εντελώς αληθινός στις κινήσεις και τον τρόπο που μιλάει. Οπότε πήγαμε στην επιλογή του animation με motion capture και βάλαμε τον Andy Serkis να κάνει κάθε πιθανή κίνηση. Ο Andy μπήκε κατευθείαν στο πετσί του ρόλου, δίνοντας μας ακόμα περισσότερα από όσα μπορούσαμε να φανταστούμε ότι χρειαζόμασταν, επομένως το μόνο που έμενε να κάνουμε ήταν να μικρύνουμε ξανά το αδυνατισμένο πλάσμα επί της οθόνης. Ήταν εκπληκτικό, έκανε το Gollum να μοιάζει αληθινό. Δεν θέλαμε οι άνθρωποι που το

βλέπουν να νομίζουν ότι είναι απλά ένα εξαιρετικά κατασκευασμένο CGI πλάσμα, θέλαμε να σκέφτονται ότι είναι αληθινό. Επιθυμούσαμε να τον έχουμε να κυκλοφορεί επί σκηνής σαν να είναι ένας ακόμη ηθοποιός.

Ο Andy Serkis φόρεσε μια ειδικά κατασκευασμένη μαύρη στολή καλυμμένη με υψηλής ανάκλασης τελείες που χρησιμοποιούνταν ως σημεία αναφοράς σε σημεία κλειδιά του σώματος που εξείχαν. Έπειτα, οδηγήθηκε σε ένα μικρό βήμα περικυκλωμένο από φώτα και κάμερες. Ενώ στεκόταν εντελώς ακίνητος με τα χέρια ανοιχτά και τεντωμένα, σχεδόν σαν ένα Χριστουγεννιάτικο δέντρο με λαμπάκια, καταγραφόταν από κάμερες 360 μοιρών που απαθανάτιζαν τις τελείες. Οι πληροφορίες αυτές τροφοδοτούνταν στον υπολογιστή και το συνεργείο τεχνικών τον μετέτρεπε σε έναν ψηφιακό Andy Serkis. Στη συνέχεια η οθόνη γυρνούσε προς το μέρος του και του δινόταν εντολή να κουνήσει τα χέρια του. Προς έκπληξη του, το ίδιο έκανε και ο ψηφιακός εαυτός του. Πραγματοποίησε κάποιες βασικές κινήσεις.

Την επόμενη μέρα, το ζητούμενο ήταν να κάνει κάποιες ασκήσεις χρησιμοποιώντας κινήσεις πάνω στις οποίες δούλευε ο ηθοποιός σε συνδυασμό με το ψηφιακό Gollum μοντέλο, καταγράφοντας τις σε έναν κατάλογο κινήσεων από τις οποίες το συνεργείο μπορούσε να επιλέξει αργότερα για να χρησιμοποιήσει. Μετά από αυτό το πρόγραμμα είχε προσχεδιασμό μιας σκηνής που μπορεί ακόμα και να κατέληγε στην τελική έκδοση της ταινίας.

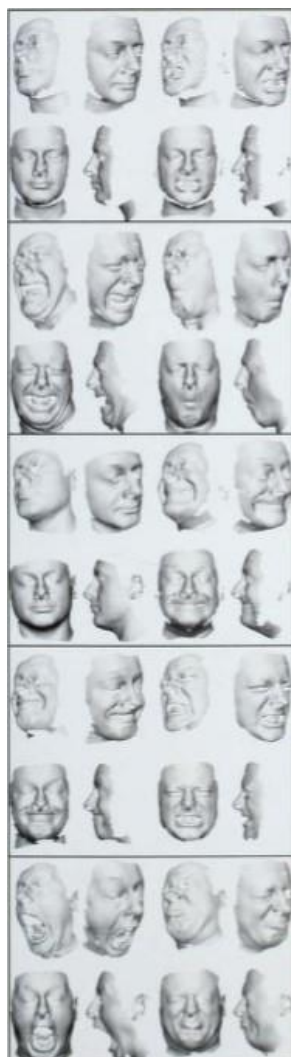
Φόρεσε τη στολή και προχώρησαν με τη διαδικασία, μόνο που αυτή τη φορά ο Andy φορούσε ένα ζευγάρι γυαλιά που του επέτρεπαν να δει σε πραγματικό χρόνο τι κάνει ως Gollum. Ήταν περισσότερο σαν να χειρίζεται κάποιος μια μαριονέτα παρά σαν να δίνει παράσταση. Τη στιγμή που ο ηθοποιός φόρεσε τα γυαλιά ξαφνικά όλα έβγαλαν νόημα. Ήταν ο Gollum! Έπεσε πίσω στην πλάτη του, κυλίστηκε στο πάτωμα και ξανασηκώθηκε. Το ίδιο έκανε και ο Gollum μέσα από τα γυαλιά του αντιγράφοντας την κάθε του κίνηση σαν σε καθρέπτη. Το μοντέλο είχε ήδη προκαθορισμένες σκελετικές δομές και μύες, πράγμα που σήμαινε ότι με την παραμικρή κίνηση του Andy το ψηφιακό πλάσμα ανταποκρινόταν κάνοντας την κίνηση πολύ πιο έντονα. Κάτι που έκανε πολύ πιο ξεκούραστη την υποκριτική για αυτόν.



Εικόνα 6: Ο Andy Serkis με τη στολή motion-capture

Βρισκόταν εντελώς σε έναν ψηφιακό κόσμο ολομόναχος. Άρχισε να συνειδητοποιεί τις δυνατότητες του όσο κυλιόταν, περιπλανιόταν, πηδούσε και κοιμόταν με την μορφή του Gollum. Τελικά τον επανάφεραν στον πραγματικό και κόσμο και ετοιμάστηκαν να γυρίσουν την σκηνή που το πλάσμα οδηγεί τον Φρόντο και τον Σαμ στα απόκρημνα μονοπάτια που οδηγούσαν στην αράχνη Σίλομπ, όπου βλέπει το δαχτυλίδι περασμένο στο λαιμό του Φρόντο και καταβάλλεται από την επιθυμία να αποκτήσει το «πολύτιμο» του.

Συζητήθηκε το πως θα εκτυλισσόταν η σκηνή με κάποια μέλη της παραγωγής και στη συνέχεια εξέτασαν το στιγμιότυπο του Elijah Wood (ηθοποιός που υποδύεται τον Φρόντο) στο οποίο θα έπρεπε να ενσωματώσουν την ηθοποιία του Andy. Αφού γύρισαν μερικές υποψήφιες σκηνές, αυτό που τους εξέπληξε περισσότερο ήταν ότι η πιο ρεαλιστική σκηνή ήταν αυτή με τις λιγότερο έντονες και δραστήριες κινήσεις. Μερικές φορές οι πιο απλές αλληλεπιδράσεις είναι και οι πιο ουσιαστικές και πιστευτές. Το να βλέπει κανείς την συγκεκριμένη σκηνή ξανά και ξανά ήταν σαν να παρακολουθεί μια σιωπηλή ταινία όπου τα συναισθήματα των ηθοποιών μεταφέρονταν αποκλειστικά μέσω παντομίμας.



Εικόνα 7: Εκφράσεις προσώπου του Andy

Το CGI είναι ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο καθώς είναι πολύ παρόμοιο με την ηθοποιία. Με την διαφορά ότι πρέπει να γίνονται όλα μέσα σε 24 καρέ (frames), ξέροντας τότε πρέπει κανείς να πάρει μια καλή γκριμάτσα, τότε να έχει μια έντονη αντίδραση, τότε να ανοιγοκλείσει τα μάτια του κλπ. Υπήρχαν συγκεκριμένα κομμάτια στα οποία ο Gollum διέφερε πολύ από οποιονδήποτε χαρακτήρα και αν δεν ήταν κανείς προσεκτικός μπορεί να ξέφυγε η κατάσταση. Για παράδειγμα, είχε ένα μικροσκοπικό μήλο του Αδάμ στο λαιμό του για το οποίο οι τεχνικοί ξόδεψαν απίστευτα πολύ χρόνο μέχρι να βρουν τότε πρέπει να ανεβοκατεβαίνει ενώ μιλάει ο χαρακτήρας. Ήταν πολύ εύκολο να παρασυρθούν από λεπτομέρειες καθώς ήθελαν να είναι ο πιο ρεαλιστικός που έχει υπάρξει ποτέ. Το animation είναι κατά κάποιον τρόπο σαν το παραδοσιακό αλλά σε 3 διαστάσεις και δημιουργημένο με ένα πληκτρολόγιο υπολογιστή. Μπορείς να χτίσεις όση κίνηση και δράση θέλεις, δεν χρειάζεται να περιορίζεσαι, ακόμα και τα μικρά πραγματάκια η έντομα που πετάνε γύρω από τον χαρακτήρα μπορεί να είναι εκεί και να κινούνται ταχύτερα από τα 24 καρέ το δευτερόλεπτο. Είναι μια ευέλικτη διαδικασία, αλλά στο τέλος αυτό που προσπαθούσαν να κάνουν ήταν ο χαρακτήρας να κάνει πράγματα που μπορεί να κάνει οποιοσδήποτε έμβιος οργανισμός. Πιο σημαντικά, έπρεπε να έχει αληθινή όψη, χαρισματική δράση, μια πρωτόγνωρη πειστικότητα και λίγο από την μαγεία του σινεμά.

Έγιναν πολλές φωτογραφήσεις και scanning των διαφορετικών εκφράσεων προσώπου του Andy, αλλά ο τρόπος με τον οποίο μεταβάλλεται ένα πρόσωπο με πολύ σάρκα είναι διαφορετικός από

τον τρόπο που το κάνει ένα λιπόσαρκο. Όχι τόσο από μηχανική και μυϊκή άποψη, αλλά κυρίως στον τρόπο που ο ιστός, οι μύες και η σάρκα του ενός τύπου προσώπου υπαινίσσονται τις αλλαγές που συμβαίνουν στον άλλο. Μπορεί να εκφράσουν τα αντίθετα συναισθήματα παρόλο που κάνουν ακριβώς τα ίδια πράγματα. Μια πολύ καλή μακέτα του Gollum φτιάχτηκε με τις προσωπικές εκφράσεις του Andy, ήταν όμως πολύ δύσκολο να προβάλεις τον ηθοποιό ως κάτι υπερβολικά λεπτό. Επομένως πολλές από τις εκφράσεις του χρησιμοποιήθηκαν όπως ακριβώς ήταν. Η επιστημονική προσέγγιση στο όλο θέμα θα ήταν να βάλουν τον Andy να κάνει αυστηρή δίαιτα και να στερηθεί ύπνο για ένα διάστημα 6 μηνών, πράγμα που φυσικά δεν ήταν διατεθειμένοι να κάνουν.



Εικόνα 8: Λογισμικό ανάπτυξης του Gollum

Μετά από ένα χρονικό διάστημα ο Peter Jackson αποφάσισε η δομή προσώπου του χαρακτήρα να παραπέμπει πολύ περισσότερο στο πρόσωπο του Andy. Έτσι ώστε οι CG μύες να είναι ικανοί να αναπαραστήσουν όλο το φάσμα των εκφράσεων που προέρχονταν από την ηθοποιία του Andy. Τα τελευταία στρώματα γραφικών του χαρακτήρα θα έπρεπε να αλλάζουν και να μπορούν να μεταβληθούν μέχρι πολύ αργά χρονικά. Έτσι ο ειδικός οπτικών εφέ, Joe Letteri σε συνεργασία με

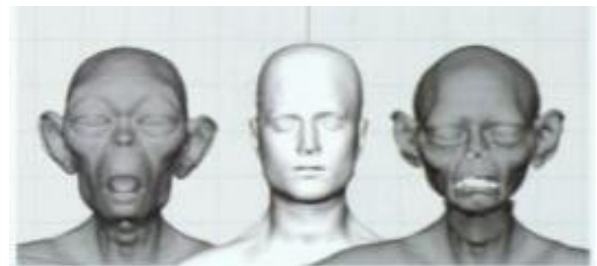
ακόμη ένα μέλος της παραγωγής ανέπτυξαν ένα σχήμα χρωματισμού για να δώσουν στο δέρμα στρώματα και υφή. [7]

Ο σκηνοθέτης των ταινιών Peter Jackson αναφέρει:

“Πολλές από τις απεικονίσεις του Gollum που είχα δει προηγουμένως ήταν από ημερολόγια, βιβλία, παιχνίδια και άλλα, τα οποία τον είχαν παρουσιάσει ως ένα ομιχλώδες οριακά αμφίβιο πλάσμα – ίσως αυτό να εκλαμβάνουν οι άνθρωποι διαβάζοντας το βιβλίο. Πριν αρχίσουμε την σχεδίαση του Gollum, νομίζαμε ότι είναι σημαντικό για την ιστορία το γεγονός ότι ο Φρόντο μπορούσε να γίνει σαν το Gollum, καθώς υποτίθεται ότι και αυτό ήταν κάποτε ένα χόμπιτοειδές πλάσμα [...] Επομένως το ομιχλώδες αμφίβιο πλάσμα δεν μπορούσε να μας εξυπηρετήσει και πολύ, οπότε αρχίσαμε να σχεδιάζουμε το Gollum όπως φαίνεται στο “The Fellowship of the Ring” Gollum Mark One, το αποκαλούσαμε.

[...] Όταν αρχίσαμε να δουλεύουμε στις λήψεις του Gollum στο “Two Towers”, βρήκαμε ότι θέλαμε να αντιγράψουμε την

παράσταση του Andy όσο καλύτερα μπορούμε με τον CG χαρακτήρα. Ωστόσο, ανακαλύψαμε ότι δεν μπορούμε – η δομή του προσώπου του Andy, οι μύες, τα μάτια, τα μάγουλα, το στόμα, και η ηθοποιία του δεν ήταν τα ίδια με αυτά που είχαμε χτίσει στον ψηφιακό Gollum. Όμως θέλαμε να μοιάζει με τον Andy, ώστε όταν ο Andy κάνει κάποια γκριμάτσα η μετακινούσε τους μύες του προσώπου του, ο CG χαρακτήρας να κάνει ακριβώς το ίδιο. Στο σημείο αυτό έγινε προφανές ότι αν θέλαμε να χρησιμοποιήσουμε την ηθοποιία του Andy σαν σημείο αναφοράς θα έπρεπε να ξαναχτίσουμε από την αρχή το πρόσωπο του CG Gollum.”[7]



Εικόνα 9: Εκφράσεις προσώπου του Gollum

Με βάση τις παραπάνω πληροφορίες που παρείχε τόσο το κινηματογραφικό συνεργείο όσο και ο ηθοποιός που ενσάρκωνε το Gollum, γίνεται αντιληπτό ότι οι δυσκολίες τις οποίες είχαν να αντιμετωπίσουν ήταν πρωτόγνωρες για την εποχή. Δημιουργήθηκαν έτσι νέες ανάγκες για να συνδυαστεί η ηθοποιία στον πραγματικό κόσμο με το animation και την CGI, τις οποίες οι τεχνικοί κάλυψαν εφαρμόζοντας πρωτοποριακές μεθόδους και τεχνολογίες.

Σκηνές μάχης

Άλλη μια σημαντική υποκατηγορία της ανάλυσης σχετικά με τα ειδικά εφέ της ταινίας αποτελούν οι σκηνές μάχης και οι προκλήσεις που προέκυψαν κατά τη διάρκεια των γυρισμάτων τους.

Το εκπληκτικό ήταν ότι με τη γνώση που αποκτήθηκε από τις 2 πρώτες ταινίες σχετικά με την τεχνολογία, το συνεργείο κατάφερε να κάνει συνεχείς βελτιώσεις με στόχο να καλύψει τις ανάγκες του σεναρίου. Το λογισμικό Massive (περιγράφεται στην Ενότητα 4) αναπτύχθηκε προκειμένου να έχουν οι σκηνές CG στρατιές οι οποίες θα δείχνουν φυσικές και πειστικές και όχι σαν να απλά

κομμάτια προγραμματισμένου υλικού που απλώς αναπαράγονται. Σχεδιάστηκε πραγματικά ώστε να είναι προσαρμοσμένο στις ανάγκες της 3^{ης} ταινίας “The Return of the King” έτσι ώστε να μπορεί να απεικονίσει εκατοντάδες η και χιλιάδες χαρακτήρες.



Εικόνα 10: Σκηνή μάχης πριν και μετά την επεξεργασία

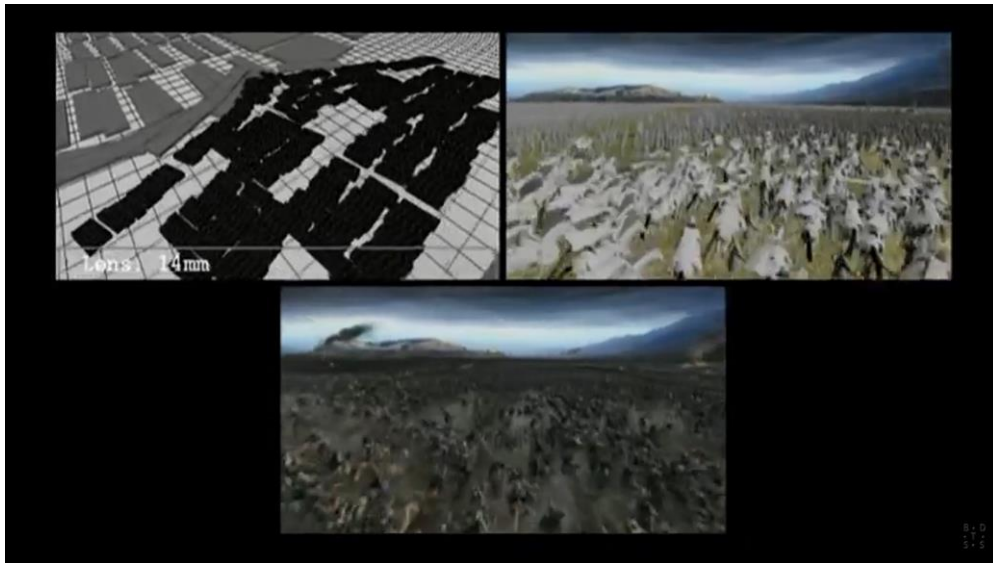
Ο προγραμματιστής λογισμικού Steve Regelous που εργάστηκε πάνω στο πρότζεκτ αναφέρει χαρακτηριστικά:

“Ήξερα ότι δεν μπορούσε να είναι ένα απλό σύστημα με μερικούς τύπους να τρέχουν γύρω γύρω και να πετάνε αντικείμενα ο ένας στον άλλον. Είχα ήδη διαβάσει τα σενάρια, και τα τρία, και ήξερα ακριβώς τι ερχόταν μπροστά μου!”

Το Massive για την μάχη του Pelennor Fields (σκηνή της 3^{ης} ταινίας) ανέβηκε από τους, 10.000 Ούρουκ-Χάι που χρειάστηκαν σε σκηνή μάχης της 2^{ης} ταινίας, σε περίπου 200.000 Ορκ που έπρεπε να παίρνουν μέρος και να πολεμούν.



Εικόνα 11: Agents στη μάχη του Pelennor Fields



Εικόνα 12: Μάχες CGI

Το αντικείμενο που έχει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον μελέτης είναι ίσως τα άλογα που σχεδιάστηκαν μέσω του λογισμικού για να συμμετέχουν στην μάχη του Pelennor Fields. Όταν πρέπει να γυρίσεις χιλιάδες άλογα δεν έχεις αρκετό προσωπικό και animators για να τα απεικονίσουν ψηφιακά, οπότε αυτομάτως πρέπει να σκεφτείς και να σχεδιάσεις κάποιο σύστημα που σου επιτρέπει να το κάνεις. Χρησιμοποιήθηκε το Massive, όμως και πάλι υπήρχε η ανάγκη να σχεδιαστεί ο τρόπος κίνησης των αλόγων. Βάζοντας σε σειρά έναν πράκτορα (agent) του Massive όπως για παράδειγμα, τα άλογα, σημαίνει ότι πρέπει να κάνει έναν μεγάλο αριθμό κινήσεων. Συγκεκριμένα είχαν υπολογιστεί 450 κινήσεις. Το άλογο έπρεπε να κάθεται ακίνητο, να προχωρά μπροστά, να σηκώνεται στα μπροστινά του πόδια, να στρίβει δεξιά 45 μοίρες, αριστερά 45 μοίρες και πολλά άλλα. Υπήρχαν δηλαδή, 450 συνδυασμοί αυτών. Επομένως όταν έχει κανείς 6 χιλιάδες άλογα να τρέχουν και να κάνουν το καθένα διαφορετικά πράγματα, μοιάζουν όλα μοναδικά.



Εικόνα 13: Motion capture και άλογο

Οι στρατιώτες, τα άλογα και τα ψηφιακά σχεδιασμένα τέρατα είναι αποτέλεσμα πολύπλοκων αλγορίθμων και μεγάλου αριθμού πρακτόρων που δημιουργούν μια ρεαλιστική αίσθηση μάχης. Η ανάπτυξη αυτών των ψηφιακών σκηνών απαιτεί τεχνολογική επιδεξιότητα και συνεργασία των καλύτερων καλλιτεχνών CGI, δημιουργών κόσμου και μηχανικών εφέ, προσφέροντας μια εμπειρία που συνδυάζει την τέχνη του κινηματογράφου με την προηγμένη τεχνολογία.

Το προσωπικό που εργάστηκε στην ταινία και μια σειρά από τεχνικούς ειδικών εφέ περιγράφουν συνοπτικά την γενικότερη διαδικασία που ακολουθήθηκε κατά τη διάρκεια των γυρισμάτων. Προκειμένου να έρθει στην μεγάλη οθόνη ένα άρτια καταρτισμένο και πειστικό αποτέλεσμα για τον θεατή.

Μόλις έχει καταγραφεί η δράση στο στάδιο του MOCAP η ομάδα του motion-capture παίρνει την κίνηση και τη δράση και τα αναπροσαρμόζει. Διορθώνει δηλαδή λάθη και επιμελείται τυχόν ατέλειες που μπορεί να προκύψουν.



Εικόνα 14: Ηθοποιοί και άλογα σε greenscreen



Εικόνα 15: Πραγματικά και ψηφιακά άλογα

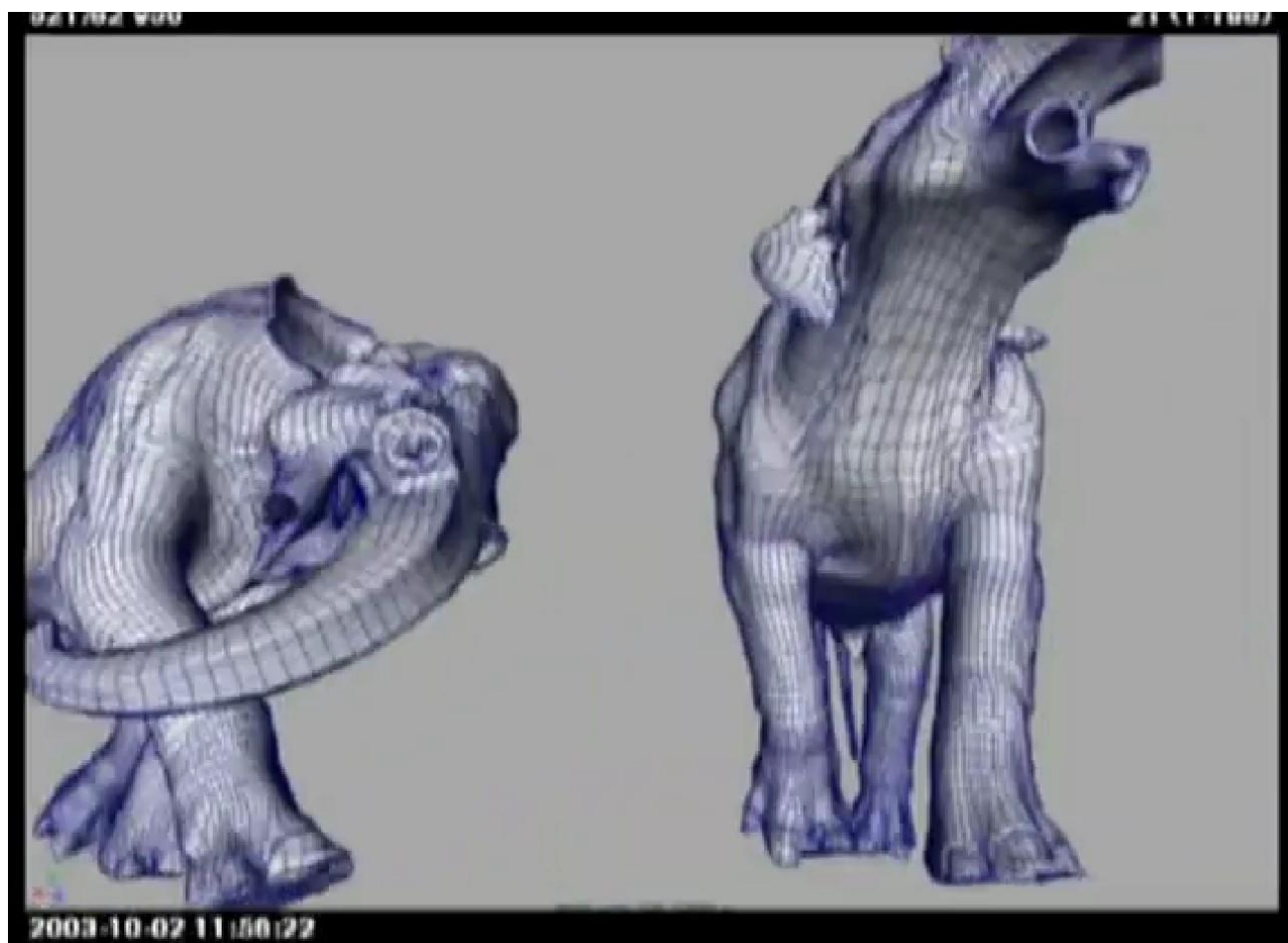
Έπειτα, το υλικό περνάει στα χέρια της ομάδας του Massive. Τα άλογα του Massive γενικότερα προορίζονταν ώστε να γεμίσουν το φόντο της σκηνής. Σε μερικές περιπτώσεις, υπήρχαν χιλιάδες άλογα στις λήψεις, όλα ψηφιακά σχεδιασμένα. Οι πραγματικές λήψεις συνδυάζονται με το ψηφιακό animation.

Υπήρχε επίσης και ένα δευτερεύον καθήκον το οποίο ήταν οι επικίνδυνες πτώσεις και συγκρούσεις μεταξύ των αλόγων. Κάτι που έπρεπε να γίνει εντελώς ψηφιακά έτσι ώστε να μην τραυματιστεί κανένα άλογο κατά τη διάρκεια της διαδικασίας.[6]

Δημιουργία του Mumakill

Άλλο ένα φανταστικό πλάσμα που χρειάστηκε να αποτυπώσουν επί της οθόνης οι κινηματογραφικοί animators, ήταν το Mumakill. Ένας υπερμεγέθης ελέφαντας τον οποίο χρησιμοποιούσαν οι στρατιές του Σάουρον στις μάχες. Οι δυσκολίες στην ανάπτυξη των συγκεκριμένων χαρακτήρων είχαν να κάνουν κυρίως με το γεγονός ότι έπρεπε να αναπτυχθούν εντελώς ψηφιακά προσαρμόζοντας το υπόλοιπο υλικό γύρω τους.

Χρειάστηκαν άπειρες ώρες για να μπορέσει να αναπαρασταθεί γραφικά το συγκεκριμένο πλάσμα. Κάθε τμήμα έπρεπε να συνεργαστεί και να δουλέψει μαζί με τα υπόλοιπα, προσπαθώντας να λύσει πολλά από τα προβλήματα. Το τμήμα των animators έπρεπε να απεικονίσει το βάρος του και να το κάνει να φαίνεται ρεαλιστικό. Το τμήμα δημιουργίας πλάσμάτων (υπήρχε όντως ξεχωριστό) έπρεπε να του δώσει σάρκα, μύες και δυναμική που δείχνουν ρεαλιστικά. Και τέλος, το τμήμα λήψεων έπρεπε να προσαρμόσει προσεκτικά τον φωτισμό ώστε να το κάνει να δείχνει όσο μεγάλο υποτίθεται ότι ήταν. Προκειμένου να δοθεί η αίσθηση του βάρους του, το τμήμα σύνθεσης έπρεπε να δημιουργεί μεγάλα σύννεφα σκόνης κάθε φορά που το Mumakill προσγειωνόταν στα πόδια του και έκανε τη γη να σείεται. Ήταν μια διαδικασία που κάλυπτε ολόκληρη την εγκατάσταση.



Εικόνα 16: Mumakill υπό ανάπτυξη

Μια από τις πιο δύσκολες καταστάσεις ήταν η ανάπτυξη της σκηνής όπου δύο Mumakill συγκρούονται και πέφτουν στο έδαφος. Απαιτούσε αυξημένο κόπο και αρμοδιότητες από το συνεργείο, σε σημείο που τους πήρε 6 μήνες για να ολοκληρώσουν αυτήν και μόνο τη σκηνή. Κάτι τέτοιο είναι λογικό καθώς έπρεπε να γίνει ιδιαίτερα προσεκτική και μεθοδική δουλειά. Οι μύες και ο σκελετός των πλασμάτων έπρεπε να συνθλίβονται καθώς αυτά καταρρέουν στο έδαφος, ενώ η αναστάτωση έπρεπε να γίνεται αισθητή ενεργά για τον θεατή.



Εικόνα 17: Mumakill σε πορεία σύγκρουσης κατά την ανάπτυξη

Παρά την τεράστια προσπάθεια των τεχνικών και των animators και τον χρόνο που ξόδεψαν ώστε να την τελειώσουν, ο Peter Jackson είχε άλλη γνώμη. Μόλις ο σκηνοθέτης είδε το τελικό αποτέλεσμα, προς έκπληξη όλων έκανε έναν μορφασμό που έδειχνε την απογοήτευση του. Είχαν παραλείψει μια πολύ σημαντική λεπτομέρεια. Την γωνία της κάμερας και το perspective, τα οποία έπρεπε να εναρμονίζονται με τον τρόπο που ο σκηνοθέτης είχε φανταστεί τη σκηνή.[6]



Εικόνα 18: Τελικό αποτέλεσμα Mumakill

3.4 Σύγκριση με άλλες ταινίες

Η τριλογία ταινιών του Άρχοντα των Δαχτυλιδιών, που κυκλοφόρησε ανάμεσα στα έτη 2001 και 2003, θεωρείται ευρέως ως ένα ορόσημο στην ιστορία του κινηματογράφου, για τα καινοτόμα οπτικά εφέ (VFX) και την υπολογιστική γραφική (CGI). Προκειμένου να κατανοήσουμε γιατί τα VFX και τα CGI στις ταινίες του Άρχοντα των Δαχτυλιδιών θεωρούνται υπερέχοντα σε σύγκριση με τις προηγούμενες ταινίες, είναι αναγκαίο να εξετάσουμε την εξέλιξη αυτών των τεχνολογιών στο πλαίσιο της κινηματογραφικής παραγωγής.

Πριν από την εμφάνιση της προηγμένης CGI, οι σκηνοθέτες επέφεραν βαριά στα πρακτικά εφέ, τις μινιατούρες και τα ζωγραφικά υπόβαθρα για τη δημιουργία των φανταστικών στοιχείων στις ταινίες. Κλασικές ταινίες όπως "Ο Μάγος του Οζ" (1939) και "Star Wars" (1977) κατέκτησαν τις οθόνες με τα πρακτικά εφέ, επιδεικνύοντας τη δημιουργικότητα και την τεχνοτροπία της εποχής. Ωστόσο, οι περιορισμοί αυτών των τεχνικών έγιναν εμφανείς καθώς οι σκηνοθέτες προσπαθούσαν να φέρουν στην οθόνη πιο πολύπλοκες και οπτικά φιλόδοξες ιστορίες.

Στα τέλη του 20ού αιώνα εμφανίστηκε η CGI, επιτρέποντας στους σκηνοθέτες να δημιουργήσουν ρεαλιστικά και ομαλά οπτικά εφέ. Αρχικά παραδείγματα, όπως τα εφέ υγρού μετάλλου στο "Terminator 2: Judgment Day" (1991) και οι εκπληκτικοί δεινόσαυροι στο "Jurassic Park" (1993), αποτέλεσαν μια σημαντική αλλαγή στον χώρο. Ενώ αυτές οι ταινίες έδειξαν το δυναμικό της CGI, ήταν η τριλογία του Άρχοντα των Δαχτυλιδιών που έθεσε νέα πρότυπα.

Η τριλογία του Άρχοντα των Δαχτυλιδιών χρησιμοποίησε μια συνδυασμένη προσέγγιση πρακτικών εφέ, μινιατούρων και τεχνολογίας CGI υψηλής τεχνολογίας για τη ζωντανή απεικόνιση του φανταστικού κόσμου του J.R.R. Tolkien. Η Weta Digital, η εταιρεία οπτικών εφέ πίσω από την τριλογία, χρησιμοποίησε κορυφαία τεχνολογία για να δημιουργήσει επαναστατικά εφέ. Η αψεγάδιαστη ενσωμάτωση των ψηφιακών χαρακτήρων όπως ο Gollum, οι μαζικές μάχες και τα φανταστικά τοπία απέδειξαν ένα επίπεδο ρεαλισμού και λεπτομέρειας που προηγουμένως δεν είχε δει η βιομηχανία.

Πλεονεκτήματα της Προσέγγισης του Άρχοντα των Δαχτυλιδιών:

Ολοκληρωμένα Πρακτικά και Ψηφιακά Εφέ: Αντίθετα με ορισμένες προηγούμενες ταινίες όπου το CGI χρησιμοποιήθηκε απομονωμένα, η τριλογία του Άρχοντα των Δαχτυλιδιών συνδύασε αποτελεσματικά πρακτικά εφέ με ψηφιακή μαγεία. Αυτή η ολοκλήρωση δημιούργησε έναν πιο πιστευτό κόσμο, ενισχύοντας την συνολική κινηματογραφική εμπειρία.

Καινοτόμες Τεχνικές Καταγραφής Κίνησης: Ο χαρακτήρας του Gollum φτιάχτηκε χρησιμοποιώντας τεχνολογία καταγραφής κίνησης. Αυτό επέτρεψε ένα επίπεδο εκφραστικότητας και ρεαλισμού που θέτει ένα νέο πρότυπο για τους ψηφιακούς χαρακτήρες. Το συναισθηματικό βάθος και η αυθεντικότητα του Gollum ήταν κρίσιμες για την επιτυχία της τριλογίας.

Κλίμακα και Λεπτομέρεια στις Ψηφιακές Μάχες: Οι επικές μάχες στον Άρχοντα των Δαχτυλιδιών, όπως η Μάχη του Helm's Deep, έδειξαν την ικανότητα του CGI να αποτυπώνει μαζικούς στρατούς και περίπλοκες χορογραφίες. Η προσοχή στη λεπτομέρεια σε αυτές τις σκηνές, από τις κινήσεις των ατόμων έως τη συνολική σύνθεση των μαχών, έθεσε ένα νέο πρότυπο για μεγάλες σκηνές CGI.

Εξελίξεις στην Τεχνολογία Απεικόνισης: Η τριλογία επωφελήθηκε από σημαντικές προόδους στην τεχνολογία απεικόνισης, επιτρέποντας τη δημιουργία λεπτομερέστερων και ρεαλιστικότερων οπτικών. Οι περίπλοκες σχεδιαστικές λεπτομέρειες πλασμάτων όπως ο Balrog και τα εκτεταμένα τοπία της Μέσης Γης έγιναν εφικτά με αυτές τις τεχνολογικές προχωρήσεις.

Η τριλογία του Άρχοντα των Δαχτυλιδιών ξεχωρίζει ως μαρτυρία της εξέλιξης των οπτικών εφέ και του CGI στον κινηματογράφο. Συνδυάζοντας καινοτόμες τεχνικές, προσοχή στη λεπτομέρεια και προηγμένες τεχνολογικές εξελίξεις, η τριλογία τέθηκε ως νέο πρότυπο στον κινηματογράφο φαντασίας. Η άψογη ενσωμάτωση πρακτικών εφέ και CGI, μαζί με την καινοτόμο απεικόνιση χαρακτήρων, ανέβασαν την κινηματογραφική εμπειρία και καθιέρωσαν ένα πρότυπο για τις επόμενες ταινίες. Ο Άρχοντας των Δαχτυλιδιών όχι μόνο απέδειξε το δυναμικό του CGI, αλλά και παρουσίασε πώς η τεχνολογία, όταν χρησιμοποιείται δημιουργικά και σκοπευτικά, μπορεί να ενισχύσει την αφήγηση και να φέρει στη ζωή φανταστικούς κόσμους με τρόπους προηγουμένως αδιανόητους.

6. Το λογισμικό Massive

4.1 Εισαγωγή στο λογισμικό και τις δυνατότητες του

Το **MASSIVE (Multiple Agent Simulation System in Virtual Environment)** είναι ένα υψηλής ποιότητας πακέτο λογισμικού υπολογιστή και τεχνητής νοημοσύνης που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία οπτικών εφέ που σχετίζονται με πλήθη για τον κινηματογράφο και την τηλεόραση. Το MASSIVE είναι ένα πακέτο λογισμικού που αναπτύχθηκε από τον Στίβεν Ρέγκελους για χρήση στη βιομηχανία των οπτικών εφέ. Η κύρια του δυνατότητα είναι η ικανότητά του να δημιουργεί γρήγορα μεγάλες ομάδες πρακτόρων που μπορούν να ενεργούν ως άτομα, καθένα με τις δικές του μοναδικές συμπεριφορές και ενέργειες.

Μέσω της χρήσης ασαφούς λογικής, το λογισμικό επιτρέπει σε κάθε πράκτορα να ανταποκρίνεται ατομικά στο περιβάλλον του, συμπεριλαμβανομένων άλλων πρακτόρων. Αυτές οι αντιδράσεις επηρεάζουν τη συμπεριφορά του πράκτορα, αλλάζοντας τον τρόπο που ενεργεί μέσω του ελέγχου προ-καταγεγραμμένων βίντεο κλιπ. Η μίξη μεταξύ τέτοιων κλιπ δημιουργεί χαρακτήρες που κινούνται, ενεργούν και αντιδρούν ρεαλιστικά. Αυτά τα προ-καταγεγραμμένα animations μπορεί να προέλθουν από συνεδρίες καταγραφής κίνησης ή μπορεί να είναι χειροκίνητα φτιαγμένα σε άλλα πακέτα λογισμικού 3D animation.

Εκτός από τις ικανότητες της τεχνητής νοημοσύνης του MASSIVE, υπάρχουν πολλά άλλα χαρακτηριστικά, συμπεριλαμβανομένης της προσομοίωσης ρούχων, της δυναμικής στερεών σωμάτων και της υπολογιστικής απεικόνισης βασισμένης σε μονάδες επεξεργασίας γραφικών (GPU). Η εταιρεία Massive Software έχει δημιουργήσει επίσης αρκετούς προ-κατασκευασμένους πράκτορες έτοιμους να εκτελέσουν συγκεκριμένες εργασίες, όπως πράκτορες πλήθους σε στάδια, πράκτορες αναταραχής και απλοί πράκτορες που περπατούν και μιλούν μεταξύ τους. [8]

Το Massive δημιουργήθηκε αρχικά για χρήση στην τριλογία ταινιών "Ο Άρχοντας των Δαχτυλιδιών" του Peter Jackson. Στη συνέχεια, δημιουργήθηκε η εταιρεία Massive Software με σκοπό τη διάδοση αυτής της τεχνολογίας σε παραγωγές κινηματογράφου και τηλεόρασης παγκοσμίως. Από τότε, το Massive έχει εξελιχθεί σε κορυφαίο λογισμικό για οπτικά εφέ που σχετίζονται με πλήθη και αυτόνομα χαρακτηριστικά animation.

Το 2004, ο Στίβεν (δημιουργός και CEO) λάμβανε το βραβείο Όσκαρ για Επιστημονική και Μηχανική Καινοτομία για τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη του Massive, ενός πρωτοποριακού συστήματος που χρησιμοποιεί αυτόνομα πράκτορες με τεχνητή νοημοσύνη για τη δημιουργία animation. Ο Στίβεν σχεδίασε τις βασικές έννοιες του λογισμικού τη δεκαετία του '90, έπειτα από μελέτη Συστημάτων Τεχνητής Ζωής με βάση τους ανθρώπινους παράγοντες. Το Massive αναπτύχθηκε χρόνια αργότερα για την τριλογία "Ο Άρχοντας των Δαχτυλιδιών", όπου μεταμόρφωσε τις προσδοκίες του κοινού για επικές σκηνές μάχης και πλήθους σε ταινίες και τηλεόραση. Ο Στίβεν ξεκίνησε την καριέρα του στο λογισμικό, γράφοντας λύσεις για παραγωγή σωματιδίων, animation βασισμένο σε μύες προσώπου, morphing και ένα L-σύστημα που χρησιμοποιήθηκε για τη σύνθεση φυτών, το οποίο έχει ευρέως χρησιμοποιηθεί στην βιομηχανία του κινηματογράφου. Αναγνωρίστηκε ως ένας από τους κορυφαίους 50 Παραγωγούς και Καινοτόμους στα Νέα Μέσα από το Σωματείο των Παραγωγών της Αμερικής και υποψήφιος για βραβείο World Technology, το οποίο αναγνωρίζει υψηλά επίπεδα καινοτομίας στους τομείς της βιοτεχνολογίας, του διαστήματος, της ενέργειας και του σχεδιασμού. [8]

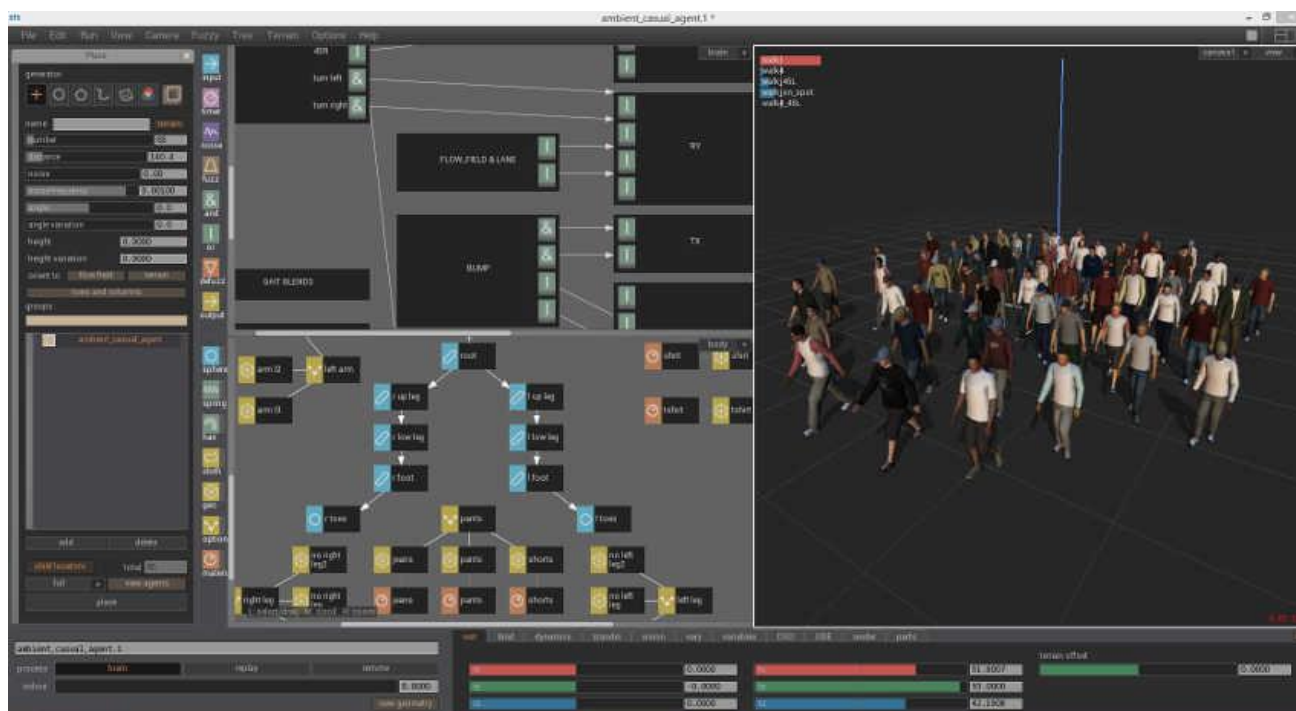
Τα κυριότερα προϊόντα και υπηρεσίες που προσφέρει το MASSIVE είναι τα εξής:

Massive Prime

Το Massive είναι το πιο εξελιγμένο λογισμικό προσομοίωσης πλήθους στον κόσμο για γρήγορη δημιουργία ρεαλιστικών σκηνών πλήθους. Σε πολλές περιπτώσεις, οι έτοιμοι πράκτορες (Ready To Run Agents™) μαζί με το Massive for Maya ή το Massive for Max αποτελούν την ιδανική λύση για τη δημιουργία πλήθους. Το Massive Prime είναι προτιμότερο όταν μια σκηνή απαιτεί από τους πράκτορες να εκτελέσουν προσαρμοσμένη κίνηση ή συμπεριφορά.

Η δημιουργία προσαρμοσμένων πρακτόρων στο Massive είναι γρήγορη και απλή. Καλλιτέχνες, ανεξαρτήτως επιπέδου εμπειρίας, μπορούν να δημιουργήσουν πολύπλοκα πρότυπα συμπεριφοράς για πράκτορες που ελέγχονται από την τεχνητή νοημοσύνη σε λίγα λεπτά, αντί για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Χρησιμοποιώντας τη συλλογή εργαλείων της τεχνητής νοημοσύνης, ο

καλλιτέχνης δημιουργεί προσαρμοσμένη λογική για μια συγκεκριμένη συμπεριφορά που θέλει να προσομοιώσει. Αυτές οι συμπεριφορές μπορούν να αποθηκευτούν ως "μέρη εγκεφάλου" και να μοιραστούν εύκολα με πολλούς χαρακτήρες και έργα. Η Parts Library™ του Massive περιλαμβάνει πάνω από 40 προ-συναρμολογημένα "μέρη εγκεφάλου". Μπορούν να συνδυαστούν για να δημιουργήσουν περίπλοκες συμπεριφορές πρακτόρων με επιλογές όπως την αποφυγή σύγκρουσης, την προσαρμογή σε τετράποδο έδαφος, την σχηματοποίηση, την διαδικαστική κίνηση αντικειμένων και την ακολούθηση λωρίδας, μεταξύ άλλων.



Εικόνα 19: Παράδειγμα εκτέλεσης του Massive Prime

Η υψηλή ανάλυση γεωμετρίας του Massive, οι ισχυρές εργαλειαθής ρούχων, η δυναμική σταθερών σωμάτων και η δυναμική αλλαγή μαλλιών και τριχών επιτρέπουν στους καλλιτέχνες να δημιουργήσουν πιο ρεαλιστικούς χαρακτήρες. Τα ρούχα του Massive μπορούν να δημιουργηθούν χρησιμοποιώντας οποιαδήποτε γεωμετρία και να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία ρούχων με φυσική ρευστότητα, καπέλων, σημαίων και πολλών άλλων. Ο solver ρούχων του Massive είναι αρκετά γρήγορος και σταθερός ώστε να χρησιμοποιείται με αυτοπεποίθηση ακόμα και για χιλιάδες πράκτορες.

Το λογισμικό αυτό χρησιμοποιεί τη Δυναμική Ακαμψίας των Σωμάτων (Rigid Body Dynamics), μια φυσικά βασισμένη προσέγγιση για τη δημιουργία ρεαλιστικών κινήσεων, συμπεριλαμβανομένης της πτώσης, της κίνησης αξεσουάρ και των πυροβολισμών. Για αυξημένη σταθερότητα δυναμικής, το Massive χρησιμοποιεί τη δυναμική Bullet που είναι βασισμένη στην ομώνυμη δημοφιλή βιβλιοθήκη φυσικής. Ακόμα, με την τεχνολογία Smart Stunts του Massive, η δυναμική δεν περιορίζεται σε απλή φυσική ρούχων. Οι πράκτορες μπορούν να εκτελούν ενέργειες που έχουν καταγραφή κίνησης ή που έχουν δημιουργηθεί προκαθορισμένα, ακόμη και όταν συγκρούονται ρεαλιστικά μεταξύ τους ή με το περιβάλλον.

Μπορεί κανείς να κατασκευάσει πράκτορες από το μηδέν ή να επιταχύνει τη διαδικασία προ-παραγωγής χρησιμοποιώντας έναν ή περισσότερους έτοιμους πράκτορες του Massive™. Αυτοί οι πράκτορες έρχονται με σκελετούς, πλούσιες βιβλιοθήκες κίνησης, λογική, μια ποικιλία γεωμετριών, όπως γυαλιά, καπέλα κ.λπ., χάρτες υφής και χάρτες μετατόπισης, shaders και variety controllers. Όταν χρειαστεί κανείς να τοποθετήσει πλήθος σε ένα στάδιο ή να στείλει μια συνθήκη πάνω από ένα λόφο, συνδέει απλά έναν Έτοιμο πράκτορα του Massive και η σκηνή είναι σχεδόν έτοιμη. Η ενσωμάτωση ενός ολόκληρου σταδίου μπορεί να γίνει σε λίγα λεπτά, ενώ με άλλα λογισμικά μπορεί να απαιτηθεί αρκετός χρόνος. [8]

Massive Jet



Εικόνα 20: Εκτέλεση του Massive Jet

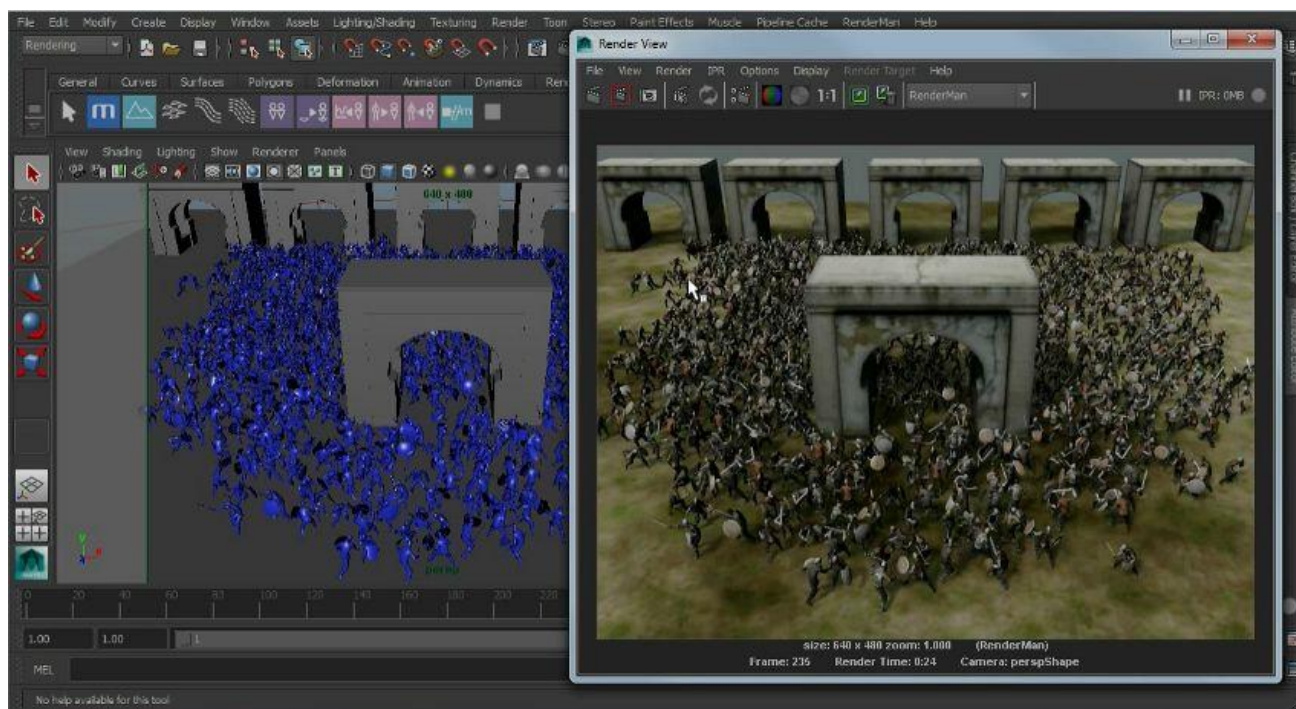
Massive Jet™ έχει σχεδιαστεί με έναν απλοποιημένο και εύχρηστο τρόπο εργασίας για να μπορεί να διαθέσει το AI-driven animation σε όλους τους επαγγελματίες του χώρου του animation και των οπτικών εφέ. Χρησιμοποιώντας πράκτορες από τη βιβλιοθήκη Ready-to-Run™ του Massive ή αυτούς που δημιουργήθηκαν στο Massive Prime™, μπορεί κανείς να γεμίσει ένα στάδιο, να κάνει χιλιάδες ψηφιακούς ηθοποιούς να περπατήσουν πάνω από ένα λόφο ή και να δημιουργήσει έναν τεράστιο πόλεμο που διαδραματίζεται σε όποια εποχή επιθυμεί. [8]

Το Massive Jet περιλαμβάνει 5 απλά βήματα υλοποίησης:

- a) Φόρτωση Εδάφους και Κάμερας
- b) Τοποθέτηση των πρακτόρων
- c) Εκτέλεση Προσομοίωσης
- d) Φωτισμός
- e) Render

Massive for Maya

Το λογισμικό προσφέρει τη δυνατότητα στον σχεδιαστή να το χρησιμοποιήσει σε συνδυασμό με το περιβάλλον τόσο του 3ds Max όσο και του Maya. Η βραβευμένη με Όσκαρ τεχνολογία του Massive είναι απλή στη χρήση και προσιτή. Η ποιότητα που προσφέρει είναι αρκετά υψηλή, καθώς μπορούν εύκολα να δημιουργηθούν και να αποτυπωθούν σκηνές με εκατοντάδες χιλιάδες ψηφιακούς χαρακτήρες από το εσωτερικό του Maya. Το μόνο που απαιτείται είναι μια άδεια χρήσης του Maya, το Massive for Maya και ένας Πράκτορας. Παρέχει επίσης, άριστη ενσωμάτωση με τη χρήση και τη ροή εργασίας του Maya. Το έδαφος, οι ομάδες πρακτόρων, οι γεννήτριες τοποθέτησης, οι λωρίδες και τα πεδία ροής εμφανίζονται στο Outliner και στο Attribute Editor. Η επεξεργασία σκηνών με δεκάδες χιλιάδες πράκτορες είναι απλή και αποτελεσματική. Σχεδόν τα πάντα μπορούν να τροποποιηθούν χρησιμοποιώντας τους τυπικούς controllers του Maya. Όλα τα εργαλεία ρύθμισης σκηνής για έδαφος, τοποθέτηση, λωρίδες και πεδία ροής έχουν ενσωματωθεί προσεκτικά και προσαρμόσκει για χρήση με έναν τρόπο που οι χρήστες του Maya θα βρουν άνετο και οικείο.



Εικόνα 21: Rendering στο Massive for Maya

Η ροή εργασίας της προσομοίωσης επιτρέπει ευέλικτη εκτέλεση, εγγραφή και αναπαραγωγή προσομοιώσεων. Για την επίτευξη αυτού, προστέθηκε ένα κουμπί εγγραφής δίπλα στα κουμπιά ελέγχου μεταφοράς, και μια ένδειξη κατάστασης στην ομάδα εργαλείων του Massive. Το περιηγούμενο (scrubbing) των προσομοιώσεων χιλιάδων πρακτόρων στο Maya γίνεται απλό και αποτελεσματικό σαν την περιήγηση του animation ενός μόνο χαρακτήρα. Επιπλέον, στη περίπτωση που τα εργαλεία τοποθέτησης του Massive δεν καλύπτουν στο 100% τις ανάγκες του καλλιτέχνη, μπορεί να χρησιμοποιηθεί το MEL API προκειμένου να αυξηθούν κι άλλο οι

δυνατότητες του πετυχαίνοντας πολύ περισσότερα, όπως για παράδειγμα η σεναριογραφημένη τοποθέτηση.[8]

4.2 Η χρήση του Massive στην δημιουργία του “The Lord of the Rings”

Όπως έχει ήδη αναφερθεί το λογισμικό Massive έπαιξε έναν κεντρικό ρόλο στην καινοτόμα παραγωγή της τριλογίας ταινιών "Ο Άρχοντας των Δαχτυλιδιών", αφήνοντας μια ανεξίτηλη σφραγίδα στον χώρο των οπτικών εφέ και στον κινηματογράφο. Αναπτυγμένο από τη Weta Digital, η τεχνολογία προσομοίωσης πλήθους του ανατρέπει τη δημιουργία επικών σκηνών μάχης, όπως η εμβληματική Μάχη του “Helm's Deep” και η μαζική «σύγκρουση» στην «Μαύρη Πύλη». Η δυνατότητα του λογισμικού να ελέγχει και να κινεί χιλιάδες ψηφιακούς χαρακτήρες με λεπτομερείς συμπεριφορές προσέδωσε ασύγκριτο ρεαλισμό σε αυτά τα κινηματογραφικά αριστουργήματα. Ακόμα, η συνεισφορά του εκτείνεται πέρα από τον πολεμικό χώρο, και εναρμονίζεται ομαλά στην πλούσια αφήγηση της ταινίας. Το λογισμικό διευκόλυνε την απεικόνιση διάφορων φανταστικών φυλών και πλασμάτων, από τα μεγαλεπήβολα στρατεύματα της “Gondor” μέχρι τα εκτεταμένα πεδία των ορκ. Η ευελιξία του επέτρεψε τον λεπτομερή προγραμματισμό ατομικών χαρακτήρων, συνεισφέροντας στην εμβληματική κατασκευή κόσμου που καθόρισε το όραμα του Peter Jackson για το λογοτεχνικό αριστούργημα του J.R.R. Tolkien. Η επιτυχία του Massive στην τριλογία "Ο Άρχοντας των Δαχτυλιδιών" αποτελεί ορόσημο, δείχνοντας τη μετασχηματιστική δύναμη της προσομοίωσης πλήθους στην κινηματογραφική παραγωγή. Οι επιδράσεις του αντηχούν σε ολόκληρη τη βιομηχανία, επηρεάζοντας επόμενες επιτυχίες και σφραγίζοντας το Massive ως αναπόσπαστο εργαλείο στον χώρο των οπτικών εφέ.



Εικόνα 22: Μάχη του Helm's Deep

Η δημιουργία ενός νέου πράκτορα ξεκινά με τον σχεδιασμό του δέντρου κινήσεων. Αυτό το δέντρο αναλύει τις επιλογές που θα είναι διαθέσιμες για έναν πράκτορα για να ακολουθήσει κάθε στιγμή. Ένα συνηθισμένο εγκεφαλικό σύστημα πράκτορα κατά τη μάχη θα είχε πρόσβαση σε 200 διαφορετικές ενέργειες. Τα δέντρα κινήσεων στη συνέχεια διασπώνται διαδικαστικά σε ξεχωριστά κομμάτια κίνησης που απαιτούνται για τον πράκτορα. Τα περισσότερα από αυτά θα δημιουργηθούν με χρήση τεχνολογίας καταγραφής κίνησης, αλλά τα λίγα που δεν μπορούν να καταγραφούν θα δημιουργηθούν χρησιμοποιώντας κλαδική κίνηση. [9]

Η προσαρμογή στο έδαφος καλύπτεται στην καταγραφή κίνησης με την καταγραφή κάθε κύκλου κίνησης με τρεις τρόπους: level, max down και max up. Στη συνέχεια, το Massive θα ενσωματώσει τα επίπεδα και θα κινηθεί προς τα επάνω ή προς τα κάτω στο βαθμό που υποδηλώνεται από την πλαγιά (του ψηφιακού εδάφους). Δευτερεύοντα δυναμικά, όπως τα μαλλιά και η υφή των ρούχων, υποστηρίζονται επίσης. Τεράστια προσπάθεια καταβλήθηκε για να προστεθεί χρώμα στους διάφορους στρατούς. Για παράδειγμα, οι “Uruk Hai” πολεμούν με μεσαιωνικό σπαθί, κουνώντας το με περιορισμένη κίνηση, ενώ οι τα ξωτικά υιοθετούν έναν πιο κομψό, ανατολίτικο, ύφος πολεμικών τεχνών με σπαθί. Αυτές οι διαφορές αντανakλώνται μέχρι και στον σχεδιασμό του δέντρου κινήσεων και έχουν ως αποτέλεσμα την πρόσληψη κασκαντέρ με διαφορετικές δεξιότητες και πεδία ειδίκευσης για τις συνεδρίες καταγραφής κίνησης.

Τα κλιπ που καταγράφονται μέσω κίνησης περνούν μέσα από επεξεργασία κίνησης και στη συνέχεια εισάγονται στο Massive σύμφωνα με τον σχεδιασμό του δέντρου κινήσεων. Η επεξεργασία που συμβαίνει κατά την εισαγωγή των κλιπ περιλαμβάνει τη μετατροπή της κίνησης περιστροφής των αρθρώσεων σε αναστροφή IK (Inverse Kinematics) στα χέρια και τα πόδια. Αυτό επιτρέπει σε όλες τις διακυμάνσεις κλίμακας, την προσαρμογή στο έδαφος και την ανάμειξη κίνησης, που το Massive θα εφαρμόσει στους πράκτορες, να χρησιμοποιούν τα ίδια κλιπ κίνησης.

Οι πράκτορες συναρμολογούνται από βασικά γεωμετρικά στοιχεία και καθορίζεται η διακύμανση στο σχεδιασμό των στοιχείων και της κλίμακας του πράκτορα. Στη συνέχεια, οι πληροφορίες γράφονται σε ένα αρχείο πλάσματος που περιγράφει όλες τις πιθανές παραλλαγές του πράκτορα ως προς γεωμετρία, υφή και shaders. Δεδομένης της τρέχουσας κίνησης ενός πράκτορα και του εύρους των διαθέσιμων κλιπ κίνησης, η ενέργεια που πραγματικά αναλαμβάνεται από έναν συγκεκριμένο πράκτορα καθορίζεται από τον εγκέφαλό του. Αυτή η απόφαση βασίζεται σε αισθητήρια εισόδου και τάσεις δράσης που φιλτράρονται μέσω ενός δικτύου ασαφούς λογικής.

Τα χρόνια που το Weta Digital χρησιμοποιεί το λογισμικό Massive, έχουν αναπτυχθεί αρκετά έξυπνοι Massive εγκέφαλοι. Το Massive υποστηρίζει την αποκοπή και επικόλληση τμημάτων εγκεφάλου. Υπάρχουν τμήματα εγκεφάλου για την προσαρμογή στο έδαφος, τον στόχο (σύγκρουση με άλλον πράκτορα σε μάχη), ήχο και όραση, καθώς και ποικιλία προδιαγραφών (π.χ. ποικιλία βάδισης) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ταχεία ανάπτυξη ενός νέου εγκεφάλου.

Οι προσομοιώσεις εκτελούνται με βάση το σενάριο κάθε σκηνής. Συνήθως, ο Massive TD θα πάρει ένα γενικό εγκέφαλο και θα δημιουργήσει πράκτορες κατά παραγγελία για συγκεκριμένες

ενέργειες σε συγκεκριμένες σκηνές. Αυτό παρέχει πολύ περισσότερο έλεγχο από το να προσπαθεί να δημιουργήσει κανείς έναν πράκτορα (πχ. Orc) που θα κάνει όλα όσα απαιτούνται από τους Orcs σε αυτές τις συγκεκριμένες ταινίες. Οι προσομοιώσεις επαναχρησιμοποιούνται όπου είναι κατάλληλο, συχνά η ίδια κίνηση φόντου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορες σκηνές. Οι προσομοιώσεις ενεργοποιούνται ξανά μέχρι να εγκριθεί η κίνηση από τους επόπτες και τον σκηνοθέτη. Στη συνέχεια, εκτελείται η επόμενη διαδικασία για να προσομοιωθούν οι δυναμικές των μαλλιών και του ρούχου πάνω στην εγκεκριμένη προσομοίωση. Ωστόσο, με σκοπό αυτό να γίνει μία φορά, η κίνηση μπορεί να εγκριθεί και χωρίς αυτήν τη λεπτομέρεια.

Στην πρώτη εμφάνιση της προσομοίωσης από το Massive TD, η προσομοίωση έχει ήδη γίνει αποτύπωμα (αποτυπώνεται σε αρχείο). Οι προσομοιώσεις παράγουν ένα αρχείο αποτύπωματος κίνησης (AMC) για κάθε πράκτορα σε κάθε σκηνή. Ένα εργαλείο γραμμής εντολών χρησιμοποιείται για την επεξεργασία αυτών των δεδομένων κατά τη διαδικασία αποτύπωσης. Τα δεδομένα AMC για όλους τους πράκτορες για ένα συγκεκριμένο καρέ, καθώς και τα καρέ πριν και μετά από αυτό για το θόλωμα κίνησης (motion blur), αναδιαμορφώνονται σε αυτήν τη διαδικασία. Αυτά τα δεδομένα είναι τώρα πλήρως διαμορφωμένα για τη χρήση του Grunt, του renderer του Massive.

Πιο αναλυτικά, ο Grunt είναι ένας renderer που χρησιμοποιείται από το Massive για την απεικόνιση σκηνών με πράκτορες. Ο Grunt είναι σχεδιασμένος ώστε να είναι γρήγορος, με χαρακτηριστικό ανίχνευσης πολυγώνων/α-buffer και είναι βελτιστοποιημένος για την απεικόνιση πολύ μεγάλων σκηνών με ελάχιστη χρήση μνήμης. Η διαδικασία φωτισμού του Grunt λαμβάνει χώρα στο περιβάλλον του Maya και χρησιμοποιεί σωματίδια που αντιγράφονται με γεωμετρία proxy billboard για να διατηρήσει το φως της σκηνής. Τα φώτα που δημιουργούνται στο Maya εξάγονται πίσω στο Massive, συνοδευόμενα από τα δεδομένα κίνησης (AMC) ανά καρέ. Το φύλλο κλήσης περιγράφει τον τρόπο σύνθεσης με κάθε μεμονωμένο πράκτορα, ενώ το χαμηλής πολυγωνίας έδαφος στο οποίο εκτελείται η προσομοίωση χρησιμοποιείται για τη ρίψη σκιάς. Τέλος, ο Grunt χτίζει τη σκηνή καρέ προς καρέ, φορτώνοντας κάθε πράκτορα όταν το πλαίσιο του είναι ενεργό. Αυτή η διαδικασία επιτρέπει την απεικόνιση σκηνών με εκατομμύρια πολύγωνα, ελέγχοντας τον φόρτο εργασίας κατά τη διάρκεια της απεικόνισης.[9]

4.3 Προκλήσεις και επιτυχίες

Συμπερασματικά, η συνεισφορά του λογισμικού Massive και των επεκτάσεων του στη σύγχρονη παραγωγή ταινιών είναι μεγαλύτερη από αυτή που μπορεί να φανταστεί κανείς. Δεν είναι μόνο η τριλογία του «Άρχοντα» που χρησιμοποίησε στο έπακρο και αξιοποίησε με καταπληκτικό τρόπο τις δυνατότητες του. Πολλές κινηματογραφικές παραγωγές των τελευταίων ετών, όπως για παράδειγμα οι ταινίες του σύμπαντος της Marvel, επωφελούνται από το υλικό που προσφέρουν οι εξελιγμένες πλέον εκδόσεις του λογισμικού. Φυσικά, η εξειδίκευση που απαιτείται για να δουλέψει κανείς αποτελεσματικά με το Massive είναι αρκετά μεγάλη. Ίσως αυτός είναι ο λόγος

που παρά την διαδεδομένη χρήση του παραμένει ακόμα ένα κοινό μυστικό που μόνο λίγοι τεχνικοί και animators που ασχολούνται με αυτόν τον τομέα, γνωρίζουν.

7. Επίλογος και Συμπεράσματα

Το αντικείμενο της δημιουργίας γραφικών είναι ένα θαυμάσιο ανθρώπινο επίτευγμα. Θα μπορούσε κανείς να το χαρακτηρίσει μια νέα μορφή τέχνης, καθώς οι δυνατότητες έκφρασης που προσφέρει είναι τεράστιες. Από ψηφιακές αναπαραστάσεις κτηρίων, ανθρώπων και αντικειμένων μέχρι την προσομοίωση γιγάντιων μαχών και την ανάπτυξη παιχνιδιών, έχει αλλάξει τον τρόπο που ο καθημερινός άνθρωπος αντιλαμβάνεται την διεπαφή χρήστη και επικοινωνεί με τον υπολογιστή.

Είναι ευδιάκριτο ότι ο δρόμος προς την επιτυχία για την εξέλιξη της δημιουργίας γραφικών μόνο εύκολος δεν ήταν. Όπως παρουσιάζεται αναλυτικά και στο περιεχόμενο της παρούσας εργασίας, χρειάστηκαν πολλές τεχνολογικές καινοτομίες και εφευρέσεις για να φτάσει η επιστήμη αυτή στο σημείο που είναι σήμερα. Η ψηφιακή δημιουργία στο σύμπαν του «Άρχοντα των Δαχτυλιδιών» έδωσε το έναυσμα για μια επανάσταση στο animation και στα υπολογιστικά γραφικά και συνετέλεσε στην κατασκευή ταινιών και ψηφιακών κόσμων μέχρι και σήμερα. Κάτι τέτοιο δεν θα μπορούσε φυσικά να γίνει χωρίς τη συμβολή του λογισμικού Massive.

Κλείνοντας, κατά την μελέτη του θέματος της παρούσας εργασίας και της συγγραφής της προέκυψαν κάποια χρήσιμα συμπεράσματα. Το κυριότερο είναι ότι μέσα από την αναζήτηση βιβλιογραφικών και ψηφιακών πηγών και εγώ ο ίδιος έμαθα πράγματα για την παραγωγή ειδικών ψηφιακών εφέ μεγάλης κλίμακας που δεν ήξερα μέχρι σήμερα. Επίσης, έγινε αντιληπτό ότι πολλές φορές στην επιστήμη της πληροφορικής όλα γίνονται με κάποιον σκοπό. Αν δεν ήταν η επιμονή και η σκληρή δουλειά των παραγωγών των ταινιών «Ο Άρχοντας των Δαχτυλιδιών» ίσως σήμερα ο κινηματογράφος να ήταν τελείως διαφορετικός και να βλέπαμε ακόμα πρακτικά εφέ τα οποία δεν θα ήταν ομαλά στο μάτι του θεατή, ενώ μπορεί η τέχνη του κινηματογράφου να μην είχε την τωρινή της εξέλιξη.

Παράρτημα Α': Δημιουργία Σκηνών - Ασκήσεων

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, μας ζητήθηκε να διεκπεραιώσουμε κάποιες σχετικές ασκήσεις. Παρακάτω ακολουθεί σύντομη επισκόπηση και περιγραφή των σκηνών που δημιουργήθηκαν για το σκοπό αυτό.

A.1 Σκηνή - Άσκηση 1

- *Δημιουργήστε μια σκηνή – τοπίο των ταινιών του «Άρχοντα των Δαχτυλιδιών» που θα επιλέξετε σε κάποιο περιβάλλον δημιουργίας γραφικών. Προσθέστε λεπτομέρειες στη σκηνή, υφή και χρώματα και περιγράψτε τη διαδικασία σχεδίασης του.*

Λύση

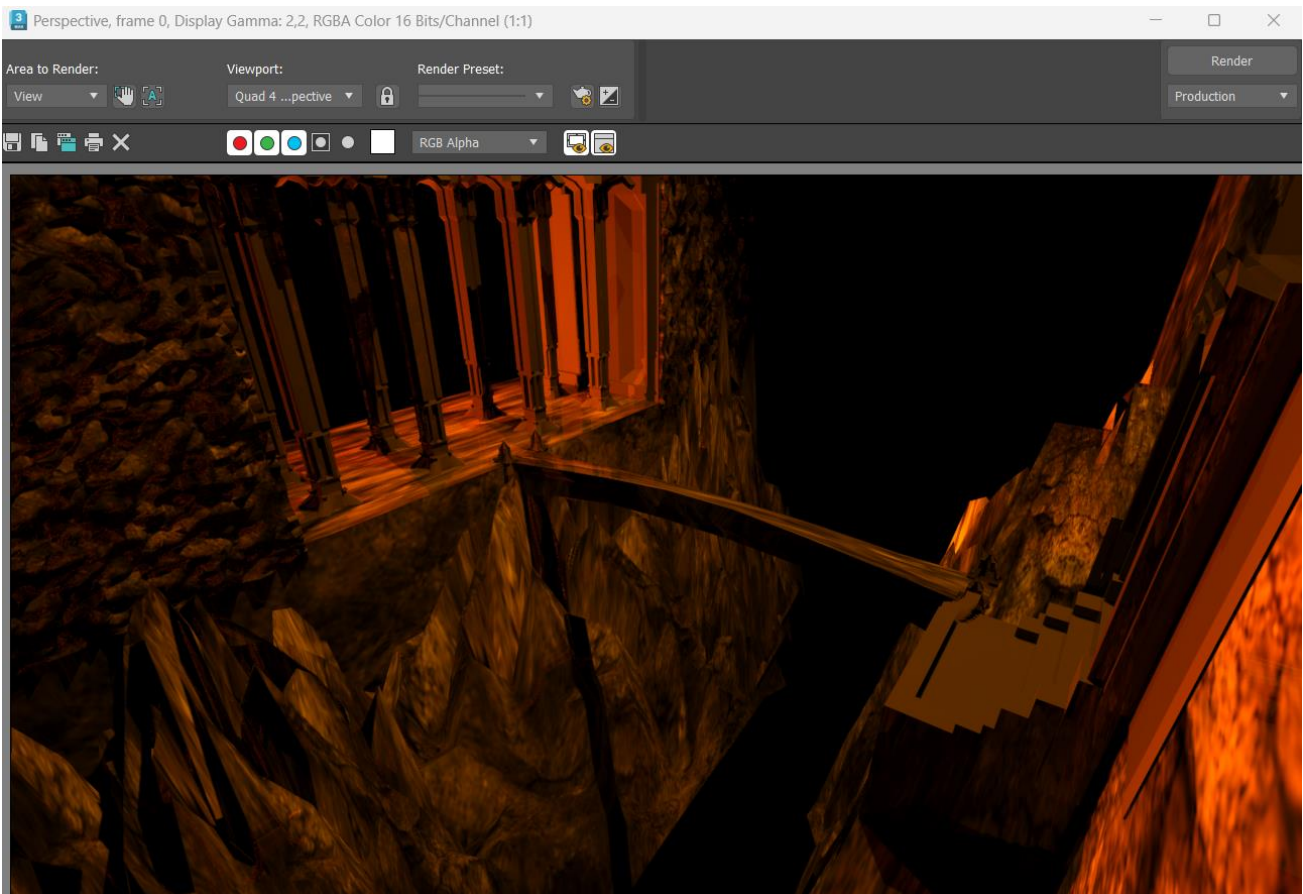
Σε αυτή τη σκηνή προχώρησα στην σχεδίαση, μέσω 3ds Max, ενός τοπίου από την ταινία “Lord of the Rings: The Fellowship of the Ring”. Συγκεκριμένα δημιούργησα την “Γέφυρα του Khazad Dum”, που αποτελεί ένα από τα πλέον αναγνωρίσιμα σκηνικά καθώς διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ταινία.

Η Γέφυρα αποτελεί πέρασμα, πάνω από ένα ατελείωτο χάσμα-γκρεμό μέσα σε μια σπηλιά (τα ορυχεία της Μόρια), το οποίο οι πρωταγωνιστές καλούνται να διασχίσουν. Σχεδίασα τις κολώνες των μεγάλων δωματίων της Μόρια, το χάσμα και τη στενή γέφυρα. Προσέθεσα χρώμα, υφή και έντονο κόκκινο φωτισμό. Το χρώμα του φωτισμού επιλέχθηκε προκειμένου να παρομοιάζεται με το φως της φλόγας του Μπάλρογκ, πλάσμα που επίσης έχει καίριο ρόλο στη συγκεκριμένη σκηνή.

Αναλυτικά η σκηνή αποτελείται από:

- Δύο μεγάλα box αντικείμενα (base001, base002) που χρησιμεύουν ως βάση της σκηνής και ενώνονται από την γέφυρα.
- 3 αντικείμενα που διαμορφώνουν τα τείχη της σπηλιάς (wall001, wall003 και wall004).
- 2 ομάδες αντικειμένων (WallShellgroup001 και WallShellgroup002) που προσθέτουν την τραχιά επιφάνεια των τειχών.
- 2 κάμερες εντός της σκηνής (Camera001 και Camera002) για να επιτρέπουν το render από 2 διαφορετικά σημεία θέασης.
- 3 φώτα μεταξύ των οποίων 2 Omni lights (Omni001 και Omni002) που δίνουν το κόκκινο χρώμα και ένα συνολικό φως (Spot001) που καλύπτει όλη τη σκηνή.
- Μια σειρά από προσθήκες μορφοποιημένων αντικειμένων με τη μορφή βράχων (sharpocks001-010).

- Textures με σχέδιο βράχου και πέτρας ώστε να δίνουν την αίσθηση της τραχιάς όψης που έχει μια σπηλιά στο θεατή.
- 6 κολώνες επεξεργασμένες με λεπτομέρεια και texture απαλού (smooth) βράχου ώστε να ξεχωρίζουν από το ακατέργαστο τοπίο της σπηλιάς.
- Τη γέφυρα (bridge).
- Την πύλη (gate001) και τα σκαλιά (box003) της εξόδου.



Εικόνα 23: Screenshot της σκηνής Khazad Dum

A.2 Σκηνή – Άσκηση 2

- Δημιουργήστε μια σκηνή μάχης με 2 η περισσότερους διαφορετικούς χαρακτήρες - στρατιώτες που θα σχεδιάσετε σε κάποιο περιβάλλον ανάπτυξης γραφικών. Προσθέστε ένα τοπίο ως βάση για την μάχη. Προσθέστε υφή, χρώματα και κίνηση στους χαρακτήρες σας και βάλτε τους να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.

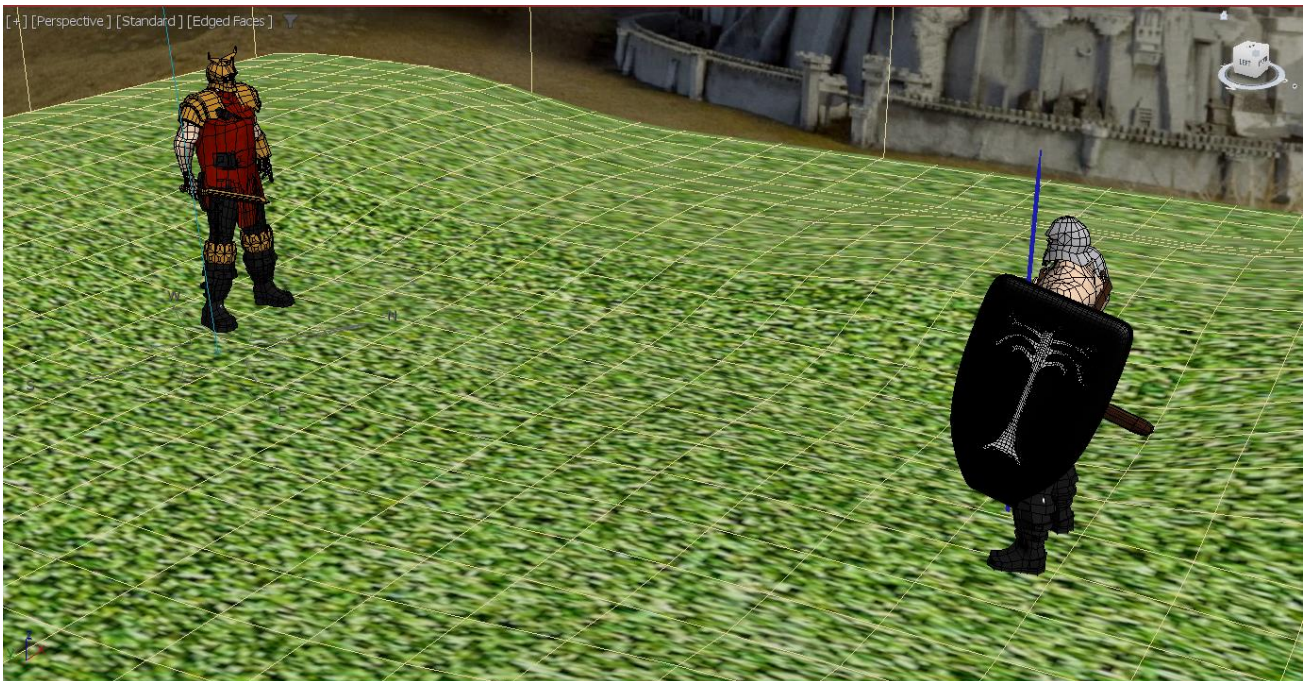
Λύση

Για την δεύτερη σκηνή αποφάσισα να δημιουργήσω μια σκηνή μάχης. Το γεγονός ότι το λογισμικό Massive δεν διατίθεται δωρεάν αλλά προορίζεται για σοβαρές εταιρείες και παραγωγές ήταν ένα σημαντικό εμπόδιο. Προσπάθησα ωστόσο τόσο με τη χρήση κάποιων samples που παρέχει δωρεάν το 3ds Max όσο και με δικές μου δημιουργίες να φτιάξω μια μικρή προσομοίωση μάχης.

Το τελικό animation βρίσκει 2 στρατιώτες να μάχονται με φόντο την πόλη της Μίνας Τίριθ. Ο αντίπαλος με τα κόκκινα ρούχα καταφέρνει να νικήσει τον στρατιώτη της Gondor παρά την κίνηση του δευτέρου να προστατευθεί με την ασπίδα του.

Αναλυτικά η σκηνή περιλαμβάνει τα:

- Group Enemy_soldier: Τα αντικείμενα που συνθέτουν τον αντίπαλο στρατιώτη
- Group Gondor_soldier: Τα αντικείμενα που συνθέτουν τον στρατιώτη της πόλης.
- PhysCamera001: Η κάμερα που χρησιμοποιήθηκε για το render του animation.
- Plane002 και Plane003: Τα στοιχεία plane που συνθέτουν το φόντο της μάχης και απεικονίζουν την πόλη και τα γύρω βουνά.
- Terrain: Η επιφάνεια, το έδαφος στο οποίο γίνεται η μάχη.



Εικόνα 24: Screenshot της σκηνής μάχης – Άσκηση 2

Παράρτημα Β': Βιβλιογραφία

B.1 Βιβλιογραφία

- [1] FOLEY, James D. Computer graphics: principles and practice. Addison-Wesley Professional, 1996.
- [2] WOHLGENANT, Isabell; SIMONS, Alexander; STIEGLITZ, Stefan. Virtual reality. Business & Information Systems Engineering, 2020, 62: 455-461.
- [3] CARMIGNIANI, Julie; FURHT, Borko. Augmented reality: an overview. Handbook of augmented reality, 2011, 3-46.
- [4] HÖHL, Wolfgang. Interactive Environments with Open-Source Software: 3D Walkthroughs and Augmented Reality for Architects with Blender 2.43, DART 3.0 and ARToolKit 2.72. Wien: Springer, 2009.
- [5] Thompson, David. Lord of the Rings: CGI vs. Special Effects. May 23, 2014
<https://www.52godlymen.com/my-first-big-paper/>
- [6] 06x03 - Weta Digital | Lord of the Rings Behind the Scenes, Nov 24, 2021
<https://www.youtube.com/watch?v=7gHpvMv53yE&t=445s>
- [7] SERKIS, Andy; RUSSELL, Gary. Gollum: how we made movie magic. (No Title), 2003.
<https://archive.org/details/lordofringsg00serk/mode/2up>
- [8] Massive Software
<https://www.massivesoftware.com/about.html>
- [9] AITKEN, Matt, et al. The Lord of the Rings: the visual effects that brought middle earth to the screen. In: ACM SIGGRAPH 2004 Course Notes. 2004. p. 11-es.

B.2 Επισύναψη εικόνων

Για την παράθεση των πηγών ως προς τις εικόνες που παρουσιάστηκαν στην τρέχουσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η απευθείας σύνδεση της εκάστοτε εικόνας με τον σύνδεσμο της ιστοσελίδας

από την οποία προέρχεται. Οποιοσδήποτε αναγνώστης επιθυμεί να αναζητήσει την προέλευση της κάθε εικόνας μπορεί να το κάνει κρατώντας πατημένο το ctrl και κάνοντας κλικ πάνω σε αυτή.

B.3 Κυρώσεις για Λογοκλοπή

Η λογοκλοπή είναι ένα πολύ σοβαρό παράπτωμα. Με απόφαση της ΓΣΕΣ φοιτητής που διαπιστώνεται ότι υποπίπτει σε λογοκλοπή κατά την εκπόνηση της εργασίας του εργασίας αποβάλλεται από το ΠΜΣ. Εάν έχει ήδη αποφοιτήσει ανακαλείται το Μεταπτυχιακό δίπλωμα Ειδίκευσης και προωθείται το θέμα στο Δικαστικό Γραφείο του Πανεπιστημίου για την έναρξη των ανάλογων νομικών διαδικασιών.